



ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS DE
POSCOSECHA PARA LA COMPAÑÍA ZAMVELFLOR EN LA PARROQUIA
CHECA**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para optar por
el título de Ingeniero Ambiental

Profesor Guía

Mónica Delgado

Autor

Emilio José Cobo García

2009

Quito – Ecuador

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Mónica Delgado

Ing. Civil

171358255-7

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Emilio Cobo
171801062-0

RESUMEN

El sistema de recirculación de aguas "SRA" tiene como objetivo implementar en la empresa Zamvelflor un mecanismo depurador que permita recircular las aguas de poscosecha a la plantación.

El punto de partida para el diseño de éste sistema ha sido solucionar la inconsistencia de mercurio que presentaban las caracterizaciones de las descargas. La siguiente fase se centró en conocer los caudales, calidad de agua, riesgos, proceso de poscosecha e infraestructura para el SRA. Uno de los puntos más importantes fue conocer el tipo de efluente que teníamos para saber que tipo de tratamiento requería. Luego de hacer un estudio del proceso, análisis de laboratorio, y fichas técnicas de los productos usados se pudo delinear el sistema de tratamiento idóneo para dichas descargas.

Los altos niveles de dilución sumados a las características de los productos diluidos y a la información suministrada por el personal encargado de la empresa, condujeron a concluir que un tratamiento preventivo que remueva parte de los componentes peligrosos de las descargas sería útil para el SRA. Se analizó la disposición de espacios y alternativas para construir un sistema filtrante que permita depurar parte del efluente antes de su descarga al reservorio. Se decidió hacer un sistema combinado a manera de canal filtrante utilizando materiales que ayuden a la remoción de los componentes tóxicos y que no requiera el uso de bombas. El sistema tuvo que adecuarse al mínimo desnivel que existe entre la salida de poscosecha y el reservorio, lo cual representó un reto de diseño y construcción. El mecanismo filtrante utiliza en la primera fase materiales óptimos para un pretratamiento, como arena y cascajo, mientras que la segunda fase contiene material de alto rendimiento como carbón activado, capaz de absorber metales pesados y componentes tóxicos muy pequeños.

Se elaboró un plan de manejo para el SRA así como recomendaciones para un buen manejo del reservorio, el cual influye en la calidad del agua de riego. Se implementó un sistema de reutilización de descargas que sin duda presenta beneficios para el ambiente y representa un valor agregado al manejo ambiental de Zamvelflor, generando un ahorro económico importante. El proyecto es sin duda un aporte hacia una producción mas limpia dentro de la industria florícola.

ABSTRACT

The waters recirculation system has as main objective, to implement in Zamveflor Company a purifying mechanism that will allow the recycling of the post harvesting waters to the plantation. The starting point for the design of this system has been to solve the mercury inconsistency presented in the chemical testing of the water quality. The following phase was focused in knowing the flows, water quality, risks, post harvesting process, and infrastructure for the recirculation system.

One of the most important aspects was to identify the type of discharge in order to decide what kind of treatment it required. After studying the procedures, laboratory tests, and technical records of the products used in the post harvest process, it was possible to delineate a suitable treatment for such a discharge. The high levels of dilution added to the characteristics of the diluted products plus the information given by the technicians of the company, led to the conclusion that a preventive purifying system that could remove traces of dangerous components in the discharges would be quite useful for the recirculation system.

An analysis of the alternatives and spaces was made in order to build a filtrating system that permits post harvest water being treated before it flows to the reservoir. It was decided to build a combined system in the manner of a filtrating channel using materials that could help to the removal of the toxic components. The system was conceived so that gravity would help the process avoiding the use of pumps. The filtrating mechanism had to be adapted to the minimum unevenness difference that existed between the post harvest exit and the reservoir level. This meant a technical challenge in the design and construction. For the first phase of this process, silica and cascajo are used. For the second phase, activated carbon is used, a high performance material able to absorb heavy metals and tiny toxic components. A handling manual was elaborated for the proper use to the system as well as recommendations for a good handling of the reservoir which influences in the quality of crop water. A recycling water system was implemented for the post harvest process of Zamveflor generating an outstanding environmental benefit and also an important economic saving. This represents an added value to Zamveflor, promoting a cleaner production in the flower industry.

Índice

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 1 |
| 1.2 Delimitación | 1 |
| 1.3 Objetivos | 1 |
| 1.3.1 Objetivo general | |
| 1.3.2 Objetivos específicos | |
| 1.4 Hipótesis | 2 |
| 1.5 Variables | 2 |
| 1.5.1 Independiente | |
| 1.5.2 Dependientes | |
| 1.6 Metodología | 2 |
| 1.7 Materiales | 3 |
| 1.8 Información de la empresa | 3 |
| 1.8.1 Datos de la empresa | |
| 1.8.2 Actividades desarrolladas por la empresa | |
| 1.8.3 Maquinaria y equipamiento | |
| 1.9 Antecedentes | 7 |
| 2. Caracterización de aguas | 11 |
| 2.1 Análisis a la problemática del Mercurio en poscosecha | 14 |
| 2.2 Agentes contaminantes en las aguas | 17 |
| 2.3 Acciones preventivas respecto al Mercurio | 24 |
| 2.4 Manejo de reservorios | 25 |

| | |
|--|----|
| 3. Factibilidad de aplicación del SRA y consecuencias a la calidad del producto | 26 |
| 4. Tratamiento de aguas | 32 |
| 4.1 Necesidades y alternativas al tratamiento de descargas | 41 |
| 4.1.2 Tipo de tratamiento de aguas para poscosecha | |
| 4.2 Diseño del sistema de tratamiento de aguas | 44 |
| 5. Sistema de recirculación | 57 |
| 6. Costos y Beneficios | 63 |
| 7. Construcción del sistema de tratamiento de aguas e implementación del SRA | 70 |
| 7.1 Plan de manejo y seguimiento | 88 |
| 7.1.1 Limpieza del reservorio | |
| 7.1.2 Manejo del sistema de filtración | |
| 8. Conclusiones | 92 |
| 9. Comentarios | 93 |
| Bibliografía citada | 97 |
| Anexos | 99 |

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

El creciente interés por un buen manejo del agua ha generado una corriente de cambio a nivel productivo, con el fin de utilizar de manera apropiada este recurso tan preciado. Esta necesidad, ha forzado a los sectores agroindustriales, entre éstos a la industria florícola, a implementar sistemas que garanticen el ahorro y buen manejo del recurso agua. Ante esta necesidad la empresa Zamveflor requirió del diseño e implementación de un sistema que garantice el ahorro de agua y un manejo ambiental integrado para sus descargas. A esto se debe añadir un problema de aparente contaminación del agua con mercurio, problema que debió ser solucionado para poder proseguir con un plan de recirculación.

1.2 Delimitación

Este proyecto se desarrolló dentro del predio de la empresa florícola Zamveflor, ubicada en la parroquia Checa al nororiente de Quito, durante el período 2008 - 2009.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Diseñar un sistema de recirculación de aguas de poscosecha en el proceso productivo de la compañía Zamveflor.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Determinar los caudales y caracterización de la descarga a recircular.
- Realizar un estudio que identifique y solucione la presencia de mercurio en las aguas de poscosecha.
- Analizar si es factible aplicar un sistema de recirculación que no afecte la calidad de agua del reservorio.
- Identificar los beneficios económicos y ambientales para la empresa.
- Determinar los costos de la implementación del sistema de tratamiento y recirculación de las aguas.

- Proponer un plan de manejo y alternativas que ayuden a optimizar el sistema de reutilización de aguas.

1.4 Hipótesis

El sistema de recirculación de aguas es una alternativa factible y beneficiosa para la compañía florícola Zamveflor.

1.5 Variables

1.5.1 Independiente: Sistema de recirculación de aguas.

1.5.2 Dependientes:

- Calidad del ambiente.
- Rentabilidad del sistema de recirculación de aguas "SRA".
- Calidad del efluente.
- Beneficios para el entorno natural.
- Costos resultantes de la implementación del SRA.

1.6 Metodología

Se utilizó una metodología descriptiva. Para realizar esta investigación lo primordial fue evaluar primero si es factible realizar una recirculación de aguas sin necesidad de realizar un pretratamiento. Para esto fue necesario realizar un análisis toxicológico que identifique las posibles fuentes de Mercurio y otros agentes nocivos en las aguas de poscosecha. El análisis se basa en los resultados de informes de laboratorio y recopilación de información, así como evaluaciones de campo, siempre verificando que los parámetros se ajusten a las necesidades básicas para la recirculación.

Los criterios para evaluar los procesos involucrados en el SRA, están enmarcados en el cumplimiento de la normativa ambiental, los beneficios ambientales, y los beneficios productivos que se puedan generar para la empresa.

Los pasos seguidos para determinar la calidad de las aguas que están involucradas en el proceso son:

- Toma de muestras

- Análisis de muestras
- Interpretación de los resultados
- Acciones correctivas y recomendaciones

1.7 Materiales

- Cámara fotográfica
- Recipientes de muestreo de 120 cc (esterilizados)
- Guantes y botas
- Calculadora
- Materiales de construcción (capítulo 7)
- Arena de sílice
- Cascajo
- Carbón Activado
- Tamiz

1.8 Información de la empresa

1.8.1 Datos de la empresa

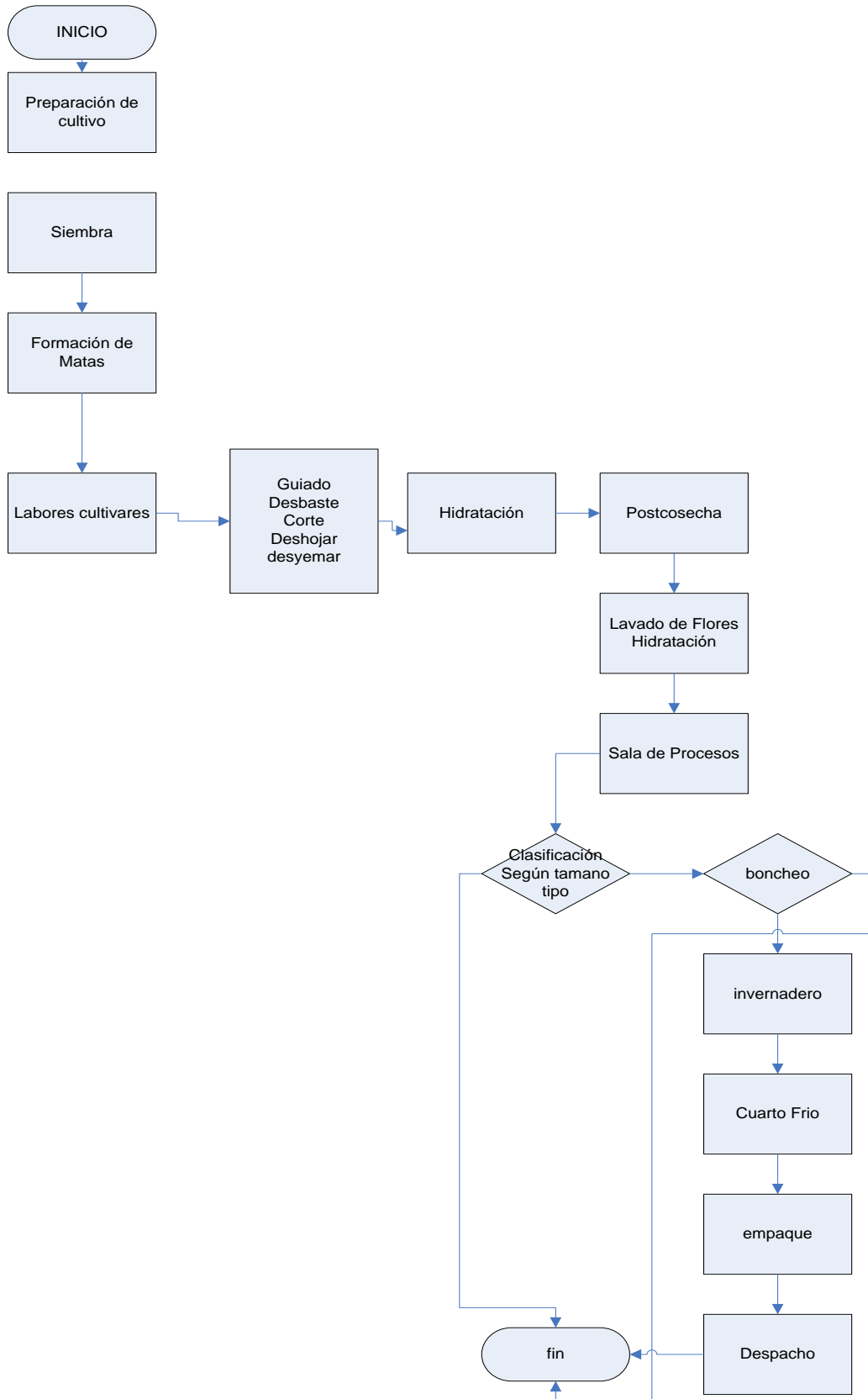
- Nombre comercial: ZAMVELFLOR CIA. LTDA.
- RUC: 1791342658001
- Representante Legal: Eduardo Zambrano Martínez
- Dirección de la empresa: Vía Interoceánica Km 32 vía al Quinche
- Tipo de actividad: Producción de flores de exportación.
- Horario de trabajo: Lunes a viernes 7am a 3 pm, Sábado 7am a 12 pm
- Número de empleados:
Personal administrativo: 6
Personal operativo: 71

1.8.2 Actividades desarrolladas por la empresa:

- Preparación de tierra de cultivo (bancos) uso de fertilizantes
- Siembra de plantas
- Riego (microaspersión y goteo humedad cama camino)

- Trabajos de cultivo
- Fumigación
- Corte y recolección de rosas (Cultivo)
- Clasificación de rosas, y envío a poscosecha
- Ingreso a cuartos fríos poscosecha
- Clasificación de la flor, según tamaños, variedades, pedidos
- Embonchamiento (realización de bonches para embarque)
- Empaquetamiento de bonches
- Envío a través de camiones con cuartos fríos.

DIAGRAMA DE FLUJO



1.8.3 Maquinaria y equipamiento

La empresa cuenta con la siguiente maquinaria y equipos para el desarrollo de sus actividades:

Invernaderos

Cuartos fríos

Bombas de fumigación.

Bombas de Riego

Generador emergente



Foto 1: vista interna de invernaderos

1.8 Antecedentes

El motivo por el cual se decide realizar esta investigación, fue la profunda preocupación por cómo se manejan algunos temas ambientales en la industria florícola de la sierra. Esta preocupación nació a partir de experiencias en el campo de la producción florícola al auditar e implementar sellos de calidad en cinco florícolas en las zonas aledañas a Quito. Estas experiencias permitieron conocer con más certeza la problemática relacionada al mal uso de agroquímicos y la falta de conciencia para el manejo de descargas al suelo y cursos hídricos. Estas experiencias condujeron a cuestionar la razón por la cual las empresas no implementan sistemas que garanticen un buen manejo de sus descargas u optimicen el manejo del recurso agua.

Luego de tratar el tema con los encargados en las empresas y expertos en el tema se pudo deducir que la mayoría de veces, la razón por la cual no se implementan éste tipo de sistemas es debido a su “alto” costo y a la falta de conocimiento respecto de las consecuencias ambientales de tener un mal manejo de descargas. Al mismo tiempo muchas de estas empresas se ven renuentes a construir plantas de tratamiento y sistemas de recirculación porque estos sugieren grandes instalaciones que supuestamente implican altos costos de inversión. En realidad una planta de tratamiento, un sistema de recirculación o cualquier mecanismo de mejora ambiental no necesariamente debe implicar sistemas complejos y caros, al contrario la sencillez y el aprovechamiento de todos los recursos disponibles y reciclables son claves para hacer algo de calidad y alta utilidad cuando esta concebido de manera técnica.

A partir de estos conceptos y vivencias, el desarrollo de esta tesis se enfocó en concebir el SRA de una manera práctica, economizando al máximo el uso de recursos, aprovechando de forma eficiente el uso de los espacios e incorporando la infraestructura y equipos ya existentes para llegar a la concepción del sistema de la manera mas beneficiosa, tanto para la empresa como para el entorno.

La empresa Zamvelflor, arrojaba sus aguas residuales de poscosecha directamente al entorno de la zona, sin ningún tipo de tratamiento que permita mitigar la contaminación que provocaba, además los propietarios están empeñados en cumplir las normas de funcionamiento de su empresa dentro del Distrito Metropolitano de Quito y desean implementar un tratamiento para las aguas residuales del proceso.¹

Desde mediados del 2006 los propietarios decidieron implementar aspectos relacionados al cuidado ambiental y seguridad industrial para la empresa. En el 2007 se realizó una auditoria de control ambiental así como la implementación de un plan de manejo ambiental en la florícola. Para el año 2008 se continuó con una auditoria de seguimiento que contribuya a la manutención del plan de gestión y mejore algunos aspectos pendientes, entre éstos el tema de las descargas de agua, en éste caso en particular de las aguas de poscosecha.

Partiendo de los requerimientos de la empresa que básicamente son enmarcarse en la normativa legal que exige el municipio y economizar el consumo de agua, se realizaron una serie de visitas a la florícola para conocer a manera más profunda las instalaciones, el manejo de las aguas, los espacios disponibles, y las posibles alternativas para la implantación del SRA. Posteriormente se realizó una propuesta técnica de manejo de aguas, tomando en cuenta:

- Espacio físico disponible dentro del local donde funciona la empresa.
- Tipo de agua residual (parámetros a ser controlados)
- Beneficios de un SRA.
- Aprovechamiento de recursos preexistentes.

Para mayor información respecto a la normativa referente a descargas de agua, se destacan algunos puntos del Capítulo III de la Ordenanza Municipal:

NORMA TÉCNICA QUE REGULA LOS CONTAMINANTES ASOCIADOS A DESCARGAS LÍQUIDAS INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS

¹ Delgado Mónica, 2008 (Documento no publicado)

DISPOSICIONES GENERALES

Toda descarga líquida proveniente de actividades en plantas o bodegas industriales, emplazamientos agropecuarios o agroindustriales, locales de comercio o de prestación de servicios, actividades de almacenamiento o comercialización de sustancias químicas en general, deberá ser vertida en la red pública de alcantarillado o cauce de agua, cuando se haya verificado el cumplimiento de los valores máximos permisibles de los parámetros aplicables a cada tipo de actividad enlistados en el Anexo A de la presente Norma Técnica.

Se prohíbe la infiltración en el suelo y la dilución de descargas líquidas no depuradas.

LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA LAS DESCARGAS LÍQUIDAS DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS POR CUERPO RECEPTOR.

Los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios de la concentración del correspondiente parámetro.

MONITOREO Y EJECUCIÓN DE ENSAYOS

El programa de monitoreo debe contener la frecuencia de monitoreo, el cual debe realizarse a lo largo del periodo de presentación de caracterizaciones, para garantizar la representatividad de la muestra. El número de muestras a tomar y parámetros a determinar.

Para descargas residuales no domésticas el tipo de muestra debe ser compuesta, garantizando la homogeneidad

Los laboratorios que realicen los ensayos analíticos para la determinación del grado de contaminación de las descargas líquidas deberán contar con el certificado de acreditación otorgado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE) o por un organismo reconocido a nivel internacional con el cual exista o se establezca un acuerdo de reconocimiento mutuo con el OAE, dentro del campo de acción del laboratorio ambiental.

Para las determinaciones analíticas de los parámetros determinados, se deberán aplicar los procedimientos validados por el laboratorio y reconocidos por el OAE.

Cuadro 1: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR CUERPO RECEPTOR ²

| Parámetros | Expresado como | Unidad | LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE | |
|--------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|---|
| | | | Alcantarillado | Cauce de agua |
| Aceites y grasas | A y G | mg/l | 50 | 30 |
| Aluminio | Al | mg/l | 5,0 | 5,0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 | 0,1 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 | 0,02 |
| Caudal máximo | - | l/s | 1.5 veces el caudal (1) | 4,5 dato referencial. |
| Cianuro | CN ⁻ | mg/l | 1,0 | 0,1 |
| Coliformes fecales | MNP/100ml | | - | Remoción > 99% (2) |
| Cobre | Cu | mg/l | 1,0 | 1,0 |
| Cromo Hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 | 0,5 |
| Compuestos fenólicos | Expresado como fenol | mg/l | 0,2 | 0,2 |
| Color real | Color real | unidades de color | - | Inapreciable en dilución: 1/20 (3) |
| Fósforo Total | P | mg/l | 15 | 10 |
| Hidrocarburos Totales | TPH | mg/l | 20 | 20 |
| Materia flotante | Visible | - | Ausencia | Ausencia |
| Manganeso | Mn | mg/l | 10,0 | 2,0 |
| Mercurio (total) | Hg | mg/l | 0,01 | 0,005 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2,0 | 2,0 |
| Organoclorados totales | Concentración | mg/l | 0,05 | 0,05 |
| Organofosforados totales | Concentración | mg/l | 0,1 | 0,1 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,5 | 0,2 |
| Potencial de hidrógeno | PH | | 5-9 | 5-9 |
| Sólidos Sedimentables | - | ml/l | 10 | 1,0 |
| Sulfuros | S | mg/l | 1,0 | 0,5 |
| Sulfatos | SO ₄ | mg/l | 400 | 1000 |
| Temperatura | - | °C | < 40 | < 35 |
| Tensoactivos | MBAS (4) | mg/l | 0,5 | 0,5 |
| Zinc | Zn | mg/l | 2,0 | 2,0 |

² Distrito Metropolitano de Quito, 2008, Ordenanza Municipal 146.

2. Caracterización de aguas.

Para realizar cualquier tipo de acción entorno al manejo de las aguas, es fundamental primero conocer las características del agua que se va a manejar. Para poder tener una descripción precisa de los componentes, posibles contaminantes, y características físico químicas de las aguas es necesario realizar una caracterización de las mismas en un laboratorio confiable. Entre los parámetros a tener en cuenta podemos mencionar:

Parámetros físicos

- Temperatura
- Turbiedad
- Color
- Sólidos totales, disueltos, en suspensión, fijos y volátiles
- Concepto, métodos, muestreo y cuantificación

Parámetros químicos

- pH
- Conductividad
- Demanda Química de Oxígeno
- Oxígeno disuelto
- Carbón total
- Carbón inorgánico
- Alcalinidad, dureza
- Calcio, hierro, manganeso, magnesio
- Cloruros
- Metales pesados
- Anhidrido carbónico
- Sulfuros
- Acidez

- Nitrógeno
- Fósforo
- Detergentes
- Cloro residual
- Aceites y grasas
- NOx, SOx, material particulado, opacidad en gases
- Concepto, métodos de muestreo y cuantificación

Parámetros biológicos y bacteriológicos

- Demanda bioquímica de oxígeno
- Coliformes totales
- Coliformes fecales
- Concepto, métodos de muestreo y cuantificación

En el caso de la empresa Zamveflor debido a exigencias municipales, se deben realizar cuatro caracterizaciones al año con el fin de hacer un seguimiento al estado de las descargas³. Las muestras deben ser analizadas en un laboratorio acreditado y que se encuentre inscrito como gestor del municipio de acuerdo a la normativa ambiental vigente. La utilidad de los análisis es muy importante dentro del monitoreo de la calidad del agua que tiene como objetivos fundamentales:

1. Determinar el impacto de las actividades humanas sobre la calidad del agua y la adecuación de la misma para los usos requeridos.
2. Determinar la calidad del agua, en su estado natural, que podría estar disponible para satisfacer necesidades futuras.
3. Mantener bajo observación las fuentes y medios de sustancias peligrosas especificadas.

³ Delgado Mónica, 2008, comunicación personal.

4. La utilización de los datos puede dividirse en los propósitos operacionales y de control, y los de planificación e investigación.⁴

Una parte muy importante dentro del análisis de aguas es el muestreo. Es recomendable que éste sea realizado por personal técnico que conozca los protocolos de muestreo y conozca sobre el tema. El muestreo de aguas para la empresa Zamvelflor lo ha realizado el personal encargado de las auditorias y los técnicos del área ambiental. En el caso de las muestras para verificación de mercurio en poscosecha, fueron realizadas durante el desarrollo de la tesis siguiendo los lineamientos y protocolos aprendidos en la formación.

La muestra debe ser representativa, es decir que los parámetros en la muestra deben tener un valor igual al del cuerpo de agua en el lugar y tiempo de muestreo. Por lo tanto, para que una muestra sea representativa, el cuerpo de agua debe estar representado en el lugar de muestreo. “El monitoreo de la calidad del agua con el fin de conseguir datos confiables y utilizables, no puede ser realizado a bajo costo y debe tenerse cuidado para asegurar que los recursos analíticos y otros sean empleados provechosamente. El primer paso en la planificación de un sistema de manejo de agua sería, por lo tanto, decidir qué datos son necesarios y cómo serán usados. Luego serían escogidos los lugares de muestreo con la visión de obtener la información esencial requerida con un mínimo de esfuerzo” (Jaramillo, 1998). Cabe destacar que en el caso de Zamvelflor, la descarga de poscosecha ya cuenta con un puerto de muestreo que tiene como propósito permitir una recolección de aguas de manera más asequible.

El frasco para muestrear puede ser de vidrio o plástico, generalmente es de polietileno y deberá poderse sellar fuertemente con un corcho o tapa. Es fácil limpiar el vidrio, verificar sus condiciones y esterilizarlo por calor, pero el polietileno está menos expuesto a roturas o a malograrse por congelamiento. El recolector de muestras deberá poner etiquetas a todas las muestras. (Jaramillo, 1998)

⁴ Jaramillo. L, Parámetros ambientales y técnicas de medición, EPN, 1998

Para el caso de los caudales en las descargas de poscosecha tenemos que entender que no son constantes. En el caso de las descargas de poscosecha, solo ocurren cuando se vacían las tinas de hidratación y lavado con agua sucia, y cuando se realiza una limpieza del piso en el área de poscosecha. Es por esta razón que se prefirió hacer un seguimiento a la cantidad de descargas de tinas (35 litros) que se realizan a la semana así como un conteo de los tiempos que duran las tinas en uso hasta su reciclaje. La cantidad de agua a tratar para la recirculación es relativamente baja (50 litros x hora) por lo cual se reduce mucho más el diseño del SRA así como los costos de implementación.

2.1 Análisis a la problemática del mercurio en poscosecha.

A partir de los análisis periódicos realizados por la empresa desde el 2007 con respecto a las aguas residuales, se determinó una anomalía con respecto al parámetro Mercurio, el cual en algunos análisis había sido mayor a los rangos permisibles. Debido a esto, la primera fase de la investigación se enfocó en identificar las posibles fuentes de mercurio, y se volvió a realizar un muestreo de las aguas en distintos puntos de poscosecha de tal manera que se pueda solucionar esta anomalía y descartar la presencia de este metal pesado que dificulta la recirculación de las aguas ya que en el caso de estar presente requeriría de un mecanismo más complejo para su captación.

El procedimiento para la identificación del problema comenzó con la revisión de los resultados de los análisis de aguas previos realizados por la empresa (Anexo 1). Una vez constatados los parámetros, que en algunas muestras salían elevados mientras que en otras estaban dentro de los límites permisibles, se procedió a realizar un recuento de las fichas técnicas de los productos utilizados en el proceso (Anexo 2). Las fichas técnicas nos permiten conocer las características, composición, manejo, y manuales de seguridad para cada producto. Estas son entregadas por la empresa responsable de la fabricación del producto. Una vez realizada la revisión de las fichas técnicas, se descartó la presencia de mercurio en los productos utilizados ya que en

ninguno de los casos se identificó el elemento o compuestos organo-mercurados.

Debido a la importancia del tema y luego de no encontrar posibles fuentes de mercurio dentro del proceso de la empresa, se decidió volver a realizar un análisis de mercurio en agua para tres puntos estratégicos en el área de poscosecha. Primero se seleccionaron los posibles puntos críticos para que el agua se contamine con dicho metal, así partimos del inicio del proceso de poscosecha. De esta manera se realizó un primer muestreo en las tinajas de recepción de tallos, aquí es donde llegan las flores recién cortadas, estas tinajas únicamente tienen agua potable sin ningún aditivo. En caso de obtener un resultado positivo en mercurio, la contaminación se producía en instancias preliminares, es decir el agua de la llave contendría dichos niveles de mercurio fuera de la norma o en un caso extremo sería producida por contacto con las flores introducidas en las tinajas.

El segundo muestreo se realizó en las tinajas del frigorífico, en estas tinajas el agua se mezcla con “Chrysal”, un preservante y limpiador para la flor. Cabe mencionar que el agua de estas tinajas tiene contacto con los bonches durante una semana y está próxima a su descarga. En caso de salir positivo el análisis de mercurio y la primera muestra negativa, sería claro que el “Chrysal” podía ser una de las fuentes de contaminación. Finalmente la tercera muestra se tomó del puerto de muestreo (en el exterior del galpón), de esta manera se podía identificar la posible fuente de mercurio que tanta preocupación había generado.

Las muestras se recogieron en frascos esterilizados de polietileno, con capacidad para 120 cc que era la capacidad requerida por el laboratorio (Foto 2). La recolección de las muestras se realizó homogenizando el contenido de las tinajas y sumergiendo los envases hasta su llenado completo mediante el uso de guantes. Las muestras fueron llevadas al laboratorio el mismo día después de ser tomadas.



Foto 2: Recipiente de muestreo

Luego de hacer un recuento de laboratorios, consultar precios, y verificar si estaban acreditados se eligió un laboratorio distinto a los que habían realizado las anteriores caracterizaciones y muestras de mercurio en agua. Debido a ser un metal pesado que requiere ser identificado en trazas muy pequeñas era necesario que cuente con equipos precisos y modernos para los análisis. La acreditación fue otro de los puntos importantes, debido a que hasta la fecha no existía ningún laboratorio acreditado por el OAE (Organismo de Acreditación del Ecuador), la mayoría estaba en proceso de acreditación para dicho metal. Finalmente las muestras se mandaron al laboratorio de la Universidad Católica de Quito (CESAQ).

El costo para las tres muestras de mercurio en agua fue de \$ 77.28, el costo unitario de cada análisis es de \$ 23.00, costo similar al de la mayoría de

laboratorios consultados. Después de una semana se recogieron los resultados, los mismos que salieron negativos para las tres muestras realizadas, lo cual descartó definitivamente la existencia de una fuente de contaminación en las instalaciones de la empresa.

La interpretación de los resultados nos arroja algunas posibilidades de por qué en otros análisis los valores se encontraron fuera de la normativa. La primera es que se haya tratado de un caso esporádico, es decir que se produjo una contaminación aleatoria ya sea en el agua potable o en alguna fase de poscosecha los días en que se tomaron las muestras. Otra es que el laboratorio que realizó dichos análisis haya tenido valores resultantes erróneos.

Finalmente otra posibilidad es atribuida a una mala lectura de los análisis por parte de los delegados del municipio, ya que el valor del mercurio en los análisis de aguas están expresados en microgramos por litro, mientras que el resto de parámetros se encuentran expresados en miligramos por litro (Anexos 1) Al mismo tiempo los límites permisibles en las hojas de resultados están expresados en mg/l, lo cual pudo generar una confusión a la hora de interpretar los resultados de los análisis.

2.2 Agentes contaminantes en las aguas.

La contaminación del agua causada por las actividades antropogénicas es un fenómeno ambiental de importancia, se inicia desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial, iniciada a comienzos del siglo XIX. Hoy en día el Ecuador empieza a constatar claramente las afectaciones ambientales causadas por el mal manejo ambiental de descargas a los cauces hídricos.

Los procesos de producción industrial iniciados en esta época requieren la utilización de grandes volúmenes de agua para la transformación de materias primas, siendo los efluentes de dichos procesos productivos, vertidos en los cauces naturales de agua (ríos, lagos) con desechos contaminantes. Desde entonces, esta situación se ha repetido en todos los países que han

desarrollado la industrialización, y aún cuando la tecnología ha logrado reducir de alguna forma el volumen y tipo de contaminantes vertidos a los cauces naturales de agua, ello no ha ocurrido ni en la forma ni en la cantidad necesarias para que el problema de contaminación de las aguas esté resuelto.

La contaminación del agua se produce a través de la introducción directa o indirecta en los cauces o acuíferos de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas, así como de energía calórica, entre otras. Esta contaminación es causante de daños en los organismos vivos del medio acuático y representa, además, un peligro para la salud de las personas y de los animales.

Existen dos formas a través de las cuales se puede contaminar el agua. Una de ellas es por medio de contaminantes naturales, es decir, el ciclo natural del agua puede entrar en contacto con ciertos constituyentes contaminantes que se vierten en las aguas, atmósfera y corteza terrestre. Por ejemplo, sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión, tales como arsénico, cadmio, bacterias, arcillas, materias orgánicas, etc.

Otra forma es a través de los contaminantes generados por el hombre o de origen humano, y son producto de los desechos líquidos y sólidos que se vierten directa o indirectamente en el agua. Por ejemplo, las sustancias de sumideros sanitarios, sustancias provenientes de desechos industriales y las sustancias empleadas en el combate de plagas agrícolas y/o vectores de enfermedades.⁵

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de maneras diferentes. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos, según el tipo de contaminante:

Microorganismos Patógenos:

Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

⁵ Libro Electrónico, Contaminación del Agua, España 2008

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

Desechos orgánicos:

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de oxígeno).

Sustancias químicas inorgánicas:

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

Nutrientes vegetales inorgánicos:

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

Compuestos orgánicos:

Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc..., acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el

hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

Sedimentos y materiales suspendidos:

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

Sustancias radiactivas:

Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

Contaminación térmica:

El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.⁶

Cuadro 2:

ALTERACIONES Y CONSECUENCIAS EN EL MEDIO⁷

| Alteraciones físicas | Características y contaminación que indica |
|-----------------------------|--|
| Color | El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos |

⁶ Libro Electrónico, Contaminación del Agua, España, 2008

⁷ Libro Electrónico, Contaminación del Agua, España, 2008

| | |
|---------------------------------|--|
| | húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación |
| Olor y sabor | Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor. |
| Temperatura | El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C. Las centrales nucleares, térmicas y otras industrias contribuyen a la contaminación térmica de las aguas, a veces de forma importante. |
| Materiales en suspensión | Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas) |
| Radiactividad | Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos. |
| Espumas | Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras. |
| Conductividad | El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C. |
| Alteraciones químicas | Contaminación que indica |
| pH | Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO ₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO ₂ formando un sistema tampón carbonato / bicarbonato. Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc. |
| Oxígeno disuelto | Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida. |

| | |
|---|---|
| Materia orgánica biodegradable: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | DBO5 es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta. |
| Materiales oxidables: Demanda Química de Oxígeno (DQO) | Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales. |
| Nitrógeno total | Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado. |
| Fósforo total | El fósforo, como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico. |
| Aniones: | |
| cloruros | indican salinidad |
| nitros | indican contaminación agrícola |
| nitros | indican actividad bacteriológica |
| nitros | indican detergentes y fertilizantes |
| fosfatos | indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.) |
| sulfuros | indican contaminación de origen industrial |
| cianuros | En algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida. |
| fluoruros | |
| Cationes: | |
| sodio | indica salinidad |
| calcio y magnesio | están relacionados con la dureza del agua |
| amonio | contaminación con fertilizantes y heces |
| metales pesados | de efectos muy nocivos; se bioacumulan en la cadena trófica; (se estudian con detalle en el capítulo correspondiente) |

| | |
|--|--|
| Compuestos orgánicos | <p>Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.</p> <p>Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor.</p> <p>La contaminación con pesticidas, petróleo y otros hidrocarburos se estudia con detalle en los capítulos correspondientes.</p> |
| <input type="checkbox"/> Alteraciones biológicas del agua | Contaminación que indican |
| Bacterias coliformes | Desechos fecales |
| Virus | Desechos fecales y restos orgánicos |
| Animales, plantas, microorganismos diversos | Eutrofización |

Metales pesados como agentes contaminantes:

“El rango de los efectos de metales en el agua y aguas residuales va desde benéficos hasta tóxicos peligrosos. Algunos metales son esenciales, otros pueden tener efectos adversos para los consumidores de agua. Algunos metales pueden ser tanto benéficos o tóxicos, dependiendo de su concentración” (Jaramillo, 1998).

Los metales pueden ser determinados satisfactoriamente por absorción atómica. El método de absorción incluye la técnica de llama y electrotermal. El método de llama generalmente es aplicable a niveles de concentración moderados en sistemas limpios. El método electrotermal generalmente puede incrementar la sensibilidad si la matriz efecto no es rigurosa, según afirma Jaramillo (1998).

2.3 Acciones preventivas respecto al mercurio

Una vez superada la fase de análisis de muestras, revisión de informes preliminares y visitas de campo, es necesario mencionar algunos puntos. En lo que respecta al problema que se presentó con el mercurio, podemos mencionar algunas acciones que se propusieron como medidas preventivas:

- Es importante capacitar y alertar al personal de poscosecha sobre los riesgos que tienen los productos que se utilizan en las distintas fases del proceso, de tal manera que se genere una conciencia de responsabilidad alrededor de la salud ocupacional y los riesgos ambientales. Charlas de este tipo motivarán al personal a utilizar su equipo de protección personal y tener mas conciencia con respecto a las consecuencias ambientales que puede tener un mal manejo de descargas y desechos.
- Una guía para los técnicos encargados de ambiente y seguridad puede ser de gran ayuda a la hora de interpretar y entender los resultados de análisis de aguas.
- Las medidas de control y seguridad respecto al uso de sustancias tóxicas y accidentes deben estar al alcance de todo el personal, por esto se sugirió colocar fichas de procedimientos para casos de emergencia.
- Es importante hacer un monitoreo y un control preventivo del agua que ingresa a las instalaciones ya que el hecho de que sea “potable” no garantiza que pueda contener alguna anomalía que perjudique al desarrollo del proceso, a la salud del personal y al ambiente.

2.4 Manejo de reservorios

Parte del circuito del SRA también está formando por dos reservorios. Actualmente el primero ubicado en la parte alta de la finca aún no entra en uso y su propósito es permanecer como un receptor de aguas para su posterior descarga al segundo reservorio, ubicado en la parte baja de la finca. Debido a medidas de precaución entorno a filtraciones y ahorro de agua, se sugirió impermeabilizar los reservorios. Es una medida considerada como muy importante debido a que el continuo drenaje por filtración de los reservorios,

puede contrarrestar las medidas de ahorro de agua, de tal manera que no tendría sentido implementar un sistema para mejorar el consumo de agua, cuando al mismo tiempo se permite un importante desperdicio del recurso debido a infiltración de los reservorios.

Como alternativa a este problema se ha sugerido el uso de un material natural relativamente económico con propiedades impermeables llamado "Zycosil". Es de especial importancia la impermeabilización del primer reservorio que aun no ha sido utilizado. En cuanto al segundo reservorio que ya lleva varios años en uso puede ser una sugerencia valida, a pesar de que no tiene evidencias de filtrar en gran cantidad, ya que la mayor parte de su vida útil ha estado lleno. Para el caso de éste reservorio si se recomendó realizar un dragado ya que debido a sus años de uso es muy probable que se encuentre altamente sedimentado, disminuyendo así su capacidad de reserva. Los reservorios tienen un volumen aproximado de:

Reservorio 1: 4000 m³ (sin uso)

Reservorio 2: 6000 m³

En la imagen satelital mostrada a continuación (Imagen 1) se pueden observar con más detalle la disposición de los reservorios, y la extensión de la plantación. En el lado derecho del reservorio 2 se observa el galpón de poscosecha y la zona de oficinas.



Imagen 1: Foto ilustrativa de reservorios⁸

3. Factibilidad de aplicación del SRA y consecuencias en la calidad del producto.

Uno de los puntos más importantes para garantizar que el SRA no perjudique la calidad del producto es el control y la eficiencia del sistema. Al estar hablando de una reutilización para riego de productos no alimenticios, no necesitamos llegar a tener un agua de riego con estándares cercanos a la potabilización. Pero sí es importante cumplir los requisitos mínimos que garanticen la calidad de desarrollo para las rosas.

⁸ Google Earth, Microsoft Corporation, Google Int. 2008

Es indudable que el Chrysal es el producto al que más tenemos que prestar atención en cuanto a las posibles consecuencias para la recirculación. De acuerdo con las fichas de seguridad del Chrysal (Anexo 2), éste producto tiene un nivel de riesgo 2, es decir que es peligroso para las personas. Esto teniendo en cuenta su estado puro, sin diluir. Tenemos que considerar que se diluye 1 lt de Chrysal en 500 lt de agua para su uso en poscosecha, y gran parte de este producto es absorbido por las rosas en el proceso⁹. Finalmente las tinas con ese nivel de dilución serán descargadas al reservorio de 6.000 m³ lo cual nos da un factor de dilución lo suficientemente amplio como para realizar una recirculación, añadiendo a esto el tratamiento que tendrán las descargas. Así podemos tener la certeza que el Chrysal y la descarga de poscosecha no perjudican la calidad de la plantación, ya que los parámetros para el agua de riego estarán enmarcados en los requisitos de riego para las rosas según asegura Zarzosa. S, (2008) administrador y técnico de Zamvelflor.

Otra fase importante para poder garantizar la calidad del agua de riego es controlar que el reservorio conserve los requisitos para evitar la eutrofización de las aguas y un nivel aceptable de oxígeno disuelto. Uno de los problemas que enfrenta el actual reservorio, es la acumulación de helechos de agua en su superficie (Foto 3).

⁹ Zarzosa, S. 2008, administrador Zamvelflor. Comunicación personal.



Foto 3: Reservorio recubierto por helechos de agua

- Nombre científico o latino: *Azolla caroliniana*
- Nombre común o vulgar: Helecho de agua, Azolla, Doradilla.
- Familia: Azollaceae.
- Tipo: Planta acuática flotante.
- Hojas pequeñas con raíces cortas.
- Frondes divididos cuyo color oscila entre rojo y púrpura a pleno sol y de verde pálido a verde azulado en la sombra.
- Ayuda a controlar el desarrollo de las algas al limitar la disponibilidad de la luz.
- Mantenimiento: se seca si pierde el contacto con el agua.
- Multiplicación: división de mata, por brote lateral. (Infojardin, 2008)

La *Azolla* es también una seria maleza en muchas partes del mundo, cubriendo cuerpos de agua tanto que no se ve el agua. Así se deriva el nombre 'helecho mosquito', por la creencia de que ningún mosquito puede penetrar la cubierta verde de helechos para poner sus huevos en el agua. *Azolla* tiene fama de ser capaz de crecer tan rápido de duplicar su biomasa en tres días en buenas condiciones.¹⁰

Al momento de hacer las primeras visitas a Zamveflor se pudo observar que casi la totalidad de la superficie del reservorio estaba cubierta por estas plantas, lo cual nos preocupó ya que sin duda ese exceso de Azollas podía afectar la cantidad de oxígeno del agua, y provocar una eutrofización de las aguas (Foto 4 y 5). Es por esto que una de las primeras recomendaciones que se hicieron fue la de limpiar el reservorio, y hacer un seguimiento periódico para ir removiendo las Azollas que pueden ser de gran aporte para abonar la tierra del cultivo.



Foto 4: Reservorio antes del mantenimiento

¹⁰ Wikipedia, Azolla, Microsoft Corp. Diciembre 2008



Foto 5: Reservorio después del mantenimiento



Foto 6: Mecanismo de remoción de Azollas

Las Azollas una vez retiradas mediante un sistema de tamices flotantes (Foto 6) son dispuestas en las composteras, ya que son una importante fuente de nitrógeno y nutrientes para el suelo. Las Azollas acumuladas se recogen utilizando cajas plásticas y se dejan secar alado del reservorio para luego incorporarlas al compostaje, contribuyendo al ciclo regenerativo de suelos. (Foto 7). Es importante mencionar que tienen un uso importante luego de ser retiradas del reservorio, ya que contribuyen al ciclo regenerativo de suelos.



Foto 7: Empleados retirando en cajas las Azollas

4. Tratamiento de aguas.

Uno de los temas ambientales más recurrentes actualmente es el manejo de las descargas hídricas, a nivel industrial y urbano. El tratamiento de descargas es sin duda un importante paso adelante para el manejo ambiental de la empresa Zamvelflor. La descarga de aguas residuales, puede producir alteraciones ecológicas de acuerdo a la concentración de contaminantes que contenga. La legislación ambiental¹¹, establece límites de seguridad y normas para el vertido de efluentes a los cursos de agua.

Los Problemas que pueden causar las aguas residuales industriales al ser arrojadas en cursos de agua según Tozzi (2008) son:

Al arrojar sustancias al agua, si estas se encuentran dentro de ciertas concentraciones límites, se inicia un proceso de autodepuración, debido a diversos microorganismos como bacterias y algas, que descomponen los desechos, metabolizándolos y transformándolos en sustancias simples tales como dióxido de carbono, nitrógeno, etc. Este proceso se aplica a sustancias orgánicas como detergentes, fenoles, etc, y también a ciertas sustancias inorgánicas ya que hay microorganismos que absorben ciertos metales, incorporándolos a sus células.

Si las sustancias arrojadas, poseen una alta concentración de materias tóxicas, los microorganismos son destruidos y de este modo se anula la autodepuración. Además pueden morir organismos más grandes, como peces, crustáceos, plantas acuáticas, etc, por intoxicación o por falta de microorganismos para alimentarse. Estos a su vez pueden intoxicar al resto de la fauna que conforma la cadena alimentaria llegando hasta el hombre.

Los metales pesados, y sustancias de difícil descomposición tales como DDT y otros plaguicidas, son venenosos y su efecto puede no apreciarse a corto plazo, pero con el paso del tiempo pueden acumularse dentro de los organismos y llegar a matarlos, incluso se

¹¹ Ordenanza 213. Capítulo V, Normas técnicas para el control de la contaminación industrial. 2008.

acumulan en el cuerpo humano. Por no apreciarse rápido sus efectos, es más complejo establecer un límite para el vertido. Los vertidos con gran temperatura, solo por el hecho de estar calientes producen alteraciones importantes, ya que disminuyen la solubilidad del oxígeno en el agua, y por ello su concentración, siendo este elemento indispensable para la vida acuática aerobia. Por otro lado un aumento de temperatura acelera el metabolismo de los organismos consumiéndose los alimentos en menor tiempo. Si la temperatura es suficientemente alta, puede incluso matar directamente a los microorganismos como los mata la pasteurización.

Los efluentes muy ácidos o alcalinos matan a los microorganismos por envenenamiento con hidrogeniones o hidroxilos, por lo que se hace necesaria la neutralización previa de los mismos.

Otro problema común de contaminación de aguas es la eutrofización. El vertido de líquidos cloacales y nutrientes orgánicos como nitratos y fosfatos que pueden provenir de fertilizantes y detergentes produce un enriquecimiento en las aguas que determina un crecimiento desmedido de algas, que llegan a cubrir grandes extensiones transformándose en un problema. Según Tozzi (2008), “estas algas al morir se pudren y despiden malos olores que afectan a los habitantes, turistas y pescadores. Además algunas producen toxinas que afectan a los peces. Otro problema de la eutrofización es que la cantidad de algas llega a atascar los filtros en las tomas de agua”. Para el caso de la industria florícola sí es importante prestar atención a éste tema ya que es común en los estanques y reservorios cuando no tienen un buen manejo, y esto es de interés para Zamveflor.

Con el paso de los años, en los lagos los restos de las algas se van sedimentando en su fondo y llega a convertirse en un pantano. En la naturaleza el proceso lleva millones de años, pero con las actividades humanas se acelera pudiendo producirse en pocas décadas. El tratamiento previo de los efluentes que puedan contaminar es necesario, ya que alteran el equilibrio ecológico y dificultan los tratamientos a efectuar

cuando se quiera utilizar el agua del recurso si está contaminado, argumenta Emiliano Tozzi.

Para el portal Textos Científicos, mientras que todos los vertidos urbanos presentan impurezas minerales y orgánicas cuya naturaleza y concentración son bastantes similares de una ciudad a otra, y por ello sus líneas de tratamiento son análogas, los vertidos industriales, debido a su gran diversidad, necesitan una investigación propia de cada tipo de industria y la aplicación de procesos de tratamientos específicos.

Pueden citarse algunos factores principales que la contaminación industrial tiene en común con la contaminación de origen urbano, pero las vías de depuración, normalmente, deben definirse industria por industria.

Al enumerar las principales industrias, se ve que según las contaminaciones que producen, justifican tratamientos biológicos (parecidos a los de las aguas urbanas) o tratamientos estrictamente químicos (como en las industrias de ácidos)

La definición de todo tratamiento deberá basarse en:

- el conocimiento de los diversos contaminantes;
- la caracterización de los efluentes;
- la organización de los desagües y la separación de los efluentes;
- la elección entre los diversos métodos de depuración fisicoquímica y/o biológica.

“Por lo tanto, el buen funcionamiento de la instalación dependerá de que se realice previamente un estudio minucioso, ya que cualquier elemento nocivo, que no se hubiera tenido en cuenta, podría perturbar seriamente la instalación”.¹²

Para el caso de Zamveflor en particular, hemos estudiado los principales productos riesgosos utilizados en poscosecha. En consecuencia se determinó que es el Chrysal y en casos esporádicos ciertos tensoactivos son las sustancias que más riesgos implican y en las que concentramos los esfuerzos

¹² Textos Científicos, Tratamiento de efluentes urbanos, Octubre 2008.

para el diseño del sistema de tratamiento. Hay que mencionar que estos son los únicos productos químicos comerciales que se usan en el proceso de poscosecha en Zamveflor y que están sometidos a altos niveles de dilución antes de su descarga (Foto 8).



Foto 8: Tinajas con Chrysal en el cuarto frío

Para la buena definición de una estación de tratamiento de aguas residuales, es necesario disponer de los siguientes datos, cuidadosamente establecidos:

- Volúmenes diarios;
- Caudales horarios mínimo y máximo;
- *Composición del agua de aportación a la fábrica;*
- Importancia y periodicidad de las puntas de contaminación;
- Posibilidad de separación de circuitos;
- Posibilidades de tratamientos o de recirculaciones locales o parciales;

- Contaminaciones secundarias, incluso débiles u ocasionales, que puedan afectar seriamente al funcionamiento de ciertos órganos de los equipos de tratamiento (colas, alquitranes, fibras, aceites, arenas, etc.).

Cuando se trata de acondicionar una fábrica ya existente, conviene realizar una comparación de las cantidades de contaminantes, detectados mediante un análisis continuo y sistemático de los efluentes, con los consumos de productos químicos de la fábrica. A veces resulta conveniente aislar ciertos efluentes y someterlos a un tratamiento específico. Las condiciones de tratamiento previo de los efluentes generales de fábricas son también más variadas que en el caso de aguas residuales urbanas.

Las operaciones de desbaste automático son deseables en la mayoría de las industrias e indispensables en algunas de ellas. El desarenado sólo se realiza en algunos casos particulares; y el desaceitado se utiliza con bastante frecuencia: los hidrocarburos y aceites proceden a veces de fabricaciones, y sistemáticamente de los circuitos de engrase o de almacenamiento de carburante. También se prevé frecuentemente la regulación del caudal hidráulico y de la carga contaminante, que puede llevarse a cabo:

Algunas veces se realizan operaciones previas de neutralización, de oxidación y de reducción, para tratar efluentes concentrados o tóxicos. En estas operaciones intervienen autómatas de regulación de pH o de potencial redox.¹³

Cuando nos referimos a los métodos de tratamientos de aguas podemos dividirlos en físicos, químicos, biológicos, y los combinados como son los fisicoquímicos muy comunes a nivel industrial y de gran interés para la industria, a continuación se muestra una explicación general de estos métodos:

Tratamiento Físico

¹³ Textos Científicos, Tratamiento de efluentes urbanos, Octubre 2008.

Los efluentes industriales que contienen elementos insolubles son sometidos a tratamientos físicos para separarlos y evitar que contaminen o dificulten posteriores etapas del tratamiento. Las sustancias que se pueden encontrar en el efluente pueden ser:

- Materias grasas flotantes: Grasas, aceites, hidrocarburos alifáticos, alquitranes, etc.
- Sólidos en suspensión: Arenas, óxidos, hidróxidos, pigmentos, fibras etc.

Algunos tratamientos físicos que se efectúan son:

- Desbaste: Se retienen los grandes sólidos mediante rejas adecuadas, la separación entre barrotes varía según el uso y hay desde 100 mm a 3 mm entre barrote y barrote. Pueden poseer sistemas de limpieza automática o manual.

- Dilaceración: Tiene por objeto desintegrar o triturar los sólidos arrastrados. Los equipos clásicos son cilindros giratorios verticales con ranuras horizontales en las cuales entran peines cortantes fijos. El agua entra al tambor y los sólidos son triturados entre las ranuras y los peines.

- Desarenado: Consiste en separar las arenas y otros materiales minerales. Se efectúa en instalaciones que rascan la arena del fondo empujándola a fosas laterales o mediante equipos continuos a presión.

- Desaceitado: Se utilizan equipos que mediante rasquetas en cintas transportadoras hacen un barrido de fondo y de superficie que permite a las gotas de aceite flotar y ser separadas.

- Flotación: Se mezcla el agua bruta con agua a presión. Al salir ambas por un tubo se forman burbujas que arrastran a la superficie partículas de aceite o fibras que allí se separan fácilmente.

- Decantación de fangos: Se usa un equipo en el que el agua se introduce en una campana por vacío, luego se abre una válvula y el agua sale rápidamente por orificios en tubos en el fondo, el agua sube y los fangos no, por lo que se concentran en el fondo y son retirados mediante sifones. El agua sale clarificada en la superficie. El rendimiento es mayor usando placas diagonales que influyen en el flujo al subir el agua.

- Filtración: Se efectúa en caso de que las descargas tengan contaminantes que puedan ser retenidos por materiales filtrantes. Se pueden usar filtros con arena, cal, zeolita, carbón activado, piedra pómez, materiales sintéticos, etc. El material a utilizar como filtro dependerá del tipo de descarga que se contemple. En algunos casos pueden combinarse distintos materiales para mejorar el rendimiento del filtro.

- Desgasificación: Consiste en separar del agua gases o materias volátiles disueltas en ella. Se efectúa mediante contracorriente con otro gas (puede ser vapor de agua), con equipos de gran superficie de contacto, mediante pulverización y a veces uso de rellenos. (Tozzí, 2008)

Tratamientos Químicos

Cuando los contaminantes están disueltos pueden efectuarse tratamientos químicos para precipitarlos, neutralizarlos, oxidarlos o reducirlos, según corresponda. A continuación se enumeran los procesos que se efectúan a diversas sustancias:

- Precipitación: Se aplica a metales tóxicos o no. Precipitan en cierta zona de pH. También se precipitan sulfitos, fosfatos, sulfatos, fluoruros por adición de Ca^{++} .

Precipitan como sales o complejos de hierro los: Sulfuros, fosfatos, cianuros, sulfocianuros. También se realizan floculaciones.

- Oxidación-reducción: La necesitan los cianuros, Cr hexavalente, sulfuros, cloro, nitrito. Reactivos usados: Oxidación: hipoclorito sódico, Cloro gaseoso, H_2SO_5 , Reducción: Bisulfito sódico, sulfato ferroso.

- Neutralización: El ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico, fluorhídrico, y diversas bases. A veces se neutraliza un efluente ácido con un efluente básico, con posterior ajuste final de pH, con lo que se economizan reactivos.

- Intercambio iónico y ósmosis inversa: Radioisótopos, sales de ácidos y bases fuertes, compuestos orgánicos ionizados (intercambio iónico), o no (ósmosis inversa.).

Los reactivos más comunes usados en tratamiento de aguas residuales son: NaOH, CaO, O_3Na_2 , CO_3Ca . Otros reactivos más especiales se usan en cada caso particular que lo requiera. Si es posible se recuperan sustancias para su recirculación, esto disminuye la contaminación y reduce las compras de reactivos o materias primas. Esto no siempre es posible ya que las recuperaciones a veces son demasiado costosas, lo que las hace poco rentables, y en estos casos se desechan los efluentes tratados.

Los procesos pueden realizarse en reactores decantadores muy diferentes como:

- Flotadores.
- Reactores especiales con eyectores, hélices, rascadores de precipitado, turbinas, etc.
- Clarificadores de fango.

Los tratamientos efectuados en estos equipos son fisicoquímicos, ya que se producen reacciones y también separaciones físicas.

Tratamientos Biológicos

Estos tratamientos se basan en el uso de microbios que descomponen y asimilan las sustancias presentes en el efluente. Los dos tratamientos más importantes son: Lodos activados, y sistemas de película fija.

Lodos activados:

Estos tratamientos se efectúan en grandes estanques en los cuales hay una suspensión de microbios, que forman un barro o lodo activado. Se agrega el agua contaminada y los microorganismos van descomponiendo los contaminantes en sustancias simples o asimilando otras sustancias en su interior. Luego se efectúa una decantación para separar los lodos, se obtiene agua tratada y parte de los lodos se envía de nuevo al estanque.

Para que funcione el sistema, debe contar con agitación y aireación adecuada. Antes de poner los fangos usados en contacto con el agua bruta se los estabiliza en una zona del estanque y luego pasan a la zona de contacto con el agua a tratar. A veces se agregan nutrientes para favorecer la actividad de los lodos. El sistema tiene muchas variantes,

que tienen distintos sistemas de aireación, concentración de lodos, y caudal de ingreso de aguas residuales. Los mas avanzados utilizan oxigeno puro en un sistema hermético y con una campana se extraen los gases producidos. Sistemas de película fija:

En este sistema, las partículas activas forman una película que esta adherida en paredes o en rellenos de distinto tipo. Al pasar el agua residual por estas paredes o rellenos toma contacto con las películas microbianas y se van depurando.

Los tratamientos de tipo biológico son adecuados para aguas residuales con alto contenido de materias orgánicas, pero no están limitados a ellas ya que se conocen bacterias capaces de asimilar metales pesados, fosfatos, y casi cualquier residuo puede ser descompuesto mediante algas o bacterias adecuadas, ya sean naturales u obtenidas artificialmente por ingeniería genética.¹⁴

4.1 Necesidades y alternativas al tratamiento de descargas

Una de las fases más importantes dentro del SRA fue el tratamiento de aguas de poscosecha. Uno de los principales problemas que se tuvo que manejar para la construcción del sistema de tratamiento es el mínimo desnivel con el que se cuenta entre la salida del puerto de muestreo y el nivel del reservorio. Esta es una de las principales razones que nos motivó a elegir un sistema que no requiera de flujos verticales amplios para su filtración.

Entre las alternativas para el diseño de la planta de tratamiento se contemplaron las siguientes soluciones:

- Tanques de tratamiento, consistiendo en una serie de tanques de sedimentación, filtración ascendente y floculación.
- Filtro de zeolita acoplado al puerto de muestreo.
- Canal filtrante combinado de carbón activado, arena y cascajo.
- Canal filtrante de zeolita y arena.

¹⁴ Tozzi, E. Aguas industriales, Octubre 2008

De estas cuatro alternativas decidimos elegir el canal filtrante, luego de hacer una comparación de las ventajas y desventajas de cada sistema de tratamiento. Para comenzar, los tanques de tratamiento tenían un gran inconveniente que es la falta de espacio y desnivel. Esta alternativa nos hubiera obligado a utilizar una bomba para elevar el flujo de agua, requeriría de una construcción más compleja, costos más elevados, y tendría una capacidad de depuración innecesaria para la cantidad de agua que queremos tratar.

Debido a los problemas de espacio y desnivel, una alternativa interesante era la de adecuar un filtro al puerto de muestreo. Esta era una salida sencilla y económica. El puerto de muestreo no puede subir mucho su nivel de agua ya que el canal recolector de aguas de poscosecha se saturaría. Si se quería acoplar un filtro al puerto se tenía que romper la loza del puerto y recorrer el vertedero hacia atrás para tener el espacio suficiente para incorporar el material filtrante. Es básico para que un filtro sea eficiente que el flujo de agua atraviese toda el área filtrante¹⁵, según expertos del tema, de tal manera que sea lo mas eficiente posible. Éste factor era algo difícil de conseguir en el puerto de muestreo ya que el espacio es estrecho y no hay forma de conseguir una filtración completa. Aparte de esto se tendría un filtro de capacidad pequeña lo cual acorta el tiempo de vida del filtro y aumenta las posibilidades de que se sature inesperadamente. El vertedero del puerto de muestreo es un excelente sedimentador y no tenía sentido dañar las instalaciones que pueden ser un pretratamiento para una posterior filtración.

Luego de estudiar estas alternativas, se decidió construir un filtro en el recorrido entre el puerto y el reservorio. Un espacio importante para la elaboración de un sistema de tratamiento está aledaño al reservorio en el recorrido del puerto de muestreo al reservorio. Un canal filtrante no requiere tener un gran desnivel y al mismo tiempo se puede ajustar a las necesidades de espacio disponibles. El sistema también permite tener fases para el tratamiento, facilidad de recambio de materiales, una construcción simple, y un costo relativamente bajo. A todo esto hay que sumar que las aguas ya tendrían

¹⁵ Santana. D, Consulta personal

un pretratamiento en el puerto de muestreo (sedimentación) de tal manera que el canal filtrante se complementaría de manera eficiente y segura para hacer una descarga limpia al reservorio.

4.1.2 Tipo de tratamiento de aguas para poscosecha

Luego de entender el tipo de agua que queríamos tratar (Anexo 1), procedimos a elegir un tipo de tratamiento que fuera viable y práctico para complementar el SRA. Para poder tomar una decisión, que garantice el objetivo de crear un sistema eficiente de filtrado preventivo para poscosecha, se partió de los análisis de laboratorio y caracterizaciones referentes a las descargas de poscosecha (Anexo 1). Luego de hacer una interpretación de la calidad de las aguas y los riesgos que implican los componentes usados, basados en las fichas de seguridad de los productos concluimos lo siguiente:

- Las descargas de poscosecha tienen un pH que nunca ha bajado de 6.4 ni ha pasado de 7.4 según los registros de caracterizaciones (Anexo 1) durante el último año. Esto es bueno ya que no se requiere de ninguna acción para corregir la acidez y no representa ningún riesgo para la recirculación.
- Los parámetros de descargas incluyendo metales pesados, aceites, DQO, y temperatura se encuentran dentro de los límites permisibles. El hecho de que ya cumplan con los límites para descargas quiere decir que es suficiente para poder recircularlos sin necesidad de un pretratamiento. El tratamiento sin embargo es un importante paso preventivo y que tiene el propósito de ir más allá de la normativa procurando tener una descarga lo más limpia posible, ya que esa agua servirá para irrigar la plantación.
- El tipo de tratamiento que requieren las aguas de poscosecha en Zamveflor es netamente físico, remover trazas de elementos riesgosos y retener parte de los sedimentos y sólidos disueltos. Para esto es necesario determinar el tipo de método físico a usar.
- Para poder utilizar las instalaciones del puerto de muestreo, es necesario referirnos a métodos físicos como la sedimentación y el filtrado. La

sedimentación es un proceso que ya se venía dando en el puerto de muestreo, ya que la placa para caudales actúa también como una pared de sedimentación ascendente.

- Las alternativas para el filtrado de las descargas pueden variar dependiendo de los componentes de la descarga. Para el caso de Zamvelflor, estas aguas requieren de un filtrado que permita la remoción de elementos y compuestos de tamaños reducidos, por esto se decidió enfocar la filtración en materiales de alto rendimiento y bajo costo.

- Para Gualoto (2008)¹⁶, conocedor de la temática de tratamiento de efluentes, una excelente alternativa para el filtrado es el uso de carbón activado o zeolita, capaces de retener trazas de metales pesados y absorber compuestos tóxicos. La zeolita tiene una ventaja en precio contra el carbón activado, pero el carbón activado es más eficiente ya que su superficie específica y características adsorbentes son superiores.

- El tipo de sistema de filtración debe tomar en cuenta que será difícil concebir desagües de lodos y retrofiltración, ya que el desnivel de la descarga del tanque es muy bajo, el canal filtrante fue una solución a esto.

- Es importante que no sea una filtración muy lenta ya que a pesar de no ser un caudal elevado, éste no puede saturarse ya que inundaría las instalaciones de adentro del galpón, por el bajo nivel de la entrada de agua al tanque. Los tiempos de filtración se pueden manejar con el volumen de material filtrante, el tipo de filtro, y sobretodo la porosidad y malla del material filtrante. Una malla de diámetro más grande permitirá que el agua se filtre con más velocidad y evitará taponamientos en el sistema de filtración.

De esta manera se recogieron los criterios bajo los cuales se decidió implementar un tratamiento físico para las descargas de poscosecha, y un sistema de filtrado en forma de canal, que combine carbón activado con arena de sílice y cascajo, de tal manera que se cubran las necesidades de depuración de las aguas de poscosecha.

¹⁶ Gualoto. M, Consulta personal

4.2 Diseño del sistema de tratamiento de aguas.

La fase de diseño del sistema de tratamiento para las descargas de poscosecha, es sin duda una de las partes más importantes del proyecto. Tenemos que comenzar por mencionar que esta fase es un proceso preventivo para el proceso de recirculación de aguas. Las caracterizaciones de las descargas de poscosecha muestran que la descarga podría ser enviada al reservorio sin necesidad de un tratamiento previo, ya que se encuentran dentro de los rangos aceptables para su recirculación.

La razón por la que se decidió implementar una fase de tratamiento es la de prevenir cualquier tipo de riesgo ya sea por acumulación o descarga esporádica de concentraciones de contaminantes. En mayor medida de remanentes de Chrysal, y en ciertos casos tensoactivos utilizados para la limpieza. Está claro que el tipo de sustancia que queremos filtrar no requiere de métodos complejos de remoción, y al ser una fase preventiva dio la libertad de ajustar su diseño a las necesidades de espacio ya existentes y procurando ser práctica y efectiva.

El primer espacio receptor de las descargas de poscosecha es el puerto de muestreo. El puerto de muestreo es un tanque de 93 cm de largo por 50 cm de ancho y 50 cm de profundidad, con un medidor de caudal (vertedero) incorporado a la base. A pesar de ser alto, la parte de espacio disponible de altura de agua no supera los 30 cm, esto reduce considerablemente las características de diseño de un filtro (Foto 9). El puerto es un excelente sedimentador y de ésta manera se complementa perfectamente con el mecanismo de filtración.



Foto 9: Puerto de muestreo

El agua que sale del puerto de muestreo se dirigía hacia una caja de revisión por una tubería de 4 pulgadas. En la caja de revisión se mezclaba con las aguas de los baños de poscosecha por lo cual decidimos hacer una adecuación de tal manera que la tubería de poscosecha se dirija directamente hacia el canal filtrante sin desaguar en la caja de revisión. Para esto se recomendó utilizar el mismo tipo y dimensión de tubería (PVC 4"). A esto se añadió un filtro de malla y plástico PVC acoplado al tubo de descarga con el fin de que no entren impurezas y residuos al sistema de filtración.

En las fotos 10 y 11, se observa el dispositivo acoplado a la salida de la caja de revisión, se utilizó en el interior del filtro malla metálica fina con el fin de que los restos de flores y materia foliar así como partículas en suspensión no afecten al sistema de filtración posterior.

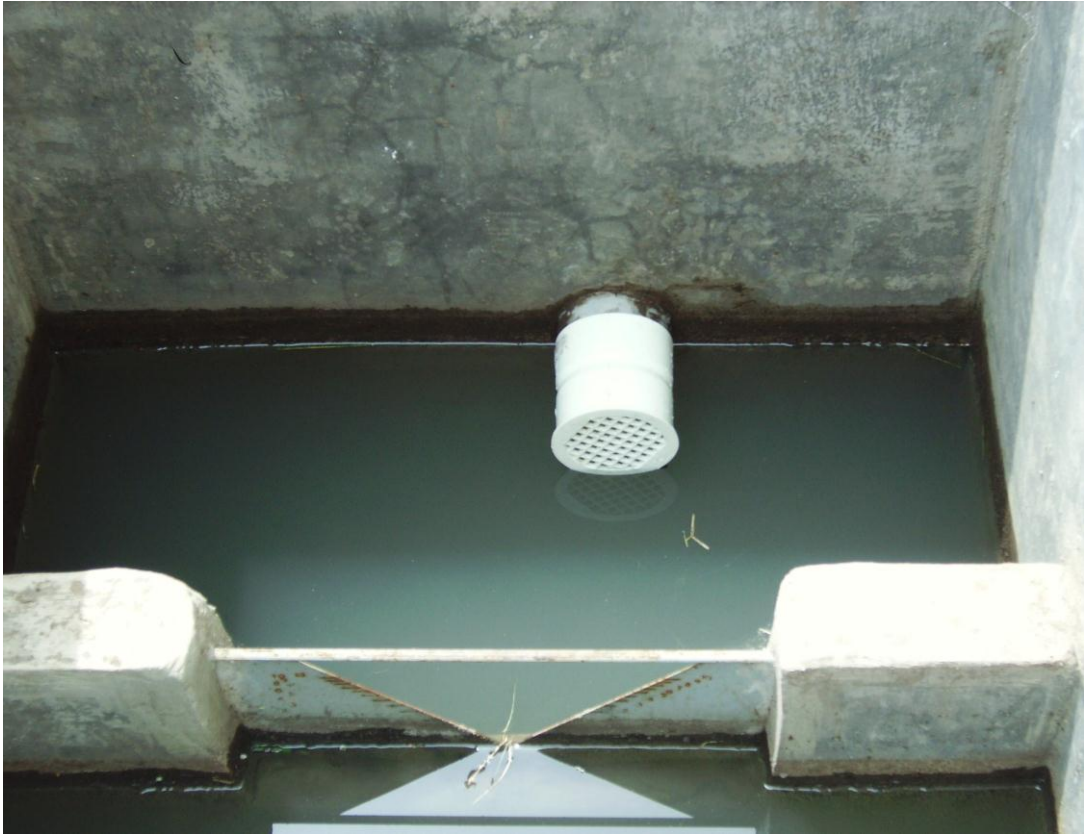


Foto 10: Interior del puerto de muestreo

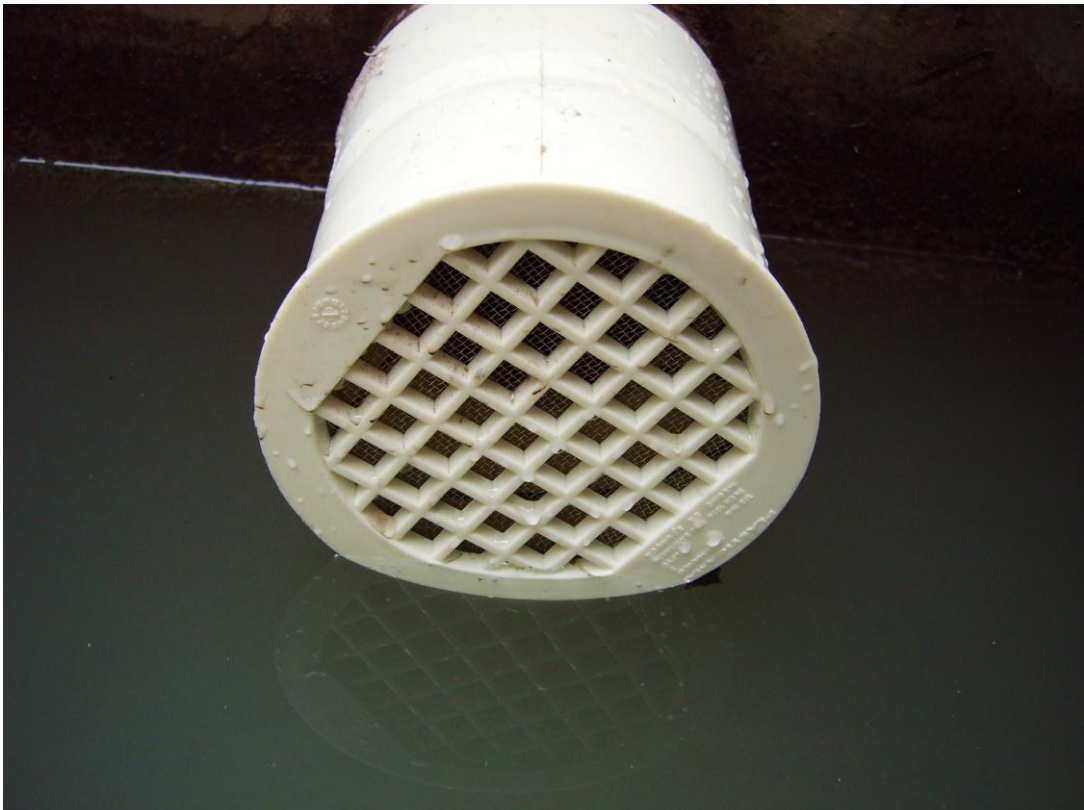


Foto 11: Filtro de retención PVC y malla metálica.

El estudio en torno al tipo de sistema de filtración se define en el capítulo anterior, y como resultado se eligió utilizar el carbón activado como material de alta filtración y como material combinado arena y cascajo.

“El carbón activado es un derivado del carbón que ha sido tratado de manera de convertirlo en un material extremadamente poroso y por lo tanto posee un área superficial muy alta que torna muy eficiente los fenómenos de adsorción o las reacciones químicas. Es un material que se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores que 2 nanómetros). A causa de su alta microporosidad, un solo gramo de carbón activado posee un área superficial de aproximadamente unos 500 m². El carbón activado se utiliza en la extracción de metales (v. gr. oro), la purificación del agua (tanto para la potabilización a nivel público como doméstico), en medicina, para el tratamiento de aguas residuales, clarificación de jarabe de azúcar, purificación de glicerina, en máscaras antigás, en filtros de purificación y en controladores de emisiones de automóviles, entre otros muchos usos.” (Wikipedia, 2009).

El uso de los materiales de carbón se pierde en la historia, de forma que es prácticamente imposible determinar con exactitud cuando el hombre comenzó a utilizarlos. Los primeros usos de estos primitivos carbones activos, generalmente preparados a partir de madera carbonizada (carbón vegetal), parecen haber tenido aplicaciones médicas. Así, en Tebas (Grecia) se halló un papiro que data del año 1550 a.C. en el que se describe el uso de carbón vegetal como adsorbente para determinadas prácticas médicas. Con posterioridad, en el año 400 a.C., Hipócrates recomienda filtrar el agua con carbón vegetal para eliminar malos olores y sabores y para prevenir enfermedades. “En relación al tratamiento del agua con carbón activo, se sabe que ya 450 años a.C. en los barcos fenicios se almacenaba el agua para beber en barriles con la madera parcialmente carbonizada por su cara interna. Esta práctica se continuó hasta el siglo

XVIII como medio para prolongar el suministro de agua en los viajes transoceánicos”.¹⁷

Prácticamente cualquier material orgánico con proporciones relativamente altas de carbono es susceptible de ser transformado en carbón activado. Los carbones activados obtenidos industrialmente pueden provenir de madera y residuos forestales u otros tipos de biomasa, turba, lignito y otros carbones minerales, así como de diferentes polímeros y fibras naturales o sintéticas. Existen, no obstante, algunas limitaciones. Así, desde un punto de vista estructural los carbones activados son carbones muy desordenados e isótropos. Los factores que hay que tener en cuenta para elegir un precursor adecuado son: buena disponibilidad y bajo coste, bajo contenido en materia mineral y que el carbón resultante posea unas buenas propiedades mecánicas y capacidad de adsorción. Los residuos de madera, las cáscaras de coco y frutos secos, así como las semillas de algunas frutas junto con los carbones minerales y el coque de petróleo, son los precursores más usados.

Imagen 2:

Tipos de carbón activado¹⁸

¹⁷ Menendez Díaz, A, Types of carbon adsorbents and their production, 2006.

¹⁸ Imagen: Menéndez, 2006.



El tipo de carbón activado utilizado para el filtro del SRA es granular troceado.

“Los carbones activos pueden clasificarse atendiendo al tamaño de las partículas en carbón activado en polvo (CAP) y carbón activado granular (CAG). Los CAP presentan tamaños menores de 100 μm , siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 μm . Los CAG presentan un tamaño medio de partícula entre 1 y 5 mm. Los CAG pueden dividirse en dos categorías: carbón activado troceado (o sin forma) y carbón activado conformado (o con una forma específica, cilindros, discos, etc.). Los carbones activados troceados se obtienen por molienda, tamizado y clasificación de briquetas

de carbón o de trozos más grandes. Los carbones conformados pueden obtenerse por peletización o por extrusión de carbón en polvo mezclado con distintos tipos de aglomerantes. Existen además otras formas de adsorbentes de carbón, como las fibras de carbón activadas, las telas y los fieltros de carbón, las estructuras monolíticas, las membranas de carbón, etc". (Menéndez, 2006)

El carbón activado utilizado para la filtración de las descargas de poscosecha proviene de cáscara de coco de palma según informe del proveedor. Éste es un buen tipo de carbón ya que es rígido y presenta alta funcionalidad. El tamaño malla promedio que se eligió para el SRA es de 4,8 mm. Éste es el máximo tamaño que se consiguió en el mercado nacional.

Para determinar el tamaño correcto de grano, se realizó un ensayo utilizando un embudo con malla y dejando correr agua para comprobar su tiempo de filtración (Foto 13).

Los resultados de estos ensayos mostraron que el agua corría con bastante fluidez por la columna de material filtrante, de tal manera que el tipo de malla elegido era más que suficiente para el caudal de poscosecha, el cual es bastante bajo e irregular como se mencionó anteriormente.



Foto 13: Embudo para flujo de agua en carbón activado

En cuanto al proceso de filtración del carbón activado podemos comenzar por describir la adsorción:

Es un proceso donde un sólido se utiliza para eliminar una sustancia soluble del agua. En este proceso el carbón activo es el sólido. El carbón activo se produce específicamente para alcanzar una superficie interna muy grande (entre 500 - 1500 m²/g). Esta superficie interna grande hace que el carbón tenga una adsorción ideal.

Las moléculas en fase de gas o de líquido serán unidas físicamente a una superficie, en este caso la superficie es de carbón activo. El proceso de la adsorción ocurre en tres pasos:

- Macro transporte: Movimiento del material orgánico a través del sistema de macro-poros del carbón activo (macro-poros > 50 nm)
- Micro transporte: Movimiento del material orgánico a través del sistema de micro-poros del carbón activo (microporo < 2 nm; meso-poro 2-50 nm)
- Adsorción: Adhesión física del material orgánico a la superficie del carbón activo en los meso-poros y micro-poros del carbón activo

El nivel de actividad de la adsorción depende de la concentración de la sustancia en el agua, la temperatura y la polaridad de la sustancia. Una sustancia polar (soluble en agua) no puede ser eliminada o es malamente eliminada por el carbón activo, una sustancia no polar puede ser totalmente eliminada por el carbón activo. Cada clase de carbón tiene su propia isoterma de adsorción y en el campo del tratamiento de aguas esta isoterma viene definida por la función de Freundlich.¹⁹

$$\frac{x}{m} = K_f C_e^{1/n}$$

Función de Freundlich:

x/m = sustancia adsorbida por gramo de carbón activo

C_e = diferencia de concentración (entre antes y después)

K_f, n = constantes específicas

Según Wastewater Engineering se pueden clasificar algunos compuestos según su probabilidad de ser eficazmente adsorbidos por el carbón activo en el agua (Cuadro 2):

Cuadro 2

Compuestos con muy alta probabilidad de ser eliminados por el carbón activo:

| | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------|
| 2,4-D | Deisopropiltatracina | Linuron |
| Alacloro | Desetilatraccina | Malation |
| Aldrin | Demeton-O | MCPA |
| Antraceno | Di-n-butiltalato | Mecoprop |
| Atraccina | 1,2-Diclorobenceno | Metazaclor |
| Azinfos-etil | 1,3-Diclorobenceno | 2-Metil bencenammina |
| Bentazona | 1,4-Diclorobenceno | Metil naftaleno |
| Bifenil | 2,4-Diclorocresol | 2-Metilbutano |
| 2,2-Bipiridina | 2,5-Diclorofenol | Monuron |
| Bis(2-Etilhexil) Ftalato | 3,6-Diclorofenol | Naftaleno |
| Bromacil | 2,4-Diclorofenoxi | Nitrobenceno |
| Bromodiclorometano | Dieldrin | m-Nitrofenol |
| p-Bromofenol | Diethyltalato | o-Nitrofenol |
| Butilbenceno | 2,4-Dinitrocresol | p-Nitrofenol |

¹⁹ Metcalf & Hedí, Wastewater Engineering, p.317, 1991

| | | |
|------------------------|--------------------|-----------------------|
| Hipoclorito de calcio | 2,4-Dinitrotolueno | Ozono |
| Carbofurano | 2,6-Dinitrotolueno | Paration |
| Cloro | Diuron | Pentaclorofenol |
| Dióxido de cloro | Endosulfan | Propacina |
| Clorobenceno | Endrin | Simacina |
| 4-Cloro-2-nitrotolueno | Etilbenceno | Terbutrin |
| 2-Clorofenol | Hezaclorobenceno | Tetracloroetileno |
| Clorotolueno | Hezaclorobutadieno | Triclopir |
| Criseno | Hexano | 1,3,5-Trimetilbenceno |
| m-Cresol | Isodrin | m-Xileno |
| Cinacina | Isooctano | o-Xileno |
| Ciclohexano | Isoproturon | p-Xileno |
| DDT | Lindano | 2,4-Xilenol |

Compuestos con alta probabilidad de ser eliminados por el carbón activo:

| | | |
|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Anilina | Dibromo-3-cloropropano | 1-Pentanol |
| Benceno | Dibromoclorometano | Fenol |
| Alcohol bencílico | 1,1-Dicloroetileno | Fenilalanina |
| Ácido benzoico | cis-1,2- Dicloroetileno | Ácido o-ftálico |
| Bis(2-cloroetil) éter | trans-1,2- Dicloroetileno | Estireno |
| Bromodiclorometano | 1,2-Dicloropropano | 1,1,2,2-Tetracloroetano |
| Bromoformo | Etileno | Tolueno |
| Tetracloruro de <u>carbono</u> | Hidroquinona | 1,1,1-Tricloroetano |
| 1-Cloropropano | Metil Isobutil Ketona | Tricloroetileno |
| Clorotoluron | 4-Metilbencenamina | Acetato de vinilo |

Compuestos con probabilidad moderada de ser eliminados por el carbón activo:

| | | |
|--------------------|--------------|-----------------------|
| Ácido acético | Dimetoato | Metionina |
| Acrilamida | Etil acetato | Metil-tert-butil éter |
| Cloroetano | Etil éter | Meti etil ketona |
| Cloroformo | Freón 11 | Piridina |
| 1,1-Dicloroetano | Freón 113 | 1,1,2-Tricloroetano |
| 1,2-Dicloroetano | Freón 12 | Cloruro de vinilo |
| 1,3-Dicloropropeno | Glifosato | |
| Dikegulac | Imazipur | |

Compuestos para cuya eliminación no es probable que el carbón activo sea efectivo.

Sí lo es en ciertos casos en los que la concentración es baja:

| | |
|---------------------|---------------------|
| Acetona | Cloruro de metileno |
| Acetonitrilo | 1-Propanol |
| Acrilonitrilo | Propionitrilo |
| Dimetilformaldehido | Propileno |
| 1,4-Dioxano | Tetrahidrofurano |
| Isopropil alcohol | Urea |

(Metcalf & Eddy, 2009)

Para poder garantizar una vida media razonable para el filtro, es importante que su diseño contemple los periodos de recambio de material. Como todo material filtrante, el carbón activado también tiene un tiempo de uso, y habrá un momento en el que el filtro ya esté saturado y sea necesario reemplazarlo. Para esto es importante la concepción del diseño de tal modo que permita un reemplazo fácil del material filtrante, y al mismo tiempo un tiempo racional de funcionamiento del filtro.

A continuación se muestran los diagramas del canal de zeolita (Imagen 2) que fue la primera alternativa contemplada dentro del proyecto de tesis.

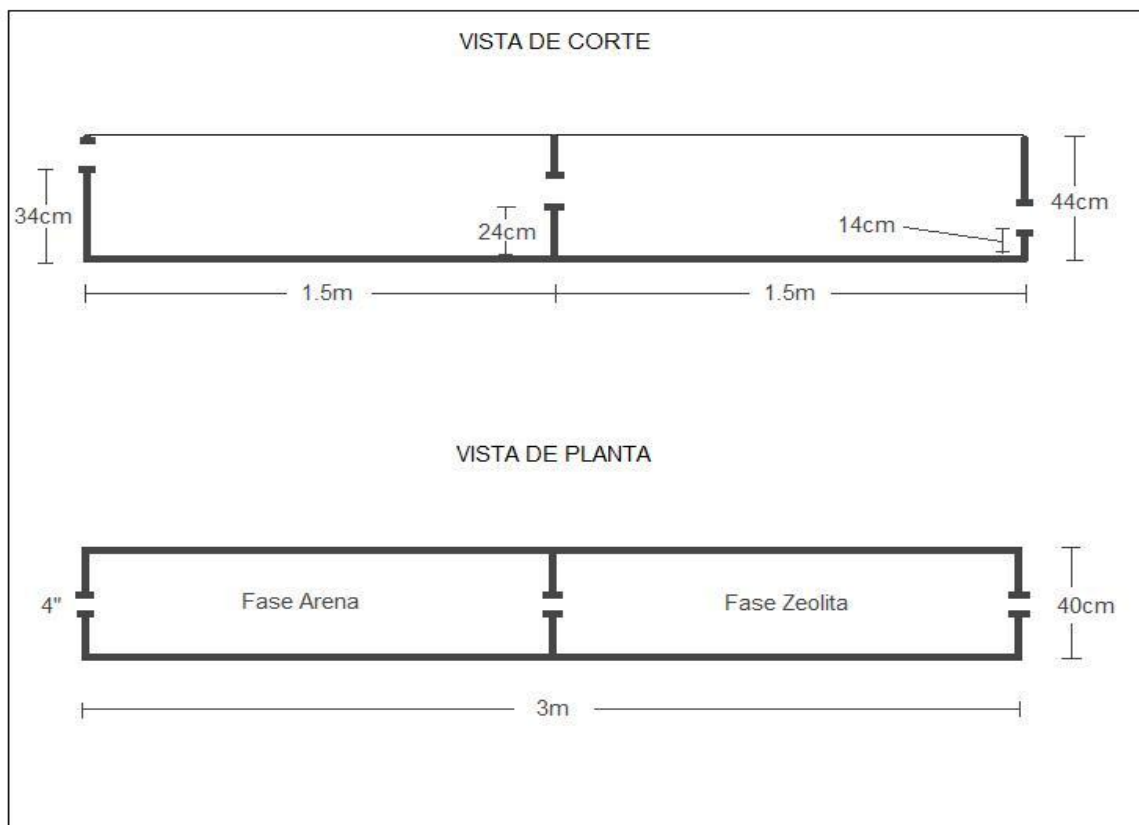


Imagen 2: Plano preliminar de canal filtrante.

Finalmente el diseño que observamos en la imagen 2 se modificó debido a un pedido de Zamvelflor quienes tienen previsto ampliar el reservorio por lo cual se decidió mover el canal a la zona aledaña a la caja de revisión. El diseño utilizado contempla igualmente dos fases, y debido a la profundidad de metro y medio que se debió excavar para llegar al nivel de la descarga se dispuso armar el sistema en tanques de polietileno en lugar de concreto.

El diseño cuenta con un sistema de tubería de PVC de 4" de diámetro igual al de la salida de poscosecha. Se decidió mantener las mismas proporciones de diámetros para facilitar el flujo de agua y alargar el tiempo de vida del sistema de filtración. En la imagen 3 y 4 se exponen dos esquemas mostrando la disposición y diseño del sistema de filtración.

VISTA DE PLANTA: CAJONES DE FILTRACIÓN

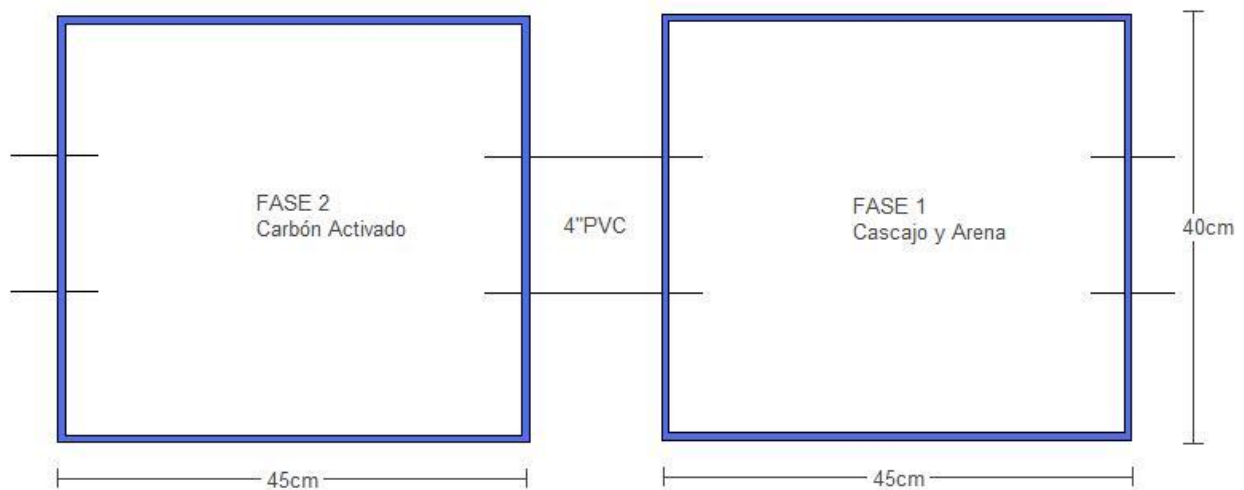


Imagen 3: Vista superior de las dimensiones y disposición de los cajones.

VISTA DE CORTE: CAJONES DE FILTRACIÓN

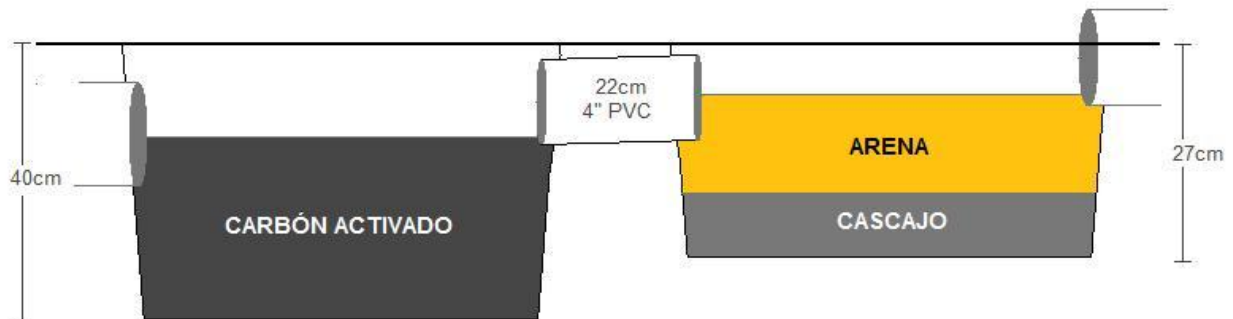


Imagen 4: Disposición del material filtrante

Como se puede ver en la vista de corte (Imagen 4), existe un continuo desnivel entre la entrada al primer tanque y la salida del segundo. Todas las entradas y salidas de los tubos de PVC están protegidas por mallas y abrazaderas de tal manera que el material filtrante no se desparrame hacia los tubos y el agua pueda ingresar de mejor manera.

El nivel hasta el que se cubre con material los cajones esta concebido para que en caso de taponamiento, el agua pueda fluir por encima del material y evitar que se sature la caja de revisión. Se decidió cubrir dos centímetros por encima del nivel de entrada de agua. Así el agua ingresa al primer cajón se riega por la arena y la zeolita y luego vuelve a ascender para pasar al segundo cajón. Esta primera fase es útil para remover trazas de residuos y material en suspensión de tal manera que el agua llegue de mejor calidad al carbón activado y éste pueda funcionar de forma más eficiente. El segundo cajón, de carbón activado, tiene un mayor volumen que el primero ya que nos interesa que el filtrado sea en mayor escala al tratarse del filtro fundamental para retirar los elementos más riesgosos de la descarga.

5. Sistema de recirculación.

El sistema de recirculación de aguas de poscosecha presenta varias facilidades a las que se puede adecuar. Para empezar se menciona que el reservorio ya cuenta con un par de bombas de 20 caballos de fuerza (Foto 13) y el sistema de tuberías para riego. La idea fue evitar ampliar la infraestructura y mejor aprovechar las facilidades ya existentes, así se genera menos desperdicios, se optimiza recursos y se sustenta los criterios de producción limpia del proyecto.

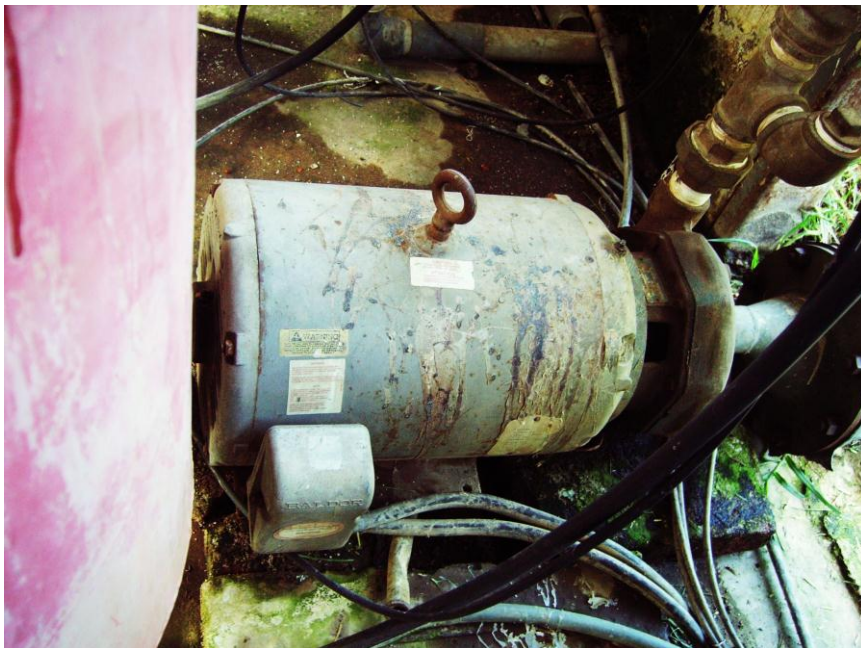


Foto 13: Bomba de riego

Una vez que la descarga fue direccionada hacia el reservorio, ha pasado a formar parte del sistema de almacenaje previo al riego. En el reservorio el agua es bombeada hacia la plantación por el sistema de riego. En el área de bombeo también están una serie de filtros de arena que son un complemento a la purificación del agua. Zarzosa (2008)²⁰ añade que en el área también están los dosificadores de fertilizantes y agroquímicos, aquí es donde se suministran

²⁰ Zarzosa. S, Administrador Zamvelflor, Comunicación personal, 2008

todos los nutrientes y compuestos requeridos por la plantación para una mejor producción.



Foto 14: Filtros de arena y dosificadores, área de bombeo.

Después de pasar por los filtros y dosificadores (Foto 14), el agua se dirige hacia las camas de los invernaderos por el sistema de tuberías, que se reparte a lo largo de las naves. El tipo de riego que se utiliza en Zamvelflor se llama riego por aspersión. Con este método el agua se aplica al suelo en forma de lluvia utilizando unos dispositivos de emisión de agua, denominados aspersores, que generan un chorro de agua pulverizada en gotas. “El agua sale por los aspersores dotada de presión y llega hasta ellos a través de una red de tuberías cuya complejidad y longitud depende de la dimensión y la configuración de la parcela a regar. Por lo tanto una de las características fundamentales de este sistema es que es preciso dotar al agua de presión a la entrada en la parcela de riego por medio de un sistema de bombeo. La

disposición de los aspersores se realiza de forma que se moje toda la superficie del suelo, de la manera más homogénea posible”.²¹

Un sistema de riego por aspersión está compuesto de tuberías principales (normalmente enterradas) y tomas de agua o hidrantes para la conexión de secundarias, ramales de aspersión y los aspersores. Todos o algunos de estos elementos pueden estar fijos en el campo, permanentes o solo durante la campaña de riego. Además también pueden ser completamente móviles y ser transportados desde un lugar a otro de la parcela. (Elriego.com, 2008)

Dentro de los riegos por aspersión tenemos:

DE PRESIÓN MEDIA (de 2,5 a 4 atm).

Aspersión.

- Con el riego aéreo se realiza una limpieza de las plantas que en general dificulta el desarrollo de las plagas.
- Se crea un microclima húmedo que disminuye el riesgo de heladas y el rajado de frutos.
- No hay problemas en cuanto al tipo de suelos, ni de nivelaciones imperfectas, si el caudal es inferior a la velocidad de infiltración del suelo.
- No se puede emplear en zonas que haga viento.
- En cítricos retrasa el índice de madurez.

DE PEQUEÑA PRESIÓN (de 0,3 a 2 atm).

Microaspersión. Parecido al anterior pero se puede evitar mojar las plantas. Trabaja a menor presión y por lo tanto los alcances son menores.

- Los efectos del viento son más exagerados.
- Cuando se riega todo el terreno crea un microclima húmedo como en el caso anterior.

²¹ Elriego.com, Riego por aspersión, Octubre 2008

- En horas de sol se produce una fuerte evaporación por lo que hay que incrementar la dosis en un 20-30%.
- No hay problemas de tipo de suelo, estando muy indicado en los arenosos.

Microchorro o Microjet. Derivado del anterior, emite el agua en pequeños chorros, que pueden abarcar una parte o todo un círculo.

- Se disminuye el efecto negativo del viento, pudiendo dirigir el chorro hacia abajo.
- Tiene menos pérdidas por evaporación que los anteriores.
- No crea un microclima húmedo tan marcado como en los casos anteriores.

(Elriego.com, 2008)



Foto 15: Nave de rosas y sistema de aspersión, Zamveflor.

Si queremos referirnos al tipo de riego por aspersión utilizado en Zamvefflor podemos ubicarlo dentro del tipo denominado microaspersión. Las presiones de riego en las mangueras de las camas no supera las 2 atm. El sistema instalado es muy simple, consiste en hileras de mangueras de media pulgada, perforadas a lo largo de las camas simulando una irrigación a baja altura que humedece todo el suelo. Estas mangueras están a la altura del suelo y recorren todas las hileras de cultivo de las camas (Foto 16).



Foto 16: Manguera de aspersión, Zamvefflor.

A continuación se muestra un esquema del sistema en el que se puede apreciar en color amarillo la distribución del agua a reutilizar en la plantación.



Imagen 5: Foto de Zamveflor, SRA en amarillo²²

²² Imagen: Google Earth, 2008

6. Costos y Beneficios.

Un tema destacado a considerar en el desarrollo del SRA fue la minimización de costos, que se pudo dar gracias a la adecuación de infraestructura ya existente, y las alternativas de bajo costo que se contemplaron para el diseño de los tanques. El financiamiento del proyecto lo cubrió la empresa Zamveflor incluyendo un rubro para los costos indirectos de elaboración del proyecto.

Los primeros costos que implicó el proyecto, fueron los análisis iniciales para mercurio realizados en el laboratorio CESAQ – PUCE. Una importante parte de los costos de implementación del SRA estuvieron relacionados con el sistema de filtración. Esto incluyó: material de filtración y de construcción, obras civiles y trabajos de albañilería, como excavación de zanjas, colocación de uniones y codos, tuberías, construcción con bloque.

En vista de que se trata de un proyecto que tuvo varias fases y se fue implementando a medida que avanzaban los estudios, no se realizó un presupuesto general inicial. Para la fase de construcción del sistema de filtración se tuvo que esperar un lapso de más de 3 meses hasta obtener el visto bueno de la administración de Zamveflor. Finalmente en Febrero del 2009 se inicio el proceso de construcción del canal filtrante y de esta manera se pudo concluir a mediados de Marzo todo el proyecto. Es importante referirnos a la importancia que tiene la parte económica en un proyecto de éste tipo.

Existen métodos variados para determinar el costo de una obra. Si la obra ya está terminada, éste tiene el nombre de ESTIMACIÓN, mientras que el costo total previo a su ejecución tiene el nombre de PRESUPUESTO. “El presupuesto está formado por una descripción rápida de las actividades a realizar desglosado en un listado de rubros, los cuales van acompañados de sus respectivas unidades, cantidades, y precios unitarios. El producto de los

precios unitarios por las cantidades y su sumatoria total, fijan tanto el costo directo de obra, los costos indirectos y el beneficio industrial.” (Albuja, 2006)

El proyecto de implementación del SRA cuenta con una fase de construcción, por esto fue importante respaldar la parte económica con un presupuesto detallado de la obra a realizar. El presupuesto que se obtuvo luego de un análisis total y exhaustivo de la obra, nos facilita una visión de los gastos que serán necesarios realizar por concepto de mano de obra, materiales, equipos, herramientas, transporte, gastos generales, administrativos y beneficios ambientales e industriales. “Ésta información coadyuva a fijar oportunamente el plazo más probable de ejecución y su respectiva programación.”²³

El presupuesto además, orienta el sentido de la inversión, la convivencia y oportunidad de realizarlo, la necesidad de implantar cambios, modificaciones, ampliaciones o recortes presupuestarios sin que se llegue a afectar el objeto del mismo y finalmente, nos permite comparar los valores presupuestados con la realidad. Resultado que otorga la respectiva experiencia a la empresa para que a futuro elimine o mejore los bajos rendimientos, optimice los volúmenes de producción y en general esté en mejores condiciones para enfrentar el futuro empresarial. (Albuja, 2006)

Otra importante herramienta para poder realizar proyectos de éste tipo, en especial cuando se los maneja a nivel de empresa, es la contabilidad de costos. La contabilidad de costos según Albuja (2006), tiene como objetivos aquellos que facilitan un oportuno y eficaz servicio de información y control de todo lo que se relaciona con la producción. Estos objetivos son:

Utilizar materiales sustitutos de menor valor, sin perder la calidad del producto.

Evitar la mano de obra ociosa.

Controlar las compras y entregas de materiales.

²³ Albuja Centeno. V, Control de proyectos para empresas de construcción, 2006.

Instalar maquinarias que mejoren el rendimiento.

Utilizar presupuestos, para evitar precios inconvenientes.

Informar los desperdicios, desechos, y trabajos defectuosos.

Informar los gastos generales, de administración y ventas.

Facilitar la elaboración de los estados contables.

Establecer un control para cada actividad y cada rubro de costo.

La utilidad que los costos prestan a cualquier obra de ingeniería, radica en la importancia que se les conceda a los propios costos, ya que con estos, se obtiene un verdadero servicio para el ingeniero constructor, sumándole resultados tan prácticos como el ahorro, dirección más eficiente en la obra y como particular éxito la satisfacción propia de haber hecho bien las cosas. Costo es la suma que nos da el esfuerzo y recursos que se hayan empleado en la ejecución de una obra, como añade Víctor Albuja.

“En la contabilidad de costos se determinan como costo directo, todas las erogaciones o gastos que se hagan directamente para las obras, es decir, todos los gastos que se hace necesario efectuar para construir la obra misma. Mientras que el costo indirecto proviene generalmente de los gastos de administración que se tiene la necesidad de hacer en la dirección de los trabajos. Estos gastos tienen su origen en los diversos aspectos administrativos que comprenden desde los honorarios de ingeniero director de las obras hasta la percepción más modesta del empleado de la organización administrativa”.²⁴

Para la elaboración del presupuesto de este proyecto se han incluido todos los gastos realizados en las fases de investigación, diseño, construcción, e implementación del SRA. En vista de que el proyecto comenzó con un estudio de caso en torno al problema del mercurio en los análisis de laboratorio, y siendo este problema parte del proyecto ya que necesitaba ser esclarecido para su ejecución, se han incluido todos los gastos relacionados también en el

²⁴ Albuja Centeno. V, Control de proyectos para empresas de construcción, 2006

presupuesto general. Se realizaron una docena de visitas a Zamvelflor en el desarrollo de la tesis y debido a la extensa distancia hasta la florícola (45 minutos), también se estimaron los costos de transporte, de tal manera que toda actividad esta enmarcada en los ítems del presupuesto general.

A continuación se muestran los presupuestos del proyecto de tesis, divididos según sus partes (Cuadro 1, 2 y 3):

Cuadro 1

ANALISIS DE AGUAS “CESAQ”

| CANTIDAD | Parámetro | Método de ensayo | Precio Unitario | Total |
|----------|-----------|------------------|-----------------|--------------|
| 3 | Mercurio | CP-PEE-A009 | 23,00 | 69,00 |
| | | | | |
| | | | Subtotal | 69,00 |
| | | | IVA 12% | 8,28 |
| | | | TOTAL | 77,28 |

Cuadro 2

MANO DE OBRA

| DESCRIPCION | CANTIDAD | COSTO/HORA | JORNAL | DÍAS | COSTO \$ |
|------------------------|----------|------------|--------|------|---------------|
| Maestro Plomero | 1 | 5,00 | 40,00 | 3 | 120,00 |
| Ayudante de obra 1 | 1 | 4,00 | 32,00 | 3 | 96,00 |
| Ayudante de obra 2 | 1 | 4,00 | 32,00 | 2 | 70,00 |
| EXTRAS | | | | | |
| Alimento y bebidas | 8 | | 2,50 | | 20,00 |
| | | | | | |
| TOTAL Mano/Obra | | | | | 306,00 |

Cuadro 3

MATERIALES

| MATERIAL | UNI. | PROVEEDOR | VALOR \$ | UNIDAD | M.OBRA | MATERIALES | SUBTOTAL | INDIRECTOS 22% | P.U TOTAL |
|--|--------|-----------------------|----------|--------|--------|------------|----------|----------------|-----------|
| CEMENTO | | | | | | | | | |
| Cemento Rocafuerte | 50 kg | Disensa | 6,62 | 2,00 | 0,07 | 13,24 | 13,30 | 2,93 | 16,23 |
| AGREGADOS | | | | | | | | | |
| ARENAS | | | | | | | | | |
| Arena lavada de río | m3 | Cantera "Carlos Alber | 8,00 | 0,25 | 0,08 | 2,00 | 2,08 | 0,46 | 2,54 |
| Mina Guayllabamba a Yaruqui (35 Km) | m3 | Cantera "Carlos Alber | 5,60 | 1,00 | 0,06 | 5,60 | 5,66 | 1,24 | 6,90 |
| MUESTREO DE AGUAS | | | | | | | | | |
| Vaso esterilizado | u | Fybeca | 1,25 | 5,00 | 0,01 | 6,25 | 6,26 | 1,38 | 7,64 |
| BLOQUES DE CEMENTO, ADOQUINES, POSTES Y PREFABRICADOS DE HORMIGÓN | | | | | | | | | |
| BLOQUES | | | | | | | | | |
| Bloque liviano de 15x20x40 | u | Pre-Fabricados de Ho | 0,32 | 35,00 | 0,00 | 11,37 | 11,37 | 2,50 | 13,87 |
| HIERRO Y AFINES | | | | | | | | | |
| ALAMBRES GALVANIZADOS GRUESOS | | | | | | | | | |
| Alambre galvanizado No.4 | Kg | Ideal-Alambrec S.A. | 2,02 | 1,00 | 0,02 | 2,02 | 2,04 | 0,45 | 2,49 |
| MALLAS ELECTRO SOLDADAS | | | | | | | | | |
| Malla M 4 10 (6.25x2.40) | mall | Adelca | 59,01 | 1,00 | 0,59 | 59,01 | 59,60 | 13,11 | 72,72 |
| ACCESORIOS PVC | | | | | | | | | |
| Tapón hembra PVC (desague) 110mm | u | Plastigama | 1,24 | 4,00 | 0,01 | 4,96 | 4,97 | 1,09 | 6,07 |
| Codo PVC 110mm x 90 grados | u | Plastigama | 2,78 | 2,00 | 0,03 | 5,56 | 5,59 | 1,23 | 6,82 |
| Tubo PVC 110mm x 3m | u | Plastigama | 13,66 | 8,00 | 0,14 | 109,28 | 109,42 | 24,07 | 133,49 |
| NEPLOS | | | | | | | | | |
| Neplo Flex 1" | u | Acuatecna | 1,03 | 6,00 | 0,01 | 6,18 | 6,19 | 1,36 | 7,56 |
| TOMAS DE INCORPORACIÓN | | | | | | | | | |
| Tomas de incorporación 1" | u | Acuatecna | 7,28 | 1,00 | 0,07 | 7,28 | 7,35 | 1,62 | 8,97 |
| TUBERÍA PVC | | | | | | | | | |
| Tubería hidroTubo PVC sanitario 200 mm | 3m | Iquiasa | 87,53 | 1,00 | 0,88 | 87,53 | 88,40 | 19,45 | 107,85 |
| VÁLVULAS | | | | | | | | | |
| Unión 110 mm PVC inyectada pegada | u | HidroPLASTRO | 10,88 | 2,00 | 0,11 | 21,75 | 21,86 | 4,81 | 26,67 |
| VARIOS | | | | | | | | | |
| Teflón | 10m | Acuatecna | 0,39 | 4,00 | 0,00 | 1,57 | 1,57 | 0,35 | 1,92 |
| Cemento (pega) para PVC 705 marca Weld-On | gal. | HidroPLASTRO | 52,25 | 0,50 | 0,52 | 26,12 | 26,65 | 5,86 | 32,51 |
| Solvente (limpiador) marca Weld-On | gal. | HidroPLASTRO | 38,38 | 0,50 | 0,38 | 19,19 | 19,58 | 4,31 | 23,88 |
| PRODUCTOS QUÍMICOS | | | | | | | | | |
| ACELERANTES | | | | | | | | | |
| Acelerante Aditec FA-111 | 2 kg | Aditec | 2,00 | 1,00 | 0,02 | 2,00 | 2,02 | 0,44 | 2,46 |
| IMPERMEABILIZANTES | | | | | | | | | |
| Impermeabilizante para hormigón Impersan D | 4 kg | Aditec | 4,03 | 1,00 | 0,04 | 4,03 | 4,07 | 0,90 | 4,97 |
| SELLADORES PARA JUNTAS | | | | | | | | | |
| Porcelana Aditec Cerámica Blanca | 2 kg | Aditec | 1,04 | 2,00 | 0,01 | 2,08 | 2,09 | 0,46 | 2,55 |
| PLASTIFICANTES | | | | | | | | | |
| Plastificante Aditec 100-N | 4 kg | Aditec | 7,12 | 1,00 | 0,07 | 7,12 | 7,20 | 1,58 | 8,78 |
| Ligante hormigones Betoncryl - 14 | kg | Aditec | 7,00 | 1,00 | 0,07 | 7,00 | 7,07 | 1,56 | 8,63 |
| MORTEROS PARA REPARACIÓN | | | | | | | | | |
| Maxipatch 100 | Lt | Intaco | 0,93 | 1,00 | 0,01 | 0,93 | 0,94 | 0,21 | 1,15 |
| MORTEROS PARA PAREDES Y PISOS | | | | | | | | | |
| Elumax | 40 kg | Intaco | 3,85 | 2,00 | 0,04 | 7,70 | 7,74 | 1,70 | 9,44 |
| Bondex Premiun con aditivo | 40 kg | Intaco | 16,97 | 3,00 | 0,17 | 50,91 | 51,08 | 11,24 | 62,32 |
| VARIOS | | | | | | | | | |
| COMBUSTIBLES | | | | | | | | | |
| Diesel | 4000cc | P.O. | 1,02 | 10,00 | 0,01 | 10,20 | 10,21 | 2,25 | 12,46 |
| Gasolina extra | 4000cc | P.O. | 1,48 | 15,00 | 0,01 | 22,20 | 22,21 | 4,89 | 27,10 |
| TANQUES DE POLIETILENO | | | | | | | | | |
| Tanque de polietileno apilable 250 lts. | u | Plastimet | 54,78 | 2,00 | 0,55 | 109,56 | 110,11 | 24,22 | 134,33 |
| PRODUCTOS FIBROCEMENTO | | | | | | | | | |
| Plancha TECHOFUERTE 0,3mm. 3,60x0,85m | u | Acuatecna | 56,04 | 1,00 | 0,56 | 56,04 | 56,60 | 12,45 | 69,05 |
| HERRAMIENTAS MENORES | | | | | | | | | |
| Barra de 16 lbs. | u | Kywi Supercentro Fer | 21,29 | 1,00 | 0,21 | 21,29 | 21,50 | 4,73 | 26,23 |
| Palas | u | DISENSA | 6,75 | 3,00 | 0,07 | 20,26 | 20,33 | 4,47 | 24,80 |
| MATERIAL FILTRACIÓN | | | | | | | | | |
| Piedra de silice gris | 25 kg | ACUATECNIA | 3,00 | 2,00 | 0,03 | 6,00 | 6,03 | 1,33 | 7,36 |
| Carbón Activado | 25 kg | Sandra Montenegro | 50,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 50,00 |
| Cascajo Tamizado | 25 kg | EL VERGEL | 2,00 | 2,00 | 0,02 | 4,00 | 4,02 | 0,88 | 4,90 |
| TOTAL | | | | | | | | | |
| | | | | | 4,88 | | 725,11 | | 934,64 |

Al referirnos a la implementación del SRA como un proyecto, es necesario también hablar de los beneficios que tiene. En términos de rentabilidad económica no se puede referir directamente a un beneficio económico en

concreto, tasas de retorno, etc. En este caso se habla en términos de beneficios ambientales, legales, e industriales, los cuales pueden ser estimados monetariamente, pero en los que no tiene sentido profundizar demasiado en vista de que deja mucho al juicio del individuo encargado de estimar la valoración ambiental. El valor que el agua ha adquirido hoy en día para muchos es incalculable, y lo mismo sucede con la valoración ambiental. Para este caso relacionada con los beneficios ecológicos que tiene dejar de descargar el agua de poscosecha al entorno natural, y por el contrario tratarla y reutilizarla.

Para Ramos (2009), el hecho de encontrarnos sumidos en una economía de mercado, lleva a pensar lógicamente que de alguna forma las soluciones a los problemas ecológicos deban provenir de las estructuras de mercado, cuyo basamento principal es la interacción entre la oferta y la demanda. Pero el libre mercado presenta serios problemas para la correcta valoración de los bienes ambientales.

A continuación se presentan algunas de las insuficiencias del mercado hacia el ambiente:

- a) Ausencia o escasa delimitación de los Derechos de Propiedad sobre los recursos: Una gran cantidad de bienes ambientales no poseen un propietario identificable, lo cual dificulta asignarle un precio orientativo en el mercado.
- b) Falta de representación de las generaciones futuras: Los precios deberían reflejar de alguna forma los intereses de las generaciones futuras, además de las actuales. Pero esto podría implicar una elevación en muchos de los precios de los bienes ambientales, que actualmente se encontrarían infravalorados al considerar únicamente la demanda presente.
- c) Presencia de externalidades: La idea básica parte de que si la demanda y la oferta no reflejan todos los beneficios y costos de consumir y producir un bien determinado, los precios resultantes no son correctos.

d) Beneficios y costos sociales: Existen ciertos costos que siendo generados por una o más empresas son asumidos por otros grupos sociales, generando en estos una disminución de la calidad de vida, una reducción potencial de su desarrollo económico y una destrucción de su entorno natural. Esto pone de manifiesto una incapacidad del mecanismo de los precios para reflejar los verdaderos costos sociales de la producción. (Ramos 2009)

Está claro que los beneficios ambientales del SRA son innegables partiendo de sus principios de reutilización del recurso, ahorro del recurso, y tratamiento del efluente. A estos aspectos debemos sumar los beneficios sociales que tiene para la comunidad de la zona contar con un entorno más sano, y para el personal de Zamveflor concienciar sobre el valor del recurso agua y del cuidado ambiental.

En el campo legal, se puede hablar de un importante beneficio, que tiene que ver con las multas por mal manejo de descargas. Al implementar el SRA, Zamveflor está cumpliendo con la normativa legal exigida por los entes de control. En este caso ya no se realiza ninguna descarga al ambiente, por el contrario se incorpora el efluente al sistema de producción de la empresa, y genera una política que va más allá de la normativa. Esto implica también que Zamveflor no tendrá que realizar las caracterizaciones de aguas de poscosecha que solían hacerse cada tres meses, por lo tanto se ahorran cerca de \$2000 USD al año, teniendo en cuenta que cada caracterización vale alrededor de \$500 USD. Es decir la inversión en el SRA estaría recuperada en menos de un año si tomamos en cuenta este simple aspecto.

Esta responsabilidad ambiental asumida por la empresa también presenta a mediano plazo un importante paso para cumplir con sellos de calidad como EUREPGAP e ISO, los cuales establecen como requisitos temas relacionados al buen manejo del agua. Sin duda estos beneficios sustentan la importancia que tiene la implementación del SRA en la empresa, y resulta una atractiva alternativa para la industria florícola en general.

7. Construcción del sistema de tratamiento de aguas e implementación del SRA.

Después del período de diseño y aprobación de la construcción del sistema por parte de Zamveflor, se inició la fase de construcción. Esta fase consistió básicamente en la construcción y puesta en marcha del sistema de recirculación. El primer paso de esta fase fue la selección del lugar para la colocación de los filtros. Después de un pedido de la administración, que planeaba expandir el reservorio, decidimos mover el sistema de filtración algunos metros más atrás. Se dispuso colocar una T entre la caja de revisión y el puerto de muestreo, de tal manera de llegar hasta el sistema de filtración, y en caso de ser necesario hacer mantenimiento en los tanques, poder desviar el agua por la antigua ruta, colocando un tapón en la entrada del sistema de filtración. En la imagen 6 se observa un diagrama de cómo se dispuso el canal filtrante, y las nuevas rutas del efluente.

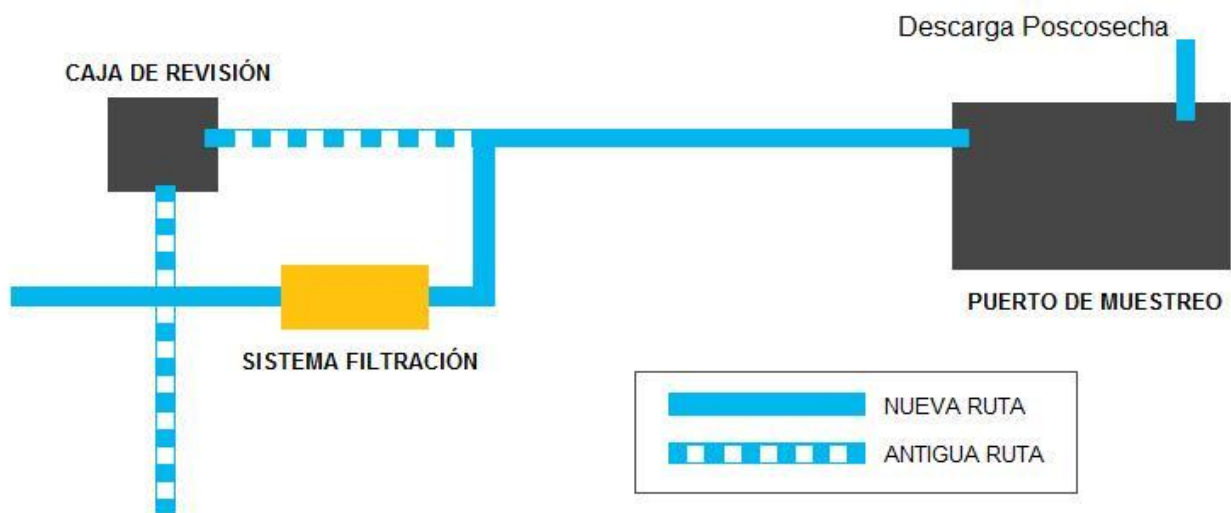


Imagen 6, Diagrama de disposición del sistema filtrante.

El período de construcción duró tres días de jornadas completas. Para la construcción se contrató a un maestro plomero y dos ayudantes de obra. La mayor parte del tiempo se empleó en cavar la zanja para el canal y el recorrido

de la tubería, el cual tiene una distancia total de 22 m. En la parte alta del canal fue necesario excavar hasta 1,5 m. El cronograma de trabajo que se muestra (Cuadro 4) no incluye la posterior colocación de la tapa y recubrimiento de paredes:

Cuadro 4

| Fechas | Actividad | Herramientas |
|----------------------|---|--|
| 01/12/08 25/02/09 | Diseño, Investigación, Recolección de información, Cotización, Planificación de la obra, Materiales y Herramientas | Bibliografía, Ordenador, Calculadora, Cámara de fotos |
| 26/02/09 | Compra de material de construcción, Implementos de trabajo, Herramientas, y Material filtrante. | Camioneta |
| 27/02/09 | Arranque de la obra, Excavación de zanja y verificación del nivel | Barra, Pico, Pala, Piola, Nivel, Metro |
| 28/02/09 | Excavación de zanja, Nivelación, Armado de tanques, Pruebas de funcionamiento, Verificación del sistema | Barra, Pico, Pala, Piola, Nivel, Sierra, Navaja, Esfero |
| 01/03/09 | Colocación de codos y tuberías, Armado y pegado de tanques, Anclaje y recubrimiento del canal, Colocación de mallas y abrazaderas, Fundición de loza, Enlucido, Construcción con bloque, Simulacro de funcionamiento, finalización de obra civil. | Barra, Pico, Pala, Piola, Nivel, Sierra, Tijeras, Playo, Espátula, Paleta, Brocha, Metro |
| 02/03/09 | Colocación de material filtrante, Pruebas de flujo y lavado de material, Puesta en marcha, Entrega de manuales de funcionamiento | Pala, Playo, Tijeras |

Una vez adquiridos todos los materiales para la ejecución de la obra se inició la etapa de construcción. El primer día se trabajó una jornada completa con un maestro plomero y un ayudante de obra. El trabajo durante el primer día de construcción consistió en remoción de tierras. Se excavó una longitud de 10 m de largo y un promedio de 1,5m de profundidad. Para la excavación se utilizaron palas, un pico, azadón, y una barra de hierro.



Foto 17: Comienzo del empate con la descarga de poscosecha.

La antigua tubería que seguía un camino recto hasta la caja de revisión se cortó para colocar una T de PVC 4". La idea de esto fue hacer un desvío para poder dirigir la descarga de manera paralela hasta el reservorio. El mayor problema fue excavar la zanja ya que fue necesario abrir por lo menos un medio metro de zanja para que los trabajadores puedan ingresar al canal y cavar (Foto 17). La foto 18 muestra el avance que tuvo la zanja el primer día, allí se ve la tubería de salida de la caja de revisión hacia el pozo (antiguo destino que tenía el agua de poscosecha).



Foto 18: Avance del primer día, al fondo el reservorio)

En el segundo día de construcción se sumó un ayudante de obra más. De esta manera se pudo avanzar a un ritmo mas rápido con la excavación, la cual fue evolucionando a medida que se debía excavar menos profundidad mientras se acercaba al reservorio. Las siguientes fotos 19 y 20, muestran el avance de la excavación.



Foto 19



Foto 20

Para garantizar las mediciones del desnivel se utilizó un método artesanal pero muy eficiente. Con la piola templada a lo largo del canal, se colocó el nivel en la base de la piola, de tal manera que indique la inclinación del suelo con relación al nivel recto de la superficie (siguiente fotografía). Este es un importante aspecto dado el poco desnivel que se podía dar a la tubería, lo cual obligó a buscar un leve desnivel en los tramos de entubado, y un margen mas amplio de desnivel para el área del canal filtrante.

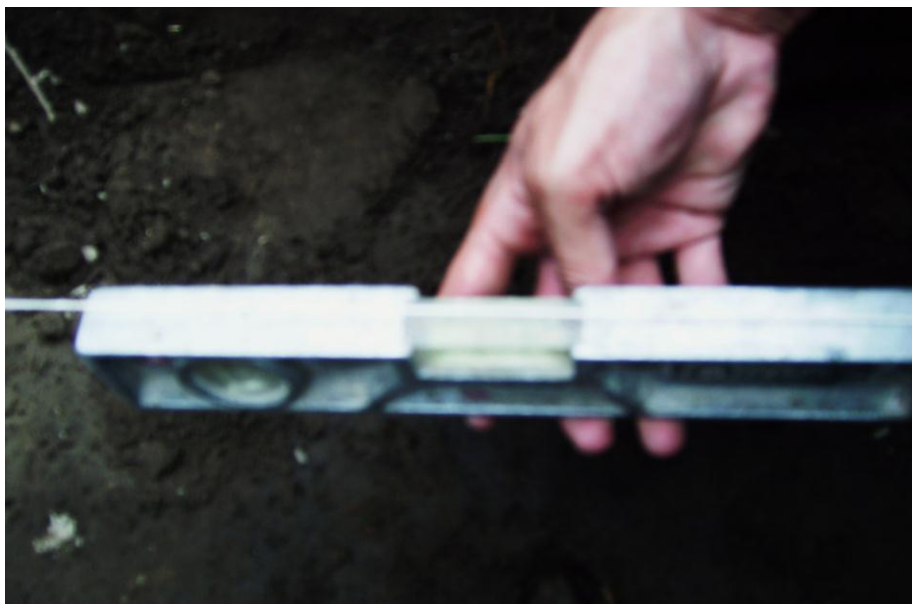


Foto 21: Medición del nivel

Paralelamente a la excavación, se empezó a trabajar con los tanques plásticos donde posteriormente iría el material filtrante. Se dibujaron con esfero los perfiles de los orificios donde se empotran las tuberías. Se utilizó una regla y un esfero para marcar los puntos con el desnivel correspondiente, el sistema tiene 11cm de desnivel entre la entrada y salida de los tanques, un valor más que suficiente para que el agua fluya con la facilidad requerida por los filtros. Los tanques tienen una separación de 12cm (Foto 22 y 23).

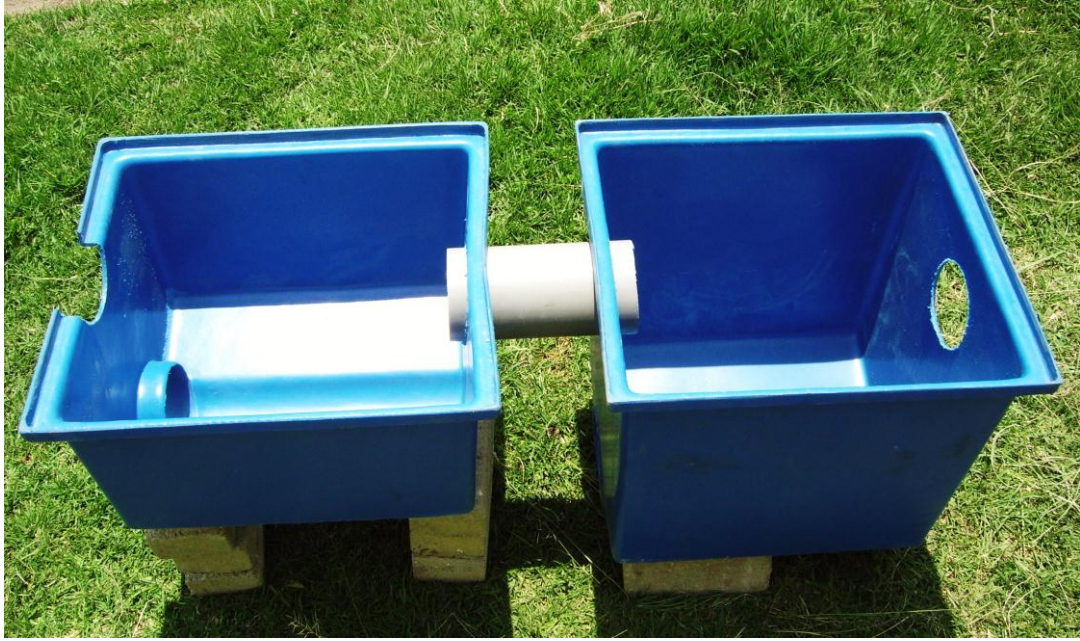


Foto 22: Tanques de filtración.



Foto 23: Disposición de tanques para filtración.

Para que los tanques queden bien empotrados al ras del canal, fue necesario cavar su contorno en el suelo. Adicionalmente se compactó el lugar donde se asentaron los tanques para que se mantengan firmes una vez

instalados. Luego de haber terminado con las labores de excavación e igualado del suelo, se procedió a realizar una prueba colocando los tanques y el sistema de entubado en el canal para verificar los diseños y disposición del sistema (Foto 24). De esta manera se terminó la jornada del segundo día de obra.



Foto 24: Canal y sistema desarmado.

Al tercer día, la obra continuó con los asuntos pendientes, que incluían pegado de tuberías, instalación de tanques, enlucido, construcción de paredes, colocación de impermeabilizantes, y simulacro de funcionamiento (Foto 25).

De igual manera que el día anterior, el último día de construcción contó con un maestro plomero y dos ayudantes. La primera actividad del día fue asentar todo el sistema con los tanques, de tal manera de verificar la caída de agua y el desnivel global de todo el sistema. Una vez que se verificó la disposición del aparato filtrante se procedió a pegar las tuberías de PVC y de igual forma se sellaron los orificios interiores de los tanques plásticos con tapones de 4" (los tanques de polietileno vienen con salidas de 4" que no se utilizaron).



Foto 25: Salida del sistema de filtración al reservorio

Una vez pegado todo el aparato in situ, se empezó a recubrir el canal nuevamente, con la tubería instalada. El tapado del canal se realizó uniformemente recubriendo y compactando primero los costados de la tubería y luego rellenando la capa restante (Foto 26). Se recubrió todo el segmento de tubería para empezar con la construcción de los muros frontales y traseros, el enlucido de paredes, y bases de cemento.



Foto 26: Sistema instalado y parcialmente recubierto

Después de haber cubierto el canal inició el trabajo alrededor del sistema de filtración. Se diseñó una solución sencilla y económica que proteja al canal de derrumbes, y que permita su funcionamiento a largo plazo. Se decidió proteger las paredes alrededor del canal filtrante, las laterales se las enlució con cemento e impermeabilizante, y en las paredes delantera y trasera se construyó un pequeño muro con bloque. Para los muros se utilizaron 35 bloques livianos y cemento. La idea fue proteger el área del canal y fortalecer las paredes de alrededor teniendo en cuenta que es necesario facilitar el ingreso de una persona para realizar labores de recambio de material y mantenimiento. El piso y los bordes de los tanques también se rellenaron con

cemento y una vez listo se dio una mano con pintura impermeable a todo el trabajo.



Foto 27: Construcción de paredes y enlucido de bordes

Para corroborar el buen funcionamiento del sistema y sobretodo el fluido de agua por el recorrido del entubado nuevo y los tanques filtrantes se realizó un simulacro de funcionamiento. El simulacro consistió en dejar correr un caudal de agua continuamente desde poscosecha y verificar la salida al reservorio. En la foto 28, se observa la prueba realizada.



Foto 28: Prueba de funcionamiento



Foto 29: Flujo de agua por los tanques

Después de tres jornadas de construcción el sistema de filtración quedó parcialmente terminado, quedando pendientes la colocación del material filtrante y la cubierta del canal, la cual por dificultades de transporte debió realizarse posteriormente.

Seguido se colocó el material filtrante. Durante el día también se contó con la presencia del personal de mantenimiento y administración de Zamvefflor a quienes se les explicó detalladamente el funcionamiento del sistema. Fue importante realizar el trabajo de disposición de material, de manera que se entienda cómo funciona y sea más fácil el recambio de material, así como el mantenimiento del mismo. Paralelamente también se entregó un manual de funcionamiento del SRA, información que se detalla en el siguiente capítulo.

Antes de colocar el cascajo, la piedra de sílice y el carbón activado, se colocaron las mallas de protección en todos los tubos de los tanques. La función de estas mallas es retener el material filtrante en sus respectivos tanques, y generar un efecto filtrante de mayor eficacia, al entrar el agua directamente en contacto con la sección de filtración. La malla utilizada también filtra material residual y evita que el material filtrante se sature de basuras. El tipo de malla utilizada es la misma que se usó en el filtro colocado en la salida del puerto de muestreo, malla metálica fina (Foto 30). Para su colocación se recortaron pedazos circulares de 5" con tijera y se las acopló a los sobrantes de los tubos con abrazaderas de 4".

En caso de taponamiento del canal es necesario revisar que la malla de entrada al primer tanque se encuentre limpia. Para esto simplemente hay que remover el dispositivo, limpiar la malla, y volverla a colocar. En la fotos 30 y 31 se observa claramente en que consisten y cómo van dispuestas.



Foto 30: Malla de retención acoplada a la tubería de entrada al filtro.



Foto 31: Dispositivos de retención en el sistema de filtración.

Posteriormente se inició la colocación de los filtros. Se comenzó con el primer tanque, en el cual se colocó el Cascajo y piedra de sílice. Primero se colocaron 12 cm de cascajo. El cascajo se tamizó hasta tener un tamaño de grano similar al de la piedra de sílice (7 mm aprox.). Se colocó al fondo el cascajo y encima la piedra de sílice de tal forma que el filtro de piedra se encargue de la remoción de las trazas grandes de partículas, y el cascajo funcione mejor al ser un material poroso y absorbente (Foto 32).



Foto 32: Capa de 12 cm de cascajo en el primer tanque.

La piedra de sílice que se usó como material combinado se dispuso sobre la capa de cascajo uniformemente repartida por el tanque. Esta segunda capa se rellenó con una pala hasta cubrir un nivel por sobre la entrada de agua. Se cubrió con material hasta dos centímetros por encima del nivel de entrada del agua. De esta forma el agua ingresa por debajo del material filtrante y si llega a ocurrir una obstrucción, puede fluir por encima del material filtrante y no taponar todo el sistema (Foto 33).

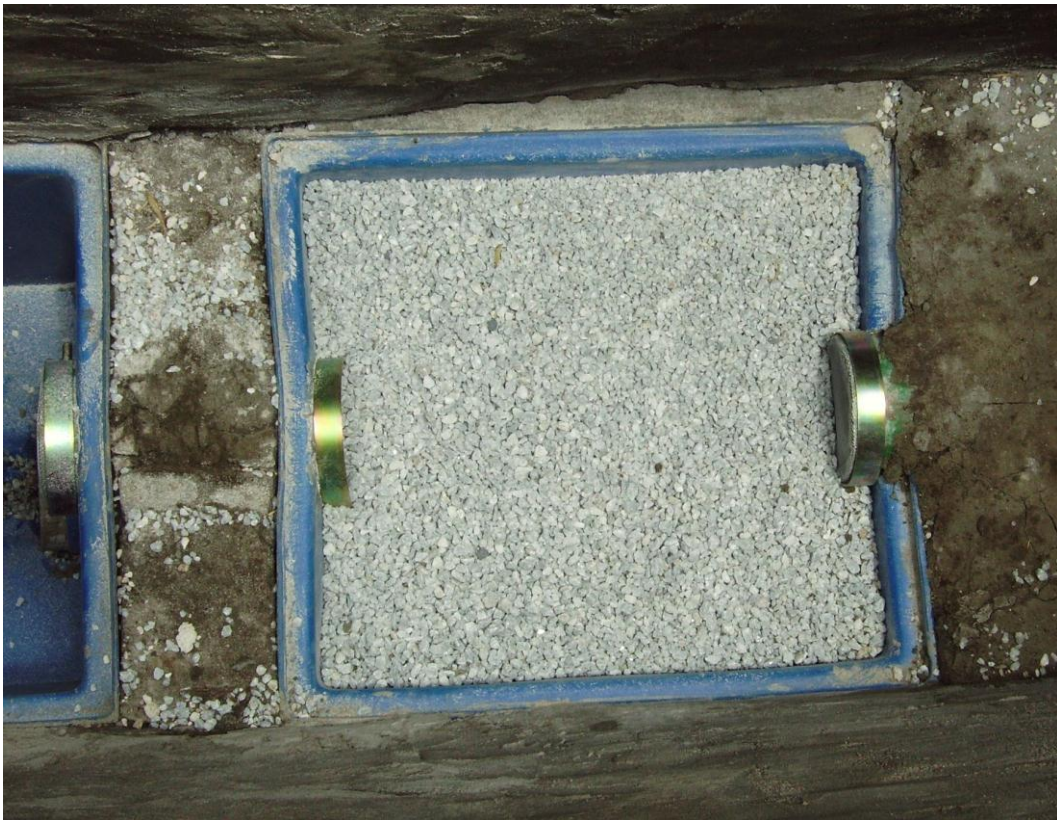


Foto 33: Piedra de sílice, primer tanque.

De la misma manera el segundo tanque se rellenó con carbón activado de cáscara de palma, malla 4,8 mm. Se dispuso una pequeña capa de 5 cm de piedra de sílice en el fondo, para que el agua pueda llegar hasta el fondo del tanque y filtrarse de forma más completa. El carbón se descargó utilizando una pala plana y mascarilla. El polvo del carbón activado puede generar problemas respiratorios. Se utilizaron más de 20 kg de carbón hasta cubrir el nivel

deseado en el tanque (Foto 34). El resto del carbón y del material filtrante se embodegó para el futuro recambio de filtros.



Foto 34: Filtro de carbón activado, segunda fase

Después de colocar los filtros se procedió a lavar el material. El lavado consiste en dejar correr agua potable por los filtros de tal manera que el polvo y partículas disueltas provenientes del mismo material filtrante se limpien. Para realizar esta operación se insertó una manguera en la salida del puerto de muestreo y se dejó correr un alto caudal de agua durante 15 minutos, hasta que el agua salga de color transparente. Al inicio se observó un color negrusco típico del lavado del carbón activado y un poco de blancor del cascajo y la piedra. En menos de 10 minutos el agua empezó a salir transparente. Esta prueba también sirvió para constatar que el sistema puede funcionar aún con un caudal superior al normal y de manera continua.

Una vez lavados los filtros se dio por terminada la fase de armado, e inició la puesta en marcha del sistema de filtración. Paralelamente el mismo día el personal de Zamvelflor limpió el puerto de muestreo y retiró todo el material sedimentado para partir de un sistema limpio que garantice la durabilidad del sistema filtrante.



Foto 35: Sistema de filtración para poscosecha

Finalmente, luego de 2 semanas todo el sistema se cubrió con un techo metálico, de tal manera que la cavidad del sistema quedó protegida contra las aguas lluvias y el ingreso de basuras. El recubrimiento lo realizaron dos albañiles en media jornada. La tapa metálica con bisagras se mandó a construir a la medida del sistema (Foto 36). De esta manera se entregó el sistema de filtración a Zamvelflor junto con los manuales de funcionamiento que se detallan en el capítulo 7.1.



Foto 36: Bordillo y tapa metálica sobre el sistema filtrante.

7.1 Plan de manejo y seguimiento

Es importante que al SRA se añada un plan de manejo que permita mantener en el tiempo la eficiencia del mismo, así como la mejora en algunos aspectos. Ya que se trata de un sistema sencillo pero que tiene filtros y zonas con riesgo de taponamientos, es importante el seguimiento de la infraestructura y calidad del agua. También se enfatizó en hacer un seguimiento riguroso durante los primeros dos años, monitoreando la calidad del agua y los rendimientos de la plantación para poder prevenir cualquier daño al entorno y a la calidad del suelo a largo plazo.

Como ya se mencionó en capítulos anteriores un problema que presenta el reservorio es la continua acumulación de helechos de agua en la superficie. Como solución se planteó una serie de procedimientos para mitigar el problema.

7.1.1 Limpieza del reservorio.

- Luego de constatar el rápido crecimiento de dichas plantas acuáticas es recomendable hacer una estricta limpieza del reservorio una vez al mes.
- Se sugiere incorporar soluciones prácticas, es conocido que los patos y gansos consumen esta clase de plantas acuáticas, e incorporarlos puede ser una solución válida.
- La manera de realizar la limpieza será utilizando el mecanismo de rasquetas flotantes que ya se ha venido utilizando los últimos meses, procurando que el personal encargado tome las medidas de seguridad necesarias para evitar un accidente. Para esto es recomendable utilizar sogas a los extremos de la red que permitan al personal caminar por lo menos a medio metro del límite del reservorio halando la red.
- Una vez recolectado el material vegetal, éste se dispondrá junto al reservorio en la cabecera norte, en donde se dejará escurrir y secar durante por lo menos 5 días. Una alternativa ventajosa sería construir en el lugar camas elevadas con el piso perforado o utilizando mallas de tal manera que se escurra y ventile de manera más rápida el material removido.
- Cuando el material esté parcialmente seco se trasladará en carretillas a las camas de compostaje. En las camas se recomienda mezclar homogéneamente con el material en descomposición. Como ya se mencionó esto será una importante fuente de nutrientes para el sustrato de los invernaderos.
- En época invernal se recomienda cubrir los montículos de Azollas con plástico para permitir un secado más rápido y fomentar las condiciones para su descomposición.

7.1.2 Manejo del sistema de filtración:

El sistema de filtración está compuesto básicamente por las tuberías de transporte de agua y la caja de filtración. El manejo del sistema se concentra

en el recambio de material filtrante y las mallas, ya que son el aspecto que requiere mayor atención para asegurar el buen funcionamiento del filtro.

- El recambio de material del canal debe realizarse cada 7 meses.
- En caso de obstrucción del desagüe de poscosecha, primero se revisará el puerto de muestreo y el filtro de la salida del mismo, de no haber problemas ahí lo más probable es que el material filtrante se haya saturado. En éste caso será necesario seguir los procedimientos para recambio de material.

Carbón Activado: Cáscara de palma, malla 4.8 (grano grueso)

Cascajo: Grano grueso 7 mm, tamizado.

Recambio de Carbón Activado y Cascajo:

- Como una medida de precaución se recomienda cambiar el material de las cajas cada 7 meses. Después de cierto tiempo los poros del material filtrante se saturan y ya no cumplirán su propósito. Es recomendable cambiar tanto el carbón como el cascajo y mejor si se lo hace simultáneamente.
- Es importante revisar una vez a la semana que la malla del filtro colocado en la caja de revisión este limpia. Una vez al mes se deberá revisar que las mallas de entrada a las cajas de filtración se encuentren limpias, estos procedimientos permiten una mejor circulación del agua.
- Para el recambio basta con retirar la cubierta del canal y proceder con una pala a retirar el material. Se recomienda destinar el carbón y el cascajo al sustrato aledaño al reservorio, de tal manera que las plantas puedan crecer de él. No existen riesgos de liberación de trazas contaminantes ya que el material se encuentra encapsulado, como se aclaró al describir las facultades del carbón activado.
- Es posible reutilizar la arena de sílice, en tal caso se debe lavar primero antes de volver a colocarla. Para lavarla se puede usar una malla, o un saquillo.

- Es importante aprovechar el recambio de material para limpiar todo el sistema de tuberías y las mallas de los filtros. Para esto se puede utilizar una manguera de presión.
- Asegurarse que las mallas de retención de material ubicadas en las bocas de los tubos del canal filtrante estén en buen estado. Caso contrario deberán reemplazarse. El sistema permite sacar las mallas con las abrazaderas de forma sencilla.
- El siguiente y último paso es ubicar homogéneamente el nuevo material en los tanques del canal, y asegurarse que las mallas de retención estén limpias y bien colocadas. Es mejor lavar por unos minutos los filtros, dejando pasar agua potable por los mismos hasta que la salida recupere su color transparente. El carbón activado siempre tiende a desprender polvo negro hasta que se limpien los poros.
- Es responsabilidad de Zamveflor el cuidado del manejo del agua de poscosecha, en especial con los productos que se utilizan para limpieza y dentro del proceso. Las limpiezas se realizarán procurando no utilizar tensoactivos ni productos tóxicos como cloro. El funcionamiento del sistema de filtración está basado en toda la información suministrada por la empresa en cuanto al uso de componentes y procedimientos de poscosecha, cualquier alteración o innovación del proceso deberá tener en cuenta las capacidades del canal filtrante, y los riesgos que pueden llevar para el agua del reservorio.

Estos manuales se incluyeron en el plan de manejo ambiental de Zamveflor. De esta manera el SRA podrá tener un manejo técnico y fácil de llevar para el personal de la florícola.

8. Conclusiones.

- Se diseñó e implementó un sistema de recirculación de aguas en la compañía Zamveflor, en un período de 8 meses.
- Basados en los volúmenes y frecuencias de vaciado de tinajas en poscosecha; se concluye que se descarga un caudal promedio de 50 litros/hora a lo largo de las jornadas laborales de la semana.
- El SRA es un importante aporte para la industria florícola ya que promueve la reutilización de recursos, un buen manejo de descargas, el cuidado del entorno natural, y soluciones sencillas para una producción más limpia.
- Es factible aplicar un sistema de recirculación de aguas de poscosecha a un costo menor a \$ 2500 USD generando grandes beneficios para la empresa y el ambiente, y recuperando la inversión a corto plazo.
- Las inconsistencias en relación a los análisis de mercurio son consecuencia de la incongruencia entre las medidas asignadas a los resultados y las asignadas a los límites permisibles, llevando a interpretaciones confusas al comparar valores.
- Durante el proyecto se implementaron alternativas técnicas sencillas y flexibles que se adaptaron a las necesidades económicas y espaciales de Zamveflor.
- El rendimiento y funcionalidad del SRA no dependen únicamente del sistema de filtración; el buen manejo del reservorio y del proceso de poscosecha son parte fundamental de la calidad del agua a recircular.
- Las características químicas del agua de poscosecha son ambientalmente manejables, teniendo como principal componente contaminante al Chrysal, y en menor proporción a remanentes de agroquímicos disueltos por el contacto foliar del agua con los bonches sumergidos en las tinajas.
- El sistema de tratamiento de aguas no requiere consumo de energía; utiliza la gravedad como alternativa para la filtración.

- El sistema de tratamiento de aguas residuales es un mecanismo dependiente de los procesos de producción. Cualquier alteración en los procedimientos de poscosecha o reemplazo de productos utilizados, influyen en el desempeño del canal filtrante. Consecuentemente cualquier alteración del proceso debe tomar en cuenta las limitaciones del sistema de tratamiento y el riesgo que conllevan para la calidad de las aguas a recircular.
- El manejo del reservorio, el sistema de irrigación, los compuestos usados en la producción y las políticas ambientales de manejo de aguas en la empresa, son piezas fundamentales para un efectivo funcionamiento del SRA.
- Debido a la específica temática que se trató a lo largo del proyecto, fue complicado profundizar en teoría, en especial porque no hay experiencias documentadas entorno a proyectos de este tipo. Es por esto que la elaboración del proyecto fue bastante práctica y descriptiva.
- Gran parte de la teoría entorno al material de filtración del SRA y el diseño del canal filtrante, se realizó consultando a gente con experiencia en el tema, que recomendaron la utilización de determinados materiales apoyados en sus experiencias.
- El diseño, implementación y construcción del SRA arrojó importantes enseñanzas y experiencias que sin duda han complementado la teoría revisada a lo largo de la carrera de Ingeniería Ambiental.

9. Comentarios.

Después de la entrega del SRA se realizó un seguimiento del sistema. Se hizo una serie de visitas para constatar el funcionamiento del sistema y la implementación de las recomendaciones realizadas a la empresa. Estas visitas permitieron realizar algunas correcciones al sistema.

En primer lugar se constató que debido al poco cuidado con la limpieza del puerto de muestreo, el filtro de salida del mismo se obstruía con frecuencia. Los manuales de manejo del sistema no fueron revisados por el personal

encargado en Zamveflor, esto dificulta el funcionamiento del mismo ya que es necesario realizar revisiones y limpiezas periódicas para mantener en buen estado el sistema. Es por esto que se decidió colocar una malla en el vertedero del puerto de muestreo (Foto 37) para retener prematuramente cualquier remanente de tallos y hojas que pueda obstruir la salida.

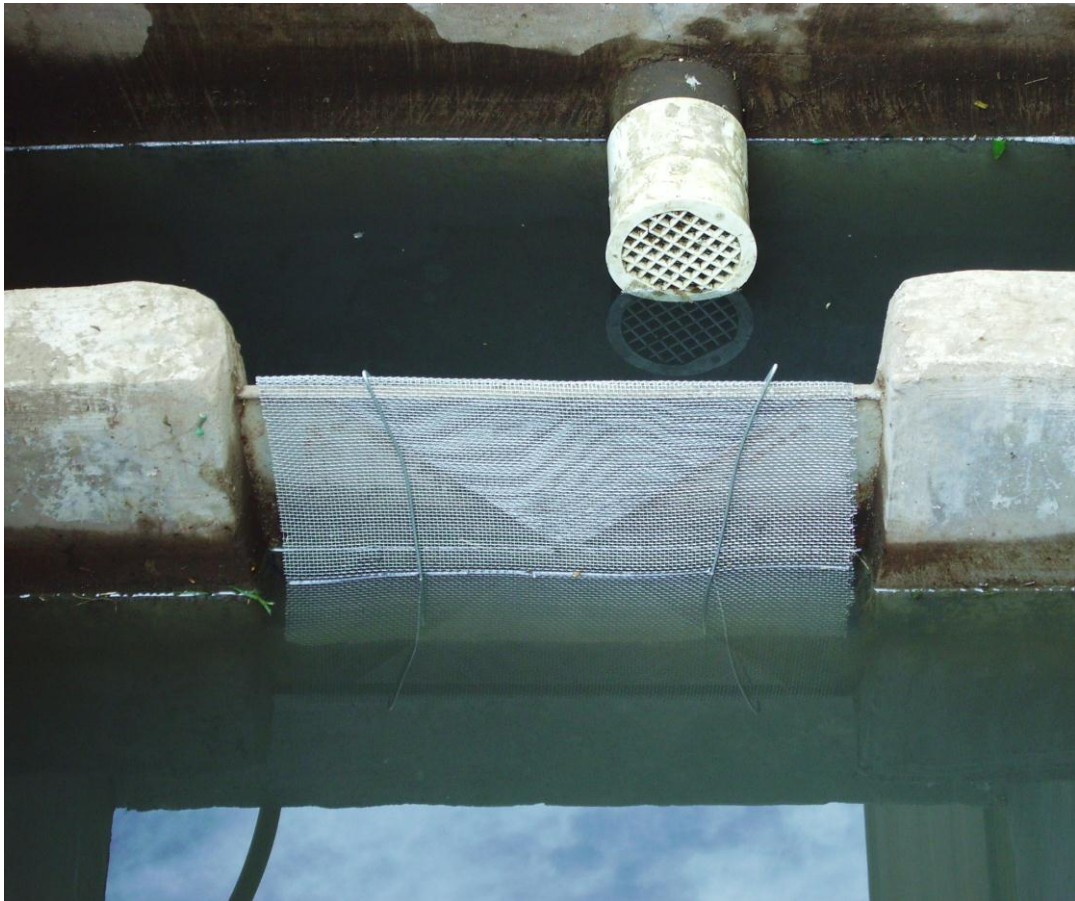


Foto 37: Malla de retención colocada en el vertedero del puerto de muestreo.

En vista de la importancia que tiene el seguimiento del SRA se recordó al personal que las negligencias con respecto al manejo del mismo pueden tener consecuencias perjudiciales en la calidad del agua de riego. De la misma manera también se recomendó no utilizar productos tóxicos para las limpiezas del área de poscosecha.

Para facilitar la limpieza y recambio de material en el canal filtrante se colocó un by pass que pudiera dirigir la descarga a la antigua caja de revisión durante los períodos de mantenimiento. Adicionalmente se cambiaron los

tamaños de las mallas de retención de 2 mm a 4 mm, para disminuir las posibilidades de taponamientos que perjudican la filtración.

Una de las recomendaciones que se implementó fue la introducción de patos para el reservorio. Son 8 patos que están ayudando a controlar las Azollas del reservorio (Foto 38). Si bien los patos sí se alimentan de estas plantas, no son suficientes para el control total del reservorio, sin embargo representan una importante ayuda para contener la reproducción de las Azollas. Esta medida ha resultado beneficiosa y significa otro paso positivo hacia el manejo ambiental de Zamveflor.



Foto 38: Patos en el reservorio.

Es importante resaltar la importancia que tiene el compromiso de los trabajadores y administradores de una empresa al implementar proyectos de este tipo. El apoyo de las autoridades de la empresa es fundamental para

llevar adelante la implementación de cualquier proyecto. La ejecución de proyectos nunca está exenta de problemas externos, ajenos al proyectista, pero en los que es necesario tomar acciones y sobre todo prever esta clase de dificultades, procurando tener un fiscalizador a la hora de construir, un encargado del seguimiento, y sobre todo tener claras las responsabilidades que tiene cada una de las partes para llegar a los fines propuestos. Temas que son importantes incluir en la planificación.

Bibliografía citada

- Infojardin, Lista de fichas de plantas acuáticas, Internet Explorer, url: <http://fichas.infojardin.com/acuaticas/azolla-caroliniana-helecho-agua-doradilla-yerba-agua.htm>. Octubre 2008.
- Jaramillo Luis, Parámetros Ambientales y Técnicas de Medición, Escuela Politécnica Nacional, Quito Ecuador. 1998.
- Libro electrónico, CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE, Contaminación del Agua, España 2008.
<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.htm>
- Secretaría General del Consejo Metropolitano, Ordenanza Metropolitana N 146, Capítulo III, Ord. 213, Capítulo V. Quito, 2005.
- Tratamiento de efluentes urbanos, Textos Científicos.com, <http://www.textoscientificos.com/efluentes>. Octubre 2008.
- Tozzi Emiliano, Aguas Industriales, http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_quimica/aguasindustriales/. Octubre 2008.
- Blautec, Filtración con Zeolitas, http://www.blautec.com/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=45. Octubre 2008.
- El riego.com, url: http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/riego_aspersion.htm, Octubre 2008.
- Wastewater Engineering; Metcalf & Eddy; tercera edición; página 317, Absorción con carbón.
activo, <http://www.lennotech.com/espanol/adsorcion.htm>. 1991

- Menendez Diaz Angel, Types of carbon adsorbents and their production, <http://www.oviedo.es/personales/carbon/cactivo/impqcatex.htm>, 2006.
- Ramos, Aldo G., La Valoración Ambiental en la Economía de Mercado. ¿Es suficiente? , INEC. Málaga. España. <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=153>. Marzo 2009.
- Albuja Centeno Víctor, Arroyo Danilo, Control de Proyectos para Empresas de Construcción, Editorial In Servicio Gráficos, Junio 2006, Quito Ecuador.
- Revista Construcción, Sección: Lista de Precios Materiales de Construcción, Cámara de la Construcción de Quito, No.201, Quito – Ecuador. Diciembre 2008.
- Wikipedia, La enciclopedia libre. Azolla, <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Azolla&oldid=23588282>, Enero 2009.
- Google Earth 4.0, Microsoft Corp. 2008

Consultas personales:

- Ing. Mónica Delgado: Guía de tesis.
- Ing. Daniel Santana: Hidráulico.
- Santiago Zarzosa: Técnico y administrador de Zamveflor.
- Dr. Miguel Gualoto: Profesor Universidad de las Américas.