

# Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Facultad de Cs. Naturales y Cs. de la Salud- Sede Trelew  
Licenciatura en Protección y Saneamiento Ambiental

## Informe de Práctica Profesional

Determinación de parámetros físicos, químicos y biológicos en tratamientos de depuración de efluente cloacal



Alumno: Apollonia, Federico Daniel

Institución receptora: Cooperativa de Servicios Públicos, Consumo y Vivienda Rawson Ltda.

Instructora: Ing. Bec, Adriana

Profesora asesora: Lic. Palloni, Leila Lucía

Año 2022

## **Agradecimientos**

Este informe no hubiera sido posible sin mi familia, amigos y profesores. Quisiera agradecer a mis tíos que fueron y serán mis segundos padres, mis primos, mi madre y abuela por el acompañamiento de siempre.

Gracias a mis amigos, la familia que elegí, principalmente a Belén, Gastón, Micaela y Aylen por brindarme un lugar siempre que lo necesité, por acompañarme y ser parte de mi vida universitaria. A Belén V. por ayudarme desde tiempos inmemorables en los finales.

A mis amigos Alexis, Brenda, Lorena y Jessica por apoyarme cuando los problemas aparecían.

A mis profesores universitarios, los responsables de mi formación profesional, por transmitirme sus conocimientos y valores.

Gracias a la Cooperativa de Rawson por brindarme la posibilidad de culminar el último paso hacia mi título. Especialmente a Germán y Nadia.

A mi asesora y profesora Leila, por acompañarme en cada momento y por ser mi ejemplo a seguir.

## Índice

1.	Introducción .....	1
2.	Resumen del plan de trabajo .....	1
3.	Desarrollo de la Práctica .....	2
3.1.	Descripción de los sistemas de depuración .....	2
3.2.	Sistema de colección y Planta de Lodos Activados .....	6
	Generación y Cámara séptica (1-2).....	7
	Sistema de colección de líquido cloacal (3-5).....	8
	Tratamiento preliminar y conducción (6-9) .....	9
	Cuenco de arribo (10).....	11
	Reactores (11) .....	12
	Sedimentadores (12).....	14
	Cámara de contacto (13) .....	16
	Descarga (14) .....	17
	Estabilización de lodos.....	18
3.3.	Sistema de colección y Tratamiento Lagunar Rawson.....	21
	Bombeo y conducción (10-11).....	22
	Laguna facultativa primaria (12).....	22
	Laguna de maduración (13).....	23
	Reservorio (14).....	23
4.	Cumplimiento de los objetivos propuestos .....	24
4.1.	Muestreo y determinaciones químicas, físicas y biológicas.....	25
4.1.1.	Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	25
4.1.2.	Determinaciones de sólidos.....	32
4.1.3.	Parámetros de campo o medición in situ.....	40
4.1.4.	Identificación y recuento de microorganismos indicadores .....	42
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	57
	Glosario .....	60
	Anexo I.....	62
	Anexo II .....	65
6.	Bibliografía utilizada.....	74

## **1. Introducción**

El presente informe resulta de la ejecución de la Práctica Profesional en la Cooperativa de Servicios Públicos, Consumo y Vivienda Ltda., aportando en primera instancia un marco conceptual y descriptivo sobre el tratamiento de efluentes clocales mediante dos sistemas diferenciados en la ciudad de Rawson.

Durante los meses de septiembre (2021) a febrero (2022) con un régimen de 6 horas diarias, se llevaron a cabo en conjunto con el personal de la institución diferentes tareas de campo y gabinete, rutinas observacionales, operativas y analíticas. Las mismas contemplaron muestreos de agua residual con distinto grado de tratamiento, realización de determinaciones analíticas, físicas, químicas y biológicas, adecuación e implementación de métodos de monitoreo, planificación y desarrollo de planes de monitoreo ambiental acordes a la normativa vigente.

Los objetivos de la Práctica fueron los siguientes:

- Complementar conocimientos teórico prácticos referidos al tratamiento de aguas residuales cloacales urbanas.
- Llevar a cabo determinaciones analíticas fisicoquímicas en el laboratorio que resultan relevantes en la operación diaria de la planta como la determinación de sólidos sedimentables, suspendidos totales, determinación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), conductividad, pH y temperatura.
- Implementar el uso de microscopio óptico y técnicas de conteo para observación de microorganismos partícipes del proceso y que se utilizan como indicadores del desempeño, siendo los organismos protozoarios los principales.
- Generar y organizar datos existentes correspondientes a las determinaciones habituales realizadas en el laboratorio de la planta.
- Sugerir la implementación de prácticas que aporten una constante mejora en el funcionamiento de la planta.

## **2. Resumen del plan de trabajo**

Se realizó un trabajo preliminar consistente en la observación de los expedientes obrantes en el Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de la Provincia junto con la Lic. Leila Palloni. Se tomó vista de los expedientes N° 1337/07 referente al control de las plantas de tratamientos cloacales de Rawson y N° 1587/07 referente al procedimiento de evaluación de impacto ambiental de la ampliación de la planta de lodos activados.

El principal punto a abordar en la Práctica fue el acompañamiento en las tareas rutinarias que se realizan en la planta de forma diaria:

- Revisión de los reactores, teniendo en cuenta el funcionamiento de los aireadores para asegurar una mezcla completa y concentración de oxígeno disuelto, propiedades organolépticas como color y olor también fueron propiedades observadas.
- Visitas semanales a las lagunas de estabilización pertenecientes a la ciudad de Rawson.
- Control rutinario interno.
- Muestras.
- Determinaciones analíticas.

A su vez, se usó el microscopio óptico a fin de observar los microorganismos del licor mezcla, haciendo hincapié en organismos protozoarios e implementando técnicas de conteo. La implementación de registros de las observaciones realizadas se efectuó por primera vez en las instalaciones de la institución.

Por último, se trabajó con la base de datos existentes y los generados durante la Práctica para la obtención de tablas y gráficos, logrando así, una fácil comprensión del desempeño del proceso a través del tiempo.

### **3. Desarrollo de la Práctica**

#### **3.1. Descripción de los sistemas de depuración**

El tratamiento de las aguas residuales consiste en la eliminación o reducción, de aquellos compuestos que puedan ser perjudiciales para cualquiera de los componentes del ambiente, generando un detrimento de su calidad y posibilidad de uso o aprovechamiento. El tratamiento convencional por tecnología de lodos activados y, natural mediante lagunas o estanques de estabilización son ejemplos de dos formas bien diferenciadas de alcanzar el objetivo de depurar las aguas residuales.

Un sistema de lodos activados es un bioproceso utilizado para la depuración por parte de microorganismos (biorremediación) de las aguas residuales. La característica principal de este proceso, es que los microorganismos aerobios, metabolizan la materia orgánica y los nutrientes presentes en el agua a tratar obteniendo energía para su crecimiento y multiplicación celular, y contribuyendo así a la limpieza (o tratamiento) del agua residual.

Durante las etapas de depuración de los líquidos cloacales, es necesario realizar una serie de ensayos de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, para evaluar la

calidad del fluido y el funcionamiento de las instalaciones y, también, para tomar decisiones relativas al proceso. Los niveles de aireación, el porcentaje de recirculación y las purgas de lodos, entre otros aspectos operativos, están en gran medida condicionados por los resultados de estos ensayos<sup>1</sup>. Poco comunes, pero no menos relevantes, son los exámenes microbiológicos regulares que permiten predecir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) final del efluente, anticiparse a problemas de funcionamiento y asociarlos a posibles causas. La biocenosis de los lodos activados da información sobre las condiciones y estructuras de los mismos y permite inferir el nivel de depuración o tratamiento que se alcanzará.

Por su parte, un estanque o laguna de estabilización natural es una masa de agua contenida en un reservorio construido en el que los afluentes alcanzan su depuración gracias a la acción de distintos tipos de microorganismos y operaciones. Las lagunas de estabilización pueden clasificarse en aeróbicas, anaeróbicas, facultativas o de maduración o pulimiento. Los estanques de estabilización natural son de uso muy frecuente en pequeñas comunidades, debido a que sus reducidos costos de construcción y explotación representan una importante ventaja frente a los restantes métodos de tratamiento<sup>2</sup>.

Las lagunas facultativas son lagunas diseñadas con el fin de remover la DBO principalmente, aunque se le puede atribuir otras funciones como la reducción de microorganismos presentes en las aguas residuales y reducción de nutrientes (fósforo y nitrógeno). La presencia de ambientes, aeróbicos, facultativos y anaeróbicos (estrictamente hablando, anóxicos, éstos últimos) da lugar a la combinación de los metabolismos aeróbico y anaeróbico dentro de un mismo cuerpo de agua. Esto permite que ocurran los ciclos completos de carbono, nitrógeno y azufre bajo condiciones apropiadas.

A diferencia de los procesos convencionales (como los barros activados), en los estanques de estabilización natural, el oxígeno requerido para satisfacer las demandas carbonácea y nitrogenada está suministrado por medios biológicos y naturales, no mecánicos.

La determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en lagunas de estabilización suele no realizarse de manera rutinaria, dado que el tratamiento de depuración adquiere una simpleza tal que conlleva a ejecutarse recorridos sin toma de muestras. El monitoreo suele adquirir una relevancia no soslayable, si el destino del efluente tratado es para reúso o vuelco a un cuerpo receptor del excedente hídrico, como ha ocurrido en la ciudad de Puerto Madryn.

La experiencia de Puerto Madryn, sirve como ejemplo de que es posible colectar, tratar y reutilizar el agua domiciliaria con diversos beneficios: ahorro de agua potable, protección del ambiente, desarrollo de actividades agrícolas/ganaderas en sitios con

---

<sup>1</sup> Carducci *et al.*, 2018 (ver bibliografía).

<sup>2</sup> Metcalf y Eddy, 1995 (ver bibliografía).

escasez hídrica e integración económica de sectores marginados de la sociedad. La difusión de estas experiencias es una buena herramienta para su incorporación en otros Municipios<sup>3</sup>.

El agua residual (AR) cloacal urbana o domiciliaria, generada en la localidad de Rawson, es tratada en los sistemas con tecnología de lodos activados y lagunas de estabilización y colectada a través de los sistemas de conducción cloacal, en conjunto con las diferentes estaciones de bombeo.

La ciudad cuenta con la ordenanza 5478/03, declarando obligatorio el cese definitivo del volcado de líquidos cloacales a cursos de aguas primarios o secundarios, pozos negros o ciegos, para frentistas por cuyos domicilios pase un colector cloacal.

El caudal diario total que arriba a las unidades del tratamiento preliminar es de aproximadamente 5300 m<sup>3</sup>/día, dependiendo de las condiciones meteorológicas, caudales extraordinarios, sumada la infiltración y exfiltración. La partición del caudal entre planta y sistema lagunar Rawson varía notoriamente, viéndose por momentos la capacidad de la planta superada. El caudal de diseño de planta de barros activados (BA) es de 4500 m<sup>3</sup>/día. Aclarado esto, el caudal que se redirige al sistema lagunar con un tratamiento preliminar en planta se encuentra comprendido entre 1000 a 2000 m<sup>3</sup>/día.

El **Gráfico 1** representa la variación del caudal medio diario durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, los valores fueron extraídos de la información suministrada por el programa SCADA instalado en el edificio de guardia de la planta de barros activados; se puede observar que en los meses de octubre y noviembre los valores cambian abruptamente debido a tareas de mantenimiento en planta, específicamente en uno de los sedimentadores y cámara de contacto, requiriendo derivar un caudal mayor al sistema lagunar.

El **Gráfico 2** muestra la variación semanal del caudal medio diario con los picos horarios. Estos últimos, se ven reflejados en el intervalo horario de las 00:00 a 21:00 horas dado que es donde se presenta la mayor actividad en los hogares. En el rango horario de las 00:00 a 6:00 horas de la mañana se observan los caudales mínimos, lo que se atribuye a la baja actividad de la población que en su mayoría duerme o al menos no utiliza agua potable de manera constante. Por otro lado, a partir del gráfico es posible observar que hay una diferencia en la generación de efluente durante los fines de semana, presentándose caudales menores.

La **Figura 1** muestra el principal recorrido y tratamiento del afluente.

---

<sup>3</sup> Faleschini, M. 2016 (ver bibliografía).

Variación del caudal medio diario (Septiembre-Noviembre)

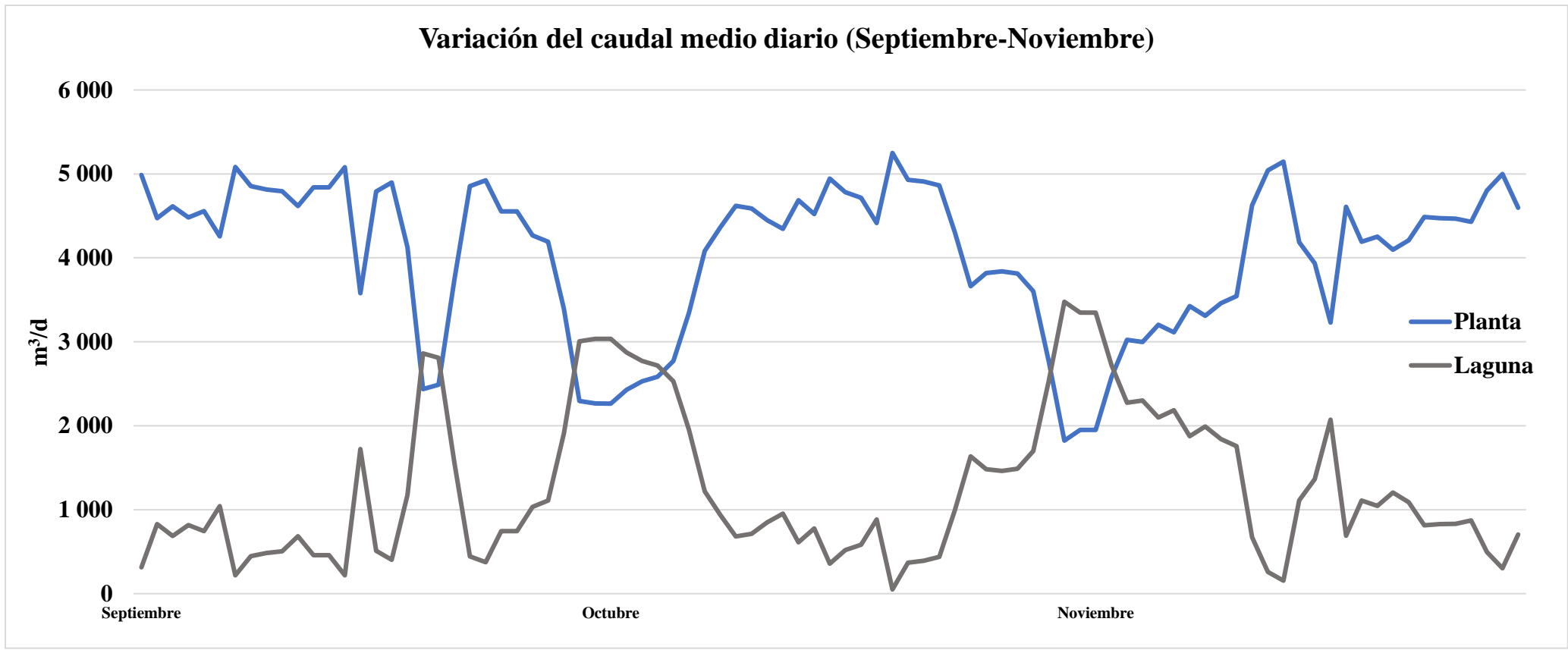


Gráfico 1: Variación del caudal medio diario.

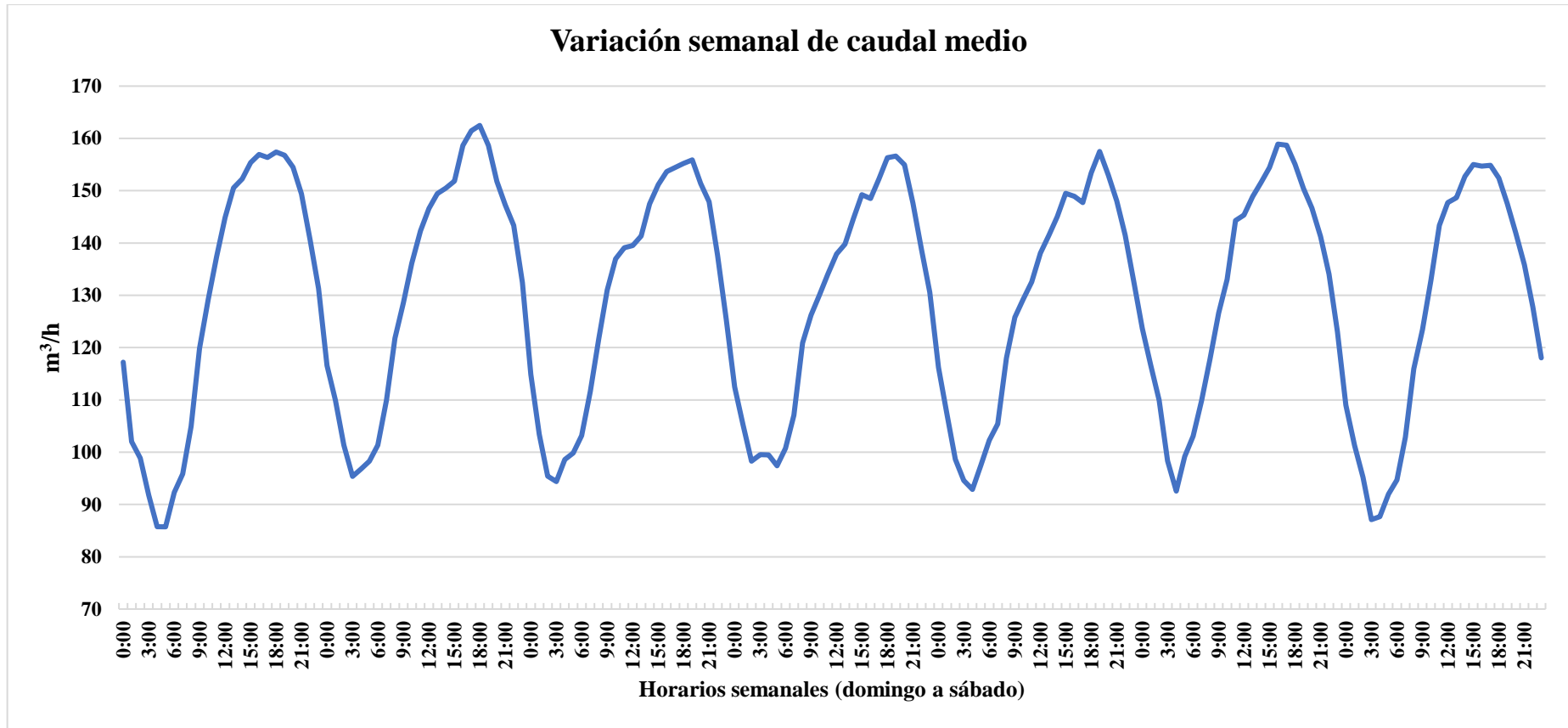
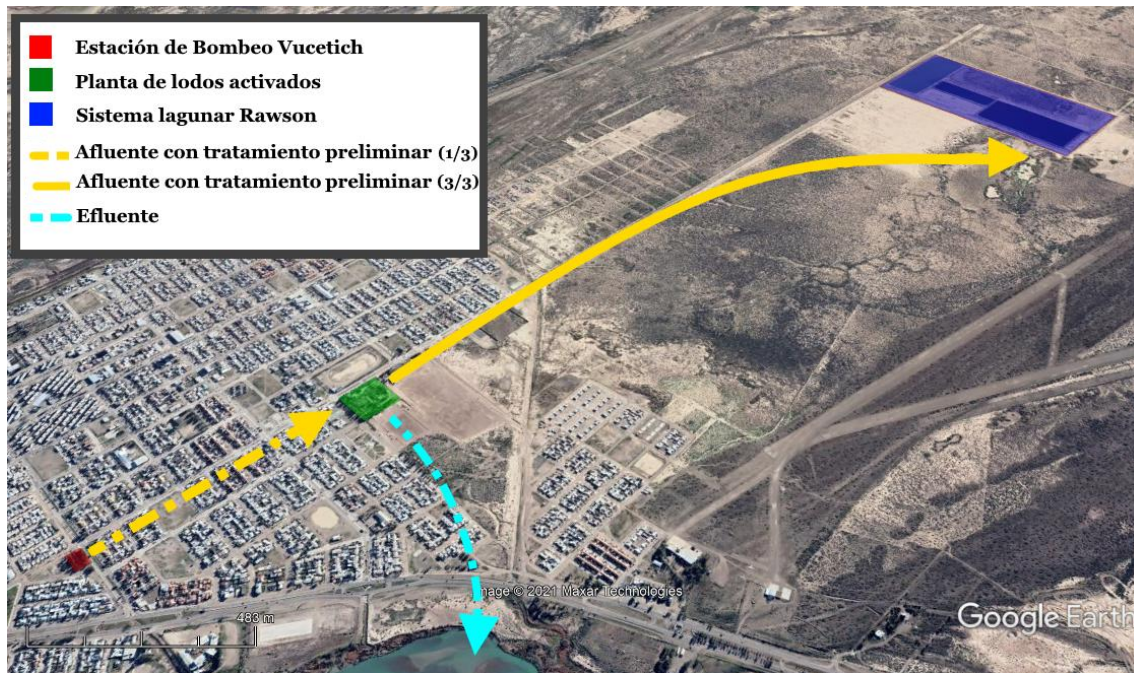


Gráfico 2: Variación semanal del caudal medio.



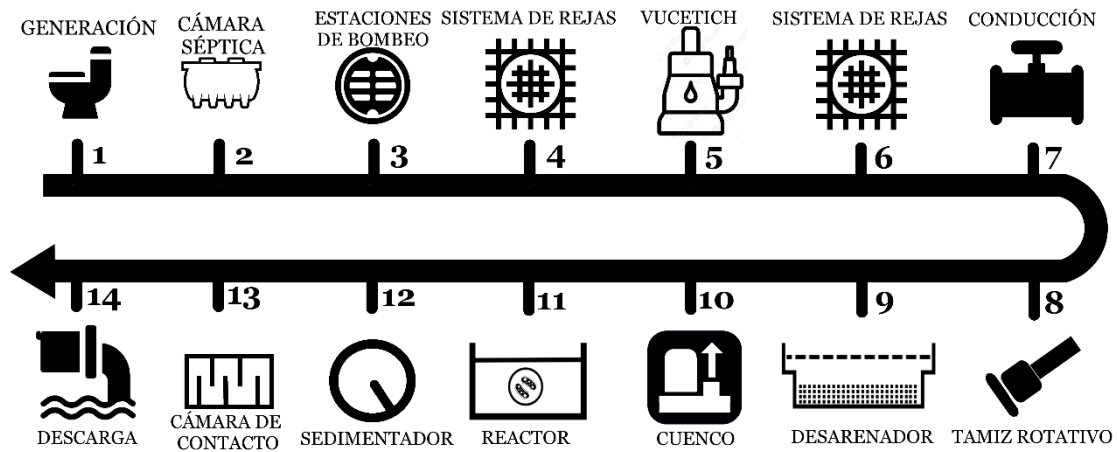
**Figura 1:** Bombeo desde estación Vucetich a Planta y Sistema lagunar.

Actualmente trabajan una totalidad de 13 personas con la siguiente distribución:

- 4 personas operadoras en tres turnos diarios (6 a 14, 14 a 22 y 22 a 6 hrs.);
- 3 personas en mantenimiento para estaciones de bombeo y lagunas en un turno diario fijo (7 a 14 hrs. con guardias pasivas);
- 4 personas en mantenimiento interno en un turno diario fijo (7 a 14 hrs. con guardias pasivas);
- 1 persona encargada de laboratorio en un turno diario fijo (6 a 13 hrs.);
- 1 persona jefe/encargado general en un turno diario fijo (7 a 14 hrs.) y;
- 1 capataz (se encuentra también en mantenimiento).

### **3.2. Sistema de colección y Planta de Lodos Activados**

La **Figura 2** muestra el diagrama de flujo desde la generación del líquido cloacal hasta su disposición final basándose en la planta de lodos activados. A su vez, se explicará brevemente cada etapa.

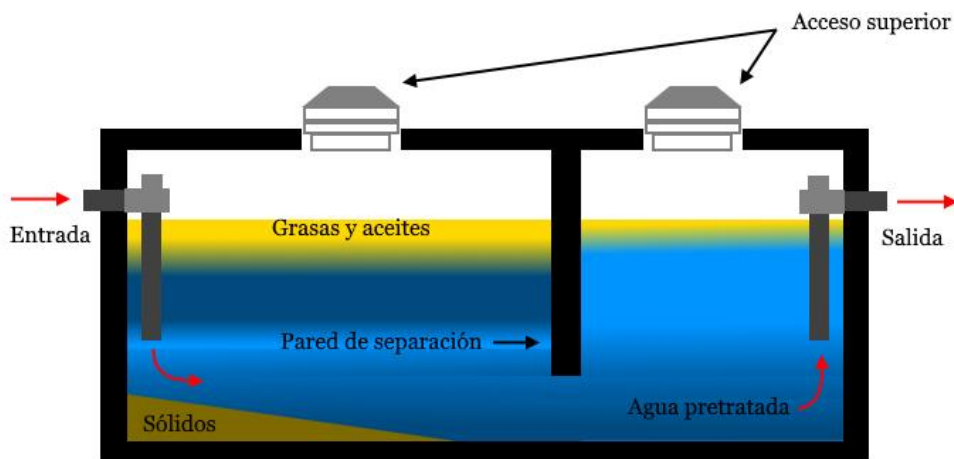


**Figura 2:** Diagrama de flujo. Sistema de depuración con tecnología de lodos activados.

### Generación y Cámara séptica (1-2)

Según datos otorgados por la Cooperativa, aproximadamente el 85% del consumo de agua potable es transformado en agua residual. Las AR domésticas pueden clasificarse en aguas negras, refiriendo a las provenientes de inodoros y urinarios (predominancia de carga orgánica y patógena); y aguas grises, de grifos, lavado de ropa, duchas, etc. (predominancia de compuestos polifosfatados como detergentes).

Como se mencionó anteriormente, Rawson cuenta con una ordenanza donde se exige la incorporación obligatoria a la red cloacal si el domicilio es frentista, a su vez sugiere la incorporación de una cámara séptica como tratamiento previo al sistema de conducción. La **Figura 3** representa el funcionamiento de una cámara séptica tipo.



**Figura 3:** Cámara séptica tipo. Esquema extraído de “Desagotes Córdoba”, modificado.

### **Sistema de colección de líquido cloacal (3-5)**

La ciudad cuenta con nueve estaciones de bombeo en la ciudad de Rawson (Barrio Hunt, Grl. Valle, San Pablo, El Puente, San Ramón, G. Mayo Norte, G. Mayo Sur, Tiro Federal y la receptora principal Vucetich). En caso de cortes del suministro eléctrico la estación Vucetich tienen grupos generadores con transferencia automática (inician instantáneamente luego del corte de suministro energético), las restantes cuentan con almacenamiento en sus cuencos y cañerías que dan cierta capacidad de respuesta ante estos eventos (en última instancia poseen cañerías fusibles o by passes al Río Chubut). Actualmente, el líquido procedente de camiones atmosféricos, que se vertía en la planta a través de un ingreso anexo, es dirigido hacia el basural de la ciudad. Otro dato de relevancia es que el 85% de la población de Rawson está conectada a la cloaca.

El sistema de conducción entre las 8 estaciones de bombeo envía el caudal a la estación Vucetich (**Anexo II-Foto 1-4**), esta última es la estación principal, recibiendo la totalidad del caudal y bombeando finalmente el afluente a la planta. Esta estación, a diferencia de todas las otras, tiene un cuenco de mayores dimensiones y tres electrobombas sumergibles con una capacidad de bombeo de 122 L/s y potencia de 22,4 kW. El funcionamiento es alternado y con sensores de nivel tipo pera. A continuación, se describe brevemente el transporte del líquido cloacal.

La estación **Gregorio Mayo Sur** bombea hacia una cámara ubicada en las calles Roberto Davies y Santiago del Estero, luego mediante gravedad, el líquido se dirige hacia la estación **Gregorio Mayo Norte** ubicada en las calles San Juan y Roberto Davies; esta última impulsa el afluente hasta una cámara (Almirante Brown y Avda. Vucetich) y por gravedad hacia la estación de bombeo **Vucetich**.

La estación del barrio **San Pablo** que se encuentra en la Avenida Independencia y Alejandro Maiz, impulsa el afluente hacia una cámara ubicada en las calles Manuel Quintana y Alejandro Maiz, a partir de ahí el transporte del líquido es por gravedad hasta la estación **Vucetich**.

La estación **General Valle** (ubicada en Fuerte San José) impulsa el agua residual hasta la cámara ubicada en las calles Pedro Martínez y Julio A. Roca, luego por gravedad a la estación **Vucetich**.

La estación de bombeo **San Ramón** está ubicada en las calles Juan Bautista Alberdi y General Manuel Belgrano que impulsa el líquido cloacal hasta la cámara (Don Bosco y Mariano Moreno), para seguir su trayecto mediante gravedad hasta la estación **Vucetich**.

La estación **El Puente**, ubicada en la calle España, impulsa hacia la cámara (calle Ayacucho) para luego, mediante gravedad, el líquido sea dirigido hacia la estación de bombeo **Hunt**.





**Figura 5:** Tamices rotativos. Sistema preliminar.

El líquido tamizado se dirige a continuación al desarenador (**Figura 6**), para retener la mayor cantidad de arena ya que la misma compromete el buen funcionamiento del sistema. Existen dos desarenadores rectangulares de iguales dimensiones, los mismos poseen un ancho de 1,25 m; una longitud de 5 m y un tirante hidráulico de 0,13 m. La separación es por gravedad y el sedimento se dirige a tolvas para ser almacenado en un contenedor, permitiendo su retiro intermitente.

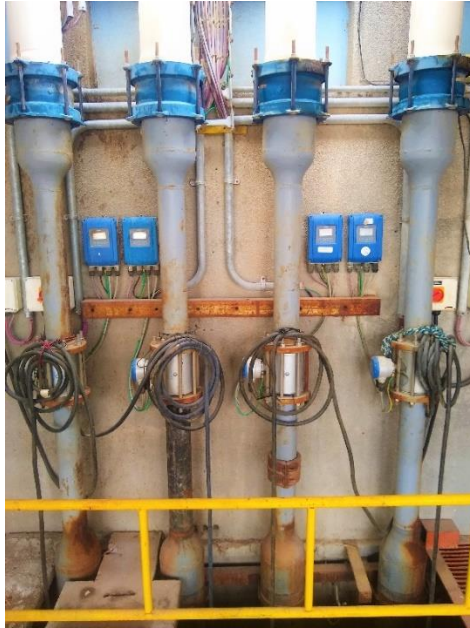


**Figura 6:** Desarenador. Sistema preliminar.

Los tamices en combinación con los desarenadores permiten la eliminación de partículas sedimentables y flotantes; promueven la remoción de sólidos, grasas y aceites, evitando que las mismas lleguen al tratamiento biológico. Cabe aclarar que, en estas etapas, se generan sólidos de carácter primario que son retirados y dispuestos según lo indicado por el municipio.

### **Cuenco de arribo (10)**

Luego de concluir el tratamiento preliminar, el líquido a tratar pasa a la siguiente etapa que consta de un cuenco de arribo (**Figura 7**). En este sitio se encuentran cuatro electrobombas elevadoras que impulsan el líquido a la cámara partidora, donde se divide el caudal en partes iguales para los reactores A y B respectivamente. Cabe aclarar que las cuatro bombas tienen un funcionamiento alternado como el resto del sistema, son capaces de detectar nivel alto, medio y bajo.



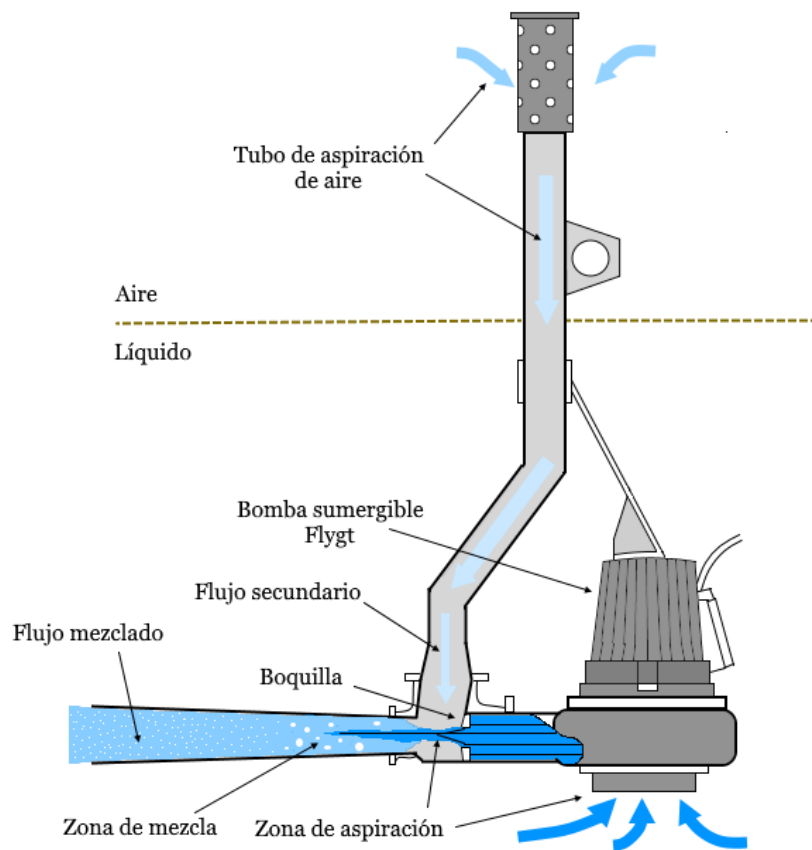
**Figura 7:** Cuenco de arriba.

## **Reactores (11)**

Como se mencionó anteriormente, la cámara distribuye el caudal en los reactores en partes iguales (**Figura 8**). Los reactores aerobios tienen un desarrollo superficial de  $378 \text{ m}^2$ , con forma rectangular, presentando 18 m de ancho y 21 m de largo, con un volumen total de  $1285,2 \text{ m}^3$ . En esta etapa ocurre la estabilización de la materia orgánica ya que en estas unidades se encuentra el lodo microbiológico que, junto con el agua residual, serán mezclados y aireados gracias a los dispositivos aireadores FloGet (**Figura 9**). Otra función de la aireación, no menos importante, es la suspensión de los sólidos, evitando la sedimentación de los mismos. En la **Figura 10** se representa un flujo generalizado de ambos reactores.

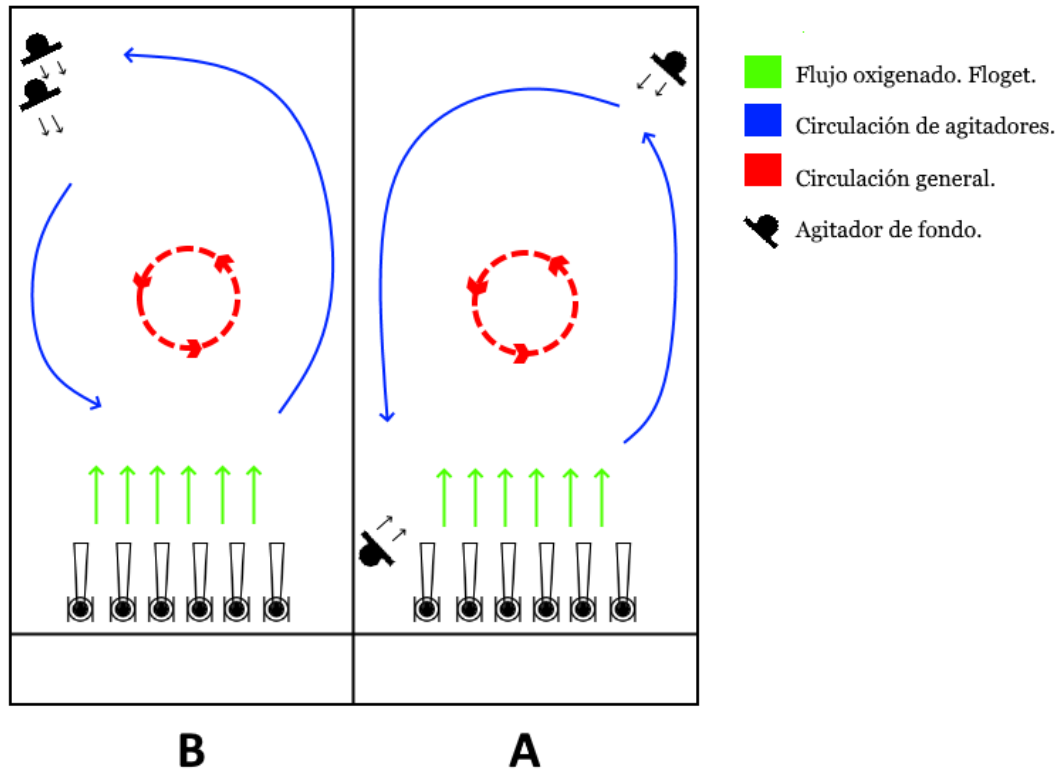


**Figura 8:** Reactor biológico.



**Figura 9:** Dispositivos aireadores FloGet. Manual Flygt. Esquema modificado.

Los microorganismos del lodo, en presencia de oxígeno, utilizarán la materia orgánica del agua residual para formar compuestos inorgánicos y material celular. La producción final es una nueva cantidad de lodo, compuesto por materia orgánica susceptible de descomposición (células) y compuestos inorgánicos.



**Figura 10:** Esquema general de circulación en reactores biológicos. Elaboración propia.

En cada reactor se encuentran instalados cuatro aireadores tipo FloGet marca Flygt modelo 117-135 con una potencia de 13.5 kW, tres aireadores de la misma marca y modelo JA 117-S5-3153-431 de la misma potencia; y dos agitadores de fondo marca Flygt modelo 4650.410 con potencia 6,7 HP. El funcionamiento en conjunto asegura una mezcla completa. El total de oxígeno incorporado es de aproximadamente 112 Kg O<sub>2</sub>/hora.

### **Sedimentadores (12)**

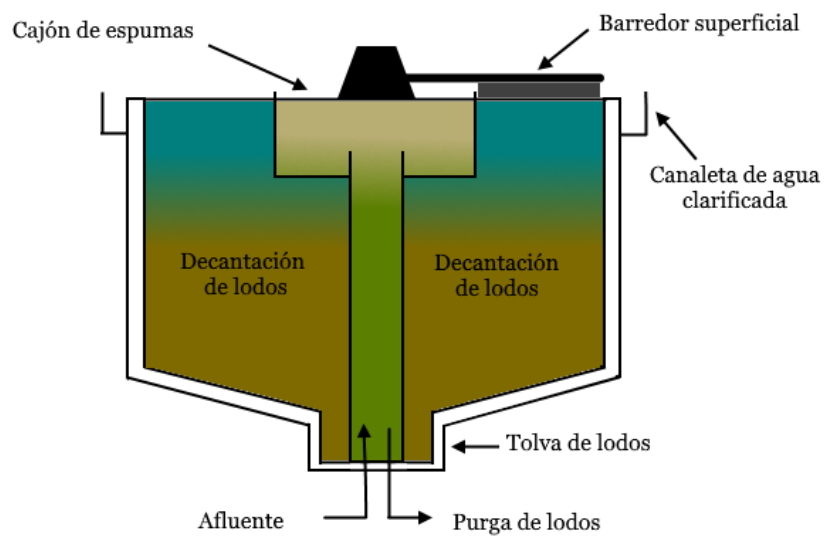
Una vez que el proceso de degradación de la materia orgánica ha concluido en los reactores, el licor mezcla pasa por una tubería de PCVC DN 500 mm hacia los sedimentadores secundarios, por medio de una columna central dado a la diferencia de nivel. En estos últimos, el objetivo es separar los sólidos biológicos (flocs) del efluente clarificado, y concentrar los sólidos sedimentados en una tolva interna para luego ser

recirculados o extraídos del sistema para posterior tratamiento en la línea de fangos, según la necesidad del momento.

Esta estructura posee un barredor superficial que gira a una velocidad constante (3 vueltas/hora) recolectando aquellos sólidos que no sedimentan (flotantes). El agua superficial, ya clarificada, se dirige a las canaletas perimetrales y a continuación a la cámara de contacto para su desinfección. En la **Figura 11** y **Figura 12** se pueden observar las unidades mencionadas.



**Figura 11:** Sedimentador secundario.



**Figura 12:** Sedimentador secundario tipo. Esquema propio.

Una cámara de aireación (reactor A) trabaja con los sedimentadores A y B, siendo la superficie de cada unidad de  $113,09 \text{ m}^2$  y un volumen de  $282,74 \text{ m}^3$ . El reactor B funciona con el sedimentador C de área  $226,9 \text{ m}^2$  y un volumen de  $703,3 \text{ m}^3$ . El régimen de funcionamiento es de 24 horas diarias.

En cuanto a la recirculación (RAS), se encuentran instaladas dos bombas sumergibles marca Grundfos y de acuerdo a la calidad del lodo se regula el caudal a recircular en el sistema.

### **Cámara de contacto (13)**

El agua ya clarificada será derivada hacia la cámara de contacto (**Figura 13**) donde ocurrirá una mezcla completa entre el fluido y la inyección de gas cloro durante un tiempo adecuado para la desinfección y eliminación de microorganismos que puedan ocasionar algún riesgo en el ecosistema y/o salud. El tiempo de retención hidráulico del efluente varía entre los 25 y 30 minutos. Cada cámara presenta una longitud de 5 m y un ancho de 0,7 m respectivamente.

Se verifica la presencia de cloro residual a través de un comparador colorimétrico HACH y el valor debe oscilar entre 0,2 y 0,4 ppm.



**Figura 13:** Cámara de contacto.

Como se mencionó anteriormente la desinfección se realiza a través de cloro gaseoso, el cual es dosificado a partir de cilindros de 1000 kg (**Figura 14**), permitiendo inyectar hasta 2 kg/h de gas. El punto de inyección se encuentra en la cámara previa al ingreso de la cámara de contacto.



**Figura 14:** Tubo de gas cloro. Sala de cloración.

### **Descarga (14)**

El efluente ya sometido a desinfección por cloro es conducido a través de una cañería al cauce final de Río Chubut, la capacidad autodepuradora del cuerpo hídrico terminará de degradar biológicamente el efluente. La **Figura 15** muestra la salida del efluente previamente desinfectado.



**Figura 15:** Salida de efluente desinfectado.

## Estabilización de lodos

### Digestor

Consiste en una etapa del tratamiento de la línea de barros, complementaria del tratamiento del efluente líquido. Los digestores reciben aquel excedente de lodo que supere los valores de diseño y consecuentemente, serán purgados en este.

La digestión (aeróbica) es un proceso aeróbico que tiene como objetivo degradar la materia orgánica celular a través de la incorporación de oxígeno de manera mecánica.

El digestor, con un tiempo de digestión de 10 a 12 días a una temperatura de 20°C, recibe un aporte medio de 62,9 m<sup>3</sup>/día de lodos de purga. Su capacidad es de 771,38 m<sup>3</sup>. La demanda de oxígeno, según diseño, es de 239,24 kg O<sub>2</sub>/día y es aportado por 4 aireadores rápidos marca Tornado modelo Class 1. También, funcionan dos agitadores marca Grundfos. En la **Figura 16** se aprecia el digestor.



**Figura 16:** Digestor aeróbico.

### Espesador

El objetivo principal del espesado es la reducción de volumen de lodo a manipular en la etapa siguiente de deshidratado. El lodo proveniente del digestor aeróbico posee un 0,5% de sólidos y mediante el espesado se intenta que el valor aumente a 4-5% aproximadamente.

El espesado se lleva a cabo por gravedad, donde los lodos que llegan a la unidad se encuentran con una pantalla de aquietamiento ocasionando una disminución de velocidad del flujo y eliminando turbulencias. El líquido es obligado a descender para posteriormente desplazarse hacia el exterior del tanque donde desaguan a un canal periférico. Los lodos, depositados en el fondo, son barridos por un barredor de fondo hacia una fosa donde son recogidos y posteriormente bombeados hasta la unidad de

filtrado mediante dos bombas tornillo marca Bornemann modelo ELH 236. La **Figura 17** muestra el espesador.



**Figura 17:** Espesador.

## **Deshidratador**

El lodo espesado y previamente floculado mediante inyección de polielectrolito catiónico (el cual es preparado en un tanque auxiliar) inicia el proceso de deshidratación mediante drenaje por gravedad a través de una banda filtrante que recorre la prensa horizontalmente.

A continuación, es atrapado por dos bandas de presión, primero a través de una zona de cuña, posteriormente por medio de dos placas de deshidratación estática de muy baja presión construidas con malla curva de ranura continua, luego por arriba y por debajo de dos cilindros de ranura continua de media presión, y finalmente por cilindros de alta presión. Se logra finalmente una torta deshidratada cuya descarga se realiza por medio de cuchillas cercanas a las bandas. Cada banda es lavada luego con agua tibia a alta presión antes de retornar a su posición original en la prensa. El agua de lavado y filtrado es recolectada y conducida nuevamente al sistema de tratamiento.

El lodo deshidratado es cargado en carros y llevados a disposición final. La **Figura 18** muestra el filtro de bandas.



**Figura 18:** Filtro de bandas.

### **Playones o lechos de secado**

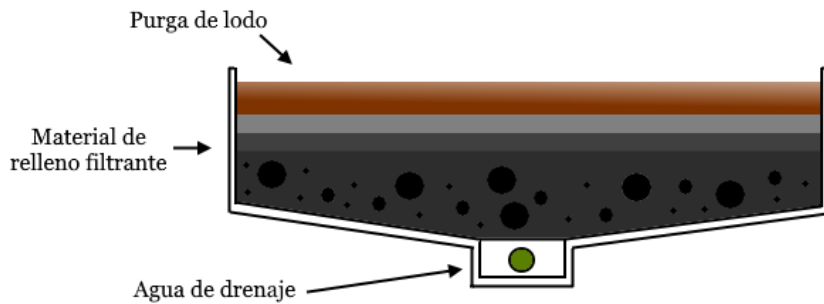
Según la Resolución Nacional 410/18 MAyDS, los playones de secado son camas de arenas o celdas con una superficie pavimentada (o no), donde se colocan los lodos secundarios del proceso, fomentando el secado de este.

Estos lechos, están constituidos por capas de diferentes gravimetrías para facilitar el escurrimiento del lixiviado del lodo previamente estabilizado en digestores. El líquido drenado, que debería retornar a la línea de aguas para su tratamiento, es derivado directamente a la línea de descarga (**Figura 19**).



**Figura 19:** Playón de secado.

El operador de turno retira el barro seco en el momento adecuado para que el playón esté disponible nuevamente. La **Figura 20** expone un esquema de un lecho de secado tipo.



**Figura 20:** Playón de secado tipo. Esquema propio.

### 3.3. Sistema de colección y Tratamiento Lagunar Rawson

El sistema lagunar de la ciudad de Rawson consta de una laguna facultativa primaria, dado que es el primer estanque que recibe el afluente pretratado en la planta, y a continuación una laguna de maduración.

El esquema representado en la **Figura 21** muestra nuevamente un diagrama de flujo desde la generación de agua residual hasta su disposición final. Las etapas 1 a 9 son las mismas explicadas en el tratamiento por tecnología de lodos activados. No obstante, las etapas 10 a 14 son propias del sistema lagunar, por lo que se procederá a explicar estas últimas.

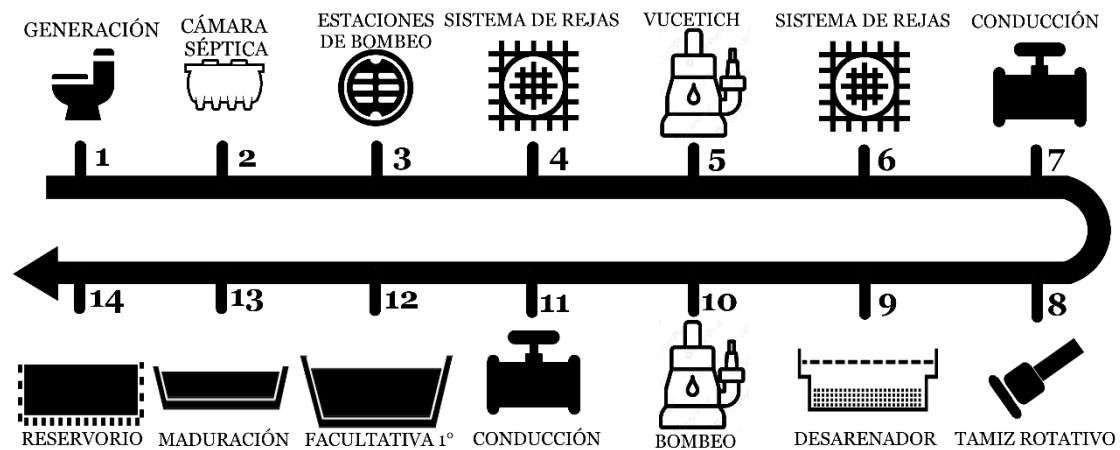


Figura 21: Diagrama de flujo. Sistema de depuración mediante lagunas.

### Bombeo y conducción (10-11)

Luego del tratamiento preliminar realizado en planta, una bomba y un sistema de cañerías se encargan de transportar el afluente hacia la laguna facultativa primaria, donde sucederá un tratamiento primario y secundario biológico.

### Laguna facultativa primaria (12)

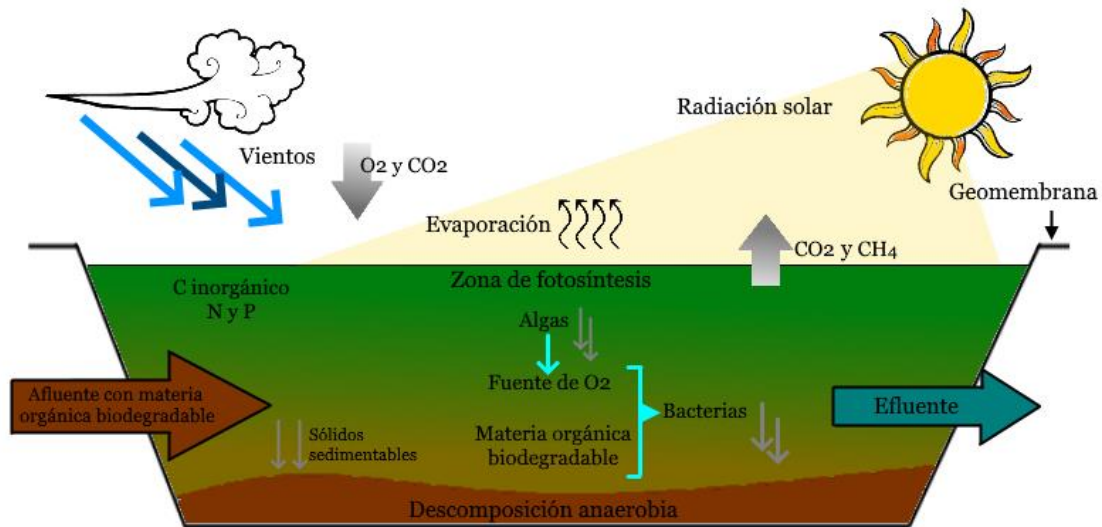
El principal objetivo de una laguna facultativa es remover mediante procesos bioquímicos la carga orgánica que caracteriza al agua residual cloacal y los sólidos suspendidos, aunque también, se le pueden atribuir otros roles como la disminución de patógenos. El afluente pretratado ingresará por uno de los extremos de la laguna y saldrá, por el contrario. Según el Informe Ambiental del Proyecto (IAP) las dimensiones de la laguna son de  $W=175$  m;  $L=350$  m y  $h=1,8$  m; dando un tiempo de retención de 53 días.

En ella, el proceso de degradación se lleva a cabo en tres etapas. En el fondo de la laguna existen condiciones anaerobias que generan biogás y que producen un ligero mezclado. La etapa intermedia la llevan a cabo microorganismos facultativos y representa la etapa de transición entre las condiciones anaerobias y aerobias. La tercera etapa corresponde a la zona aerobia.

En la superficie se lleva a cabo la fase aerobia. La presencia de oxígeno en este estrato de las aguas de la laguna se genera a partir de la acción de las algas que en la misma se desarrollan y que utilizan como fuente de energía la luz solar en el estanque, proveyéndole al agua una coloración verde oscuro brillante (alta concentración de OD y pH) y la ausencia de malos olores.<sup>4</sup> Asimismo, la acción del viento y el contacto de la superficie del agua con la atmósfera son los responsables, también, de una importante proporción de la oxigenación total del agua de este estrato lagunar.

<sup>4</sup> CONAGUA, 2015 (ver bibliografía).

Para que el funcionamiento de la laguna se considere óptimo, el agua residual deberá presentar una tonalidad verde oscuro y ausencia de olores. En la **Figura 22** se muestra mediante un esquema el funcionamiento de una laguna facultativa.



**Figura 22:** Laguna facultativa primaria. Esquema propio.

### Laguna de maduración (13)

Una vez que el afluente ha disminuido considerablemente su carga orgánica, pasará hacia la laguna de maduración, donde el principal objetivo será la remoción de nutrientes y patógenos.

Las lagunas de maduración, en comparación a las facultativas, poseen dimensiones menores siendo las mismas  $W=77$  m;  $L=231$  m y  $h=1,2$  m. Deben garantizar el proceso aeróbico por medio de las algas y su tiempo de retención, según el IAP, es de 10 días.

### Reservorio (14)

El reservorio es una excavación sin impermeabilización con el objetivo de almacenar el agua residual ya tratada (efluente) salida de la laguna de maduración para utilizarla cuando se requiera. Su contenido se utiliza para riego perimetral del estaqueado y arboleda en crecimiento. A su vez, los procesos de infiltración y evaporación actúan sobre el cuerpo de agua. Cabe aclarar que este último no estaba contemplado en el proyecto (**Anexo II- Foto 17**).

#### 4. Cumplimiento de los objetivos propuestos

Los datos generados mediante las determinaciones fueron tabulados en planillas Excel sistematizadas, diferenciadas por tipo de sistema de depuración y tipo de determinación. A su vez, se realizó la sistematización de gráficos para visualizar patrones a lo largo del tiempo.

La revisión del decreto provincial 1540/16 y del IAP del “Sistema Lagunar Rawson” fueron documentos necesarios para la elaboración de un plan de monitoreo ambiental del sistema. En el **Anexo I** se presenta el plan de monitoreo ambiental resultante, el cual se elevó a las autoridades de la empresa.

Se realizaron modificaciones en los procedimientos seguidos para las determinaciones analíticas con base en métodos estandarizados, ajustando la temperatura y tiempo de secado, el enjuague y el lavado de los materiales de laboratorio. Asimismo, se implementó un cronograma diario de carácter tentativo sobre las tareas a realizar durante la jornada.

Las revisiones diarias de propiedades organolépticas (color y olor) en los reactores y en los sistemas lagunares fueron realizadas con el objetivo de corroborar de manera rápida el funcionamiento de los sistemas de depuración. Esto permitió advertir al personal de planta para que puedan realizar determinadas maniobras operativas en caso de ser necesario.

Se realizaron actividades referidas a logística y búsqueda de presupuestos de bombas, repuestos, destilador, filtros, entre otros, con elaboración y presentación de notas a autoridades superiores. También, se reacomodó bibliografía presente en planta clasificando los manuales operativos para una rápida disponibilidad.

La revisión del vacío o presión negativa ejercida por el sistema de aireación en planta también fue verificado semanalmente a fin de evidenciar el estado de las bombas responsables de mantener oxigenado y mezclado el licor mezcla en las unidades de depuración. La **Figura 23** muestra el procedimiento de medición de vacío, se utiliza un manómetro conectado a un tubo y sopapa, el elemento de medición posee una llave de cierre y apertura que permite realizar el vacío y registrar el dato con el movimiento de la aguja.

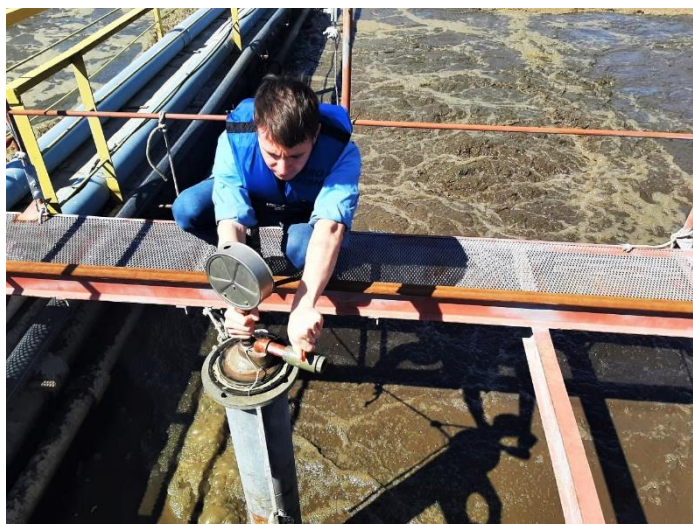


Figura 23: Medición de vacío. Planta.

## 4.1. Muestreo y determinaciones químicas, físicas y biológicas

### 4.1.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para que se produzca la oxidación bioquímica de la materia orgánica contenida en un líquido. Esta oxidación es llevada a cabo por microorganismos presentes en el mismo a través de procesos metabólicos como la respiración.

La determinación de este parámetro permite estimar los efectos de las descargas de efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores, porque brinda una idea de la cantidad de oxígeno disuelto que deberá aportar el cuerpo receptor para depurar el vuelco.

El método respirométrico para la determinación de la DBO se basa en medir el consumo de oxígeno, o la producción de  $\text{CO}_2$ , en una botella respirométrica. Este objetivo se logra entre otras formas (método manométrico) midiendo la variación de la presión en la botella, mediante un manómetro lo suficientemente sensible. Otros métodos respirométricos propiamente dichos miden la producción dentro de la botella de  $\text{CO}_2$  u otros gases como metano, sulfuro de hidrógeno, etc.

En el método manométrico, se mide el vacío creado por el consumo de oxígeno causado por la muestra. Para esto, se requiere absorber el  $\text{CO}_2$  formado de alguna manera. De lo contrario no habría cambio de presión en las botellas ya que el volumen de  $\text{CO}_2$  producido podría ser igual o casi igual al volumen de oxígeno consumido. La absorción del  $\text{CO}_2$  puede hacerse de varias maneras: a) Adecuando el poder buffer de la solución en ensayo para absorber la totalidad del  $\text{CO}_2$ , en forma de Bicarbonato disuelto

en el líquido, y b) Absorbiendo el CO<sub>2</sub> mediante algún hidróxido alcalino en un recipiente apropiado en contacto con la fase gaseosa de la botella<sup>5</sup>.

### **Ensayo de DBO<sub>5</sub>**

El parámetro DBO<sub>5</sub> es utilizado universalmente para determinar los niveles de contaminación orgánica biodegradable. A su vez, permite evaluar la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales y es uno de los principales parámetros para tener en cuenta a la hora de diseñar.

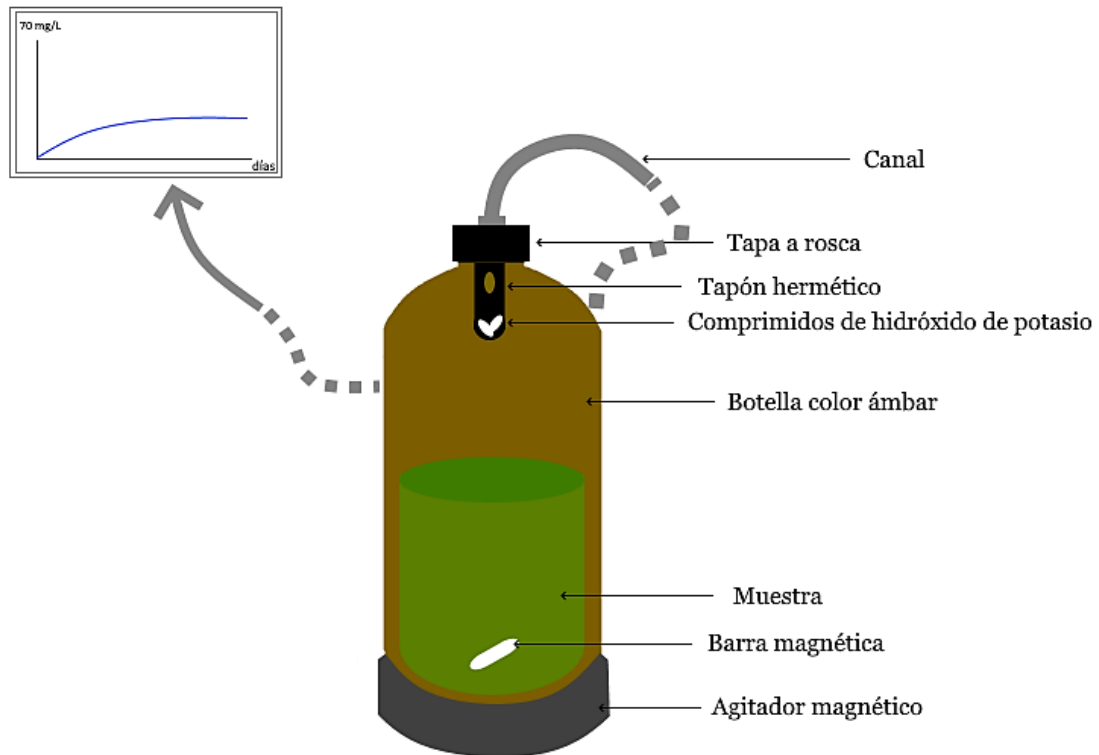
Se realizaron ensayos mensualmente en la planta de lodos activados y en los sistemas lagunares a través del método respirométrico.

El instrumento utilizado, mide la cantidad de oxígeno consumido por bacterias que oxidan la materia orgánica en una muestra de agua, ubicadas en botellas de vidrio color ámbar. La pérdida de oxígeno produce una caída de presión en las botellas, esta caída se correlaciona directamente con la DBO.

Durante el período de prueba seis barras magnéticas agitan las muestras y causan que el oxígeno entre en contacto con ellas, lo que ayuda a simular las condiciones naturales. Los cambios de la presión del sistema cerrado se muestran gráficamente en *mg/L* en la pantalla. La **Figura 24** exhibe un esquema de una de las botellas del bioensayo.

---

<sup>5</sup> Angulo, 2012 (ver bibliografía).



**Figura 24:** Botellas de bioensayo DBO. Esquema propio.

## Materiales y métodos

Se usó el proceso simplificado recomendado por el manual HACH ya que no es necesaria la inoculación de muestras, agregado de nutrientes extras o buffers. Para el ensayo se requirió lo expuesto en la **Tabla 1**.

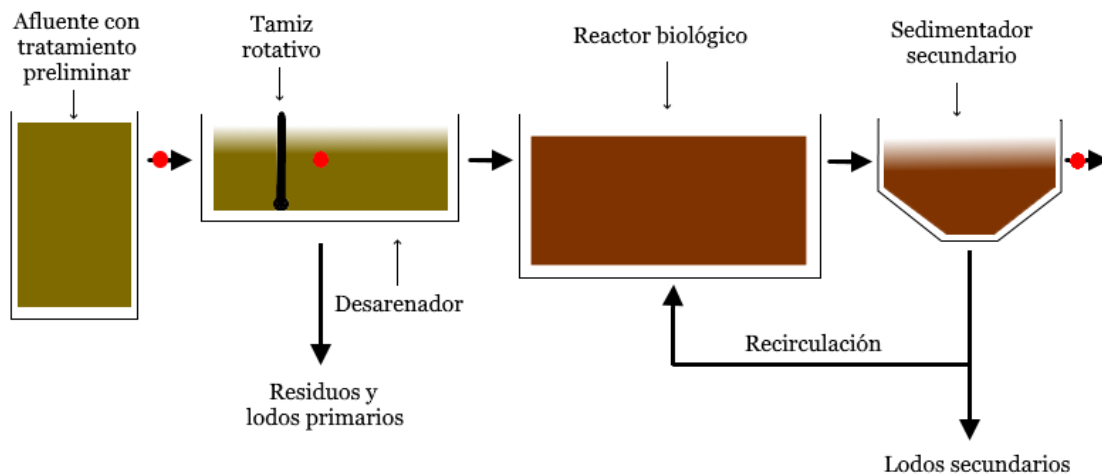
Inventario
Incubadora (heladera)
Instrumento HACH BOD Track II
Botellas ámbar
Termómetro
Licudadora
Probeta graduada
Barras agitadoras
Espátula
Tapones herméticos
Dos comprimidos de hidróxido de potasio por botella

**Tabla 1:** Inventario necesario para el bioensayo DBO.

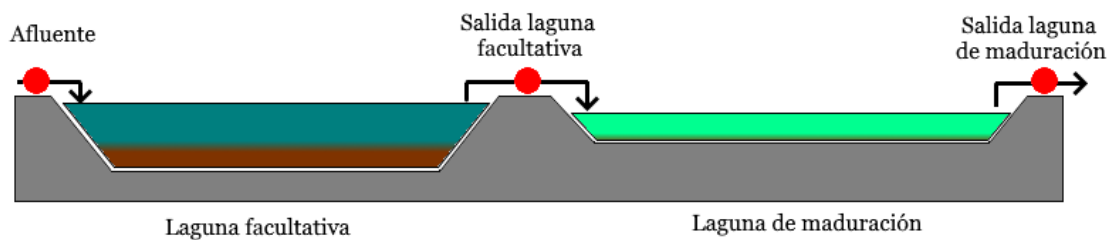
## Procedimiento seguido

### Toma de muestras:

Se procedió a tomar las muestras en las diferentes etapas de tratamiento, la **Figura 25** y la **Figura 26**, representan los puntos de muestreo dentro de la planta y el sistema lagunar Rawson.



**Figura 25:** Esquema de puntos de muestreo para DBO. Planta.



**Figura 26:** Esquema de puntos de muestreo para DBO. Sistema lagunar Rawson.

Independientemente de que sistema se haya analizado en el momento, las muestras son dirigidas al laboratorio, donde comienzan a templarse a temperatura ambiente mientras se preparan los implementos y equipamiento necesario. La muestra no requiere refrigeración debido al corto tiempo de transporte, variando entre los 20 y 30 minutos.

### Preparación de la muestra:

Las muestras, previamente licuadas como lo sugiere el manual HACH BOD Track II-método simplificado, son vertidas en una probeta graduada con la cantidad indicada, según el rango que se sugiera escoger (**Figura 27**). Cada vez que se cambie de muestra, la licuadora y las probetas deben ser lavadas correctamente para evitar contaminación. Se recomienda comenzar por las muestras que, por consecuencia de la etapa de tratamiento, tengan menor carga orgánica.

## 5.2 Procedimiento simplificado

### Materiales necesarios:

Botella de BODTrack II
Termómetro
Licuadora (opcional)
Probeta graduada

### Reactivos necesarios:

1 sobre con solución tampón de nutrientes
---

Tabla 4 Volúmenes de muestra simplificados

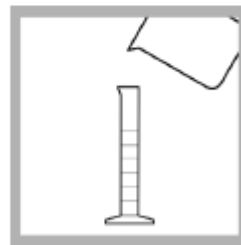
Escala de medición de DBO en mg/L	Volumen de la muestra en ml
0 a 35	420
0 a 70	355
0 a 350	160
0 a 700	95



1. Caliente o enfríe la muestra entre 19 y 21 °C (66 °F a 70 °F).



2. Homogenice la muestra en la licuadora si es que contiene una gran cantidad de sólidos en suspensión o sedimentables.



3. Elija el tamaño correcto de la escala para el tamaño de su muestra (Tabla 4). Mida la muestra en una probeta graduada.

Figura 27: Procedimiento simplificado HACH.

A continuación, se trasvasan las mismas en botellas color ámbar y se agrega una barra magnética a cada una, para luego, colocar tapones herméticos en los cuellos de las botellas.

Se debe agregar, por cada botella utilizada, dos comprimidos de hidróxido de potasio en el tapón hermético, esto permitirá la eliminación del dióxido de carbono generado por los microorganismos durante el bioensayo.

Se prosigue a conectar las botellas al instrumento y llevar el mismo a la incubadora, a 20°C.

#### **Programación del ensayo:**

Finalmente se escoge la cantidad de días (en este caso, cinco) y el rango en cada uno de los canales, con la tecla ON se da por comenzado el bioensayo.

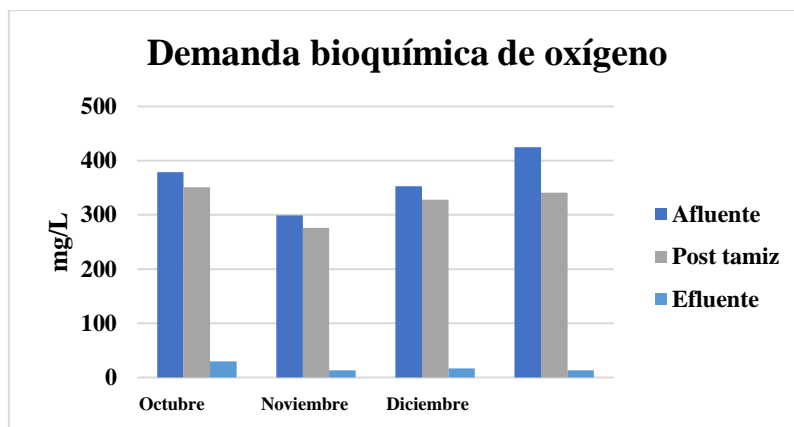
#### **Resultados**

##### **Planta de lodos activados**

La **Tabla 2** y el **Gráfico 3** muestran los resultados del bioensayo DBO<sub>5</sub> en planta correspondientes al mes de octubre, noviembre y diciembre del 2021. La eficiencia media de remoción del tratamiento preliminar es de 10,5%. En promedio, el efluente tiene una demanda de oxígeno de 18,25 mg/L y la eficiencia de remoción resultó ser del 95%.

2021	mg/L			% Remoción (Prelim.)	% Remoción (η)
Mes	Afluente	Tratamiento preliminar	Efluente		
<b>OCTUBRE</b>	379	351	30	7	92
<b>NOVIEMBRE</b>	299	276	13	8	96
<b>DICIEMBRE</b>	353	328	17	7	95
	425	341	13	20	97

**Tabla 2:** Resultados de DBO<sub>5</sub>. Planta.



**Gráfico 3:** Demanda bioquímica de oxígeno. Planta.

La ecuación de factor de dilución entre el efluente y el cuerpo receptor hídrico permite determinar contra qué valor límite contrastar referido a DBO<sub>5</sub>. Según el decreto 1540/16 para un factor de dilución  $\geq 40:1$  corresponderá un valor  $\leq 45$  mg/L. A continuación, se presenta el cálculo con un caudal erogado por Hidroeléctrica Ameghino (Informe Octubre 2021- Calidad de Agua) de 28,76 m<sup>3</sup>/s y un caudal de vertido de 0,052 m<sup>3</sup>/s (Planta).

$$Fd = \frac{Q_{río} + Q_{descarga}}{Q_{descarga}} =$$

$$Fd = \frac{28,76 \text{ m}^3/\text{s} + 0,052 \text{ m}^3/\text{s}}{0,052 \text{ m}^3/\text{s}} =$$

$$Fd = 554,07$$

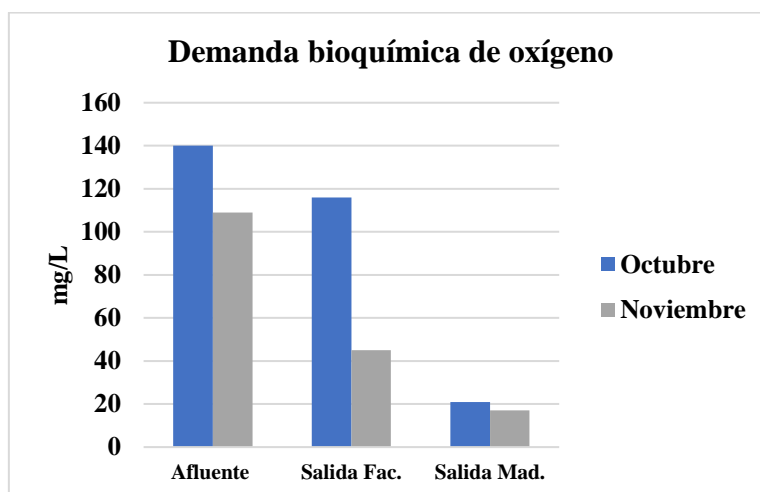
El Factor de dilución es de 554,07 (el efluente se diluye 554 veces en lugar de 40) por lo que se adopta como límite de vertido un valor de 45 mg/L de DBO<sub>5</sub>.

### Sistema lagunar Rawson

Los valores de remoción y resultados de DBO<sub>5</sub> en el sistema lagunar son expresados a continuación en la **Tabla 3** y **Gráfico 4**. Adquiriendo una eficiencia media de remoción de 84.5% según valores expresados.

2021	mg/L			% Remoción ( $\eta$ )
	Mes	Afluente	Salida Fac. Salida Mad.	
Octubre	140	116	21	85
Noviembre	109	45	17	84

**Tabla 3:** Resultados de DBO<sub>5</sub>. Sistema lagunar Rawson.



**Gráfico 4:** Demanda bioquímica de oxígeno. Sistema lagunar Rawson.

#### 4.1.2. Determinaciones de sólidos

Las determinaciones de sólidos juegan un rol importante en la planta de depuración con tecnología de lodos activados dado que indican la concentración de microorganismos responsables de la oxidación de la materia orgánica. A su vez, el correcto diseño de los reactores conlleva a un tratamiento eficiente, dando lugar a un efluente de calidad. Durante la Práctica Profesional estas determinaciones fueron realizadas únicamente en planta.

Se presenta un diagrama, donde se especifican los diferentes tipos de sólidos que se pueden determinar (**Figura 28**).

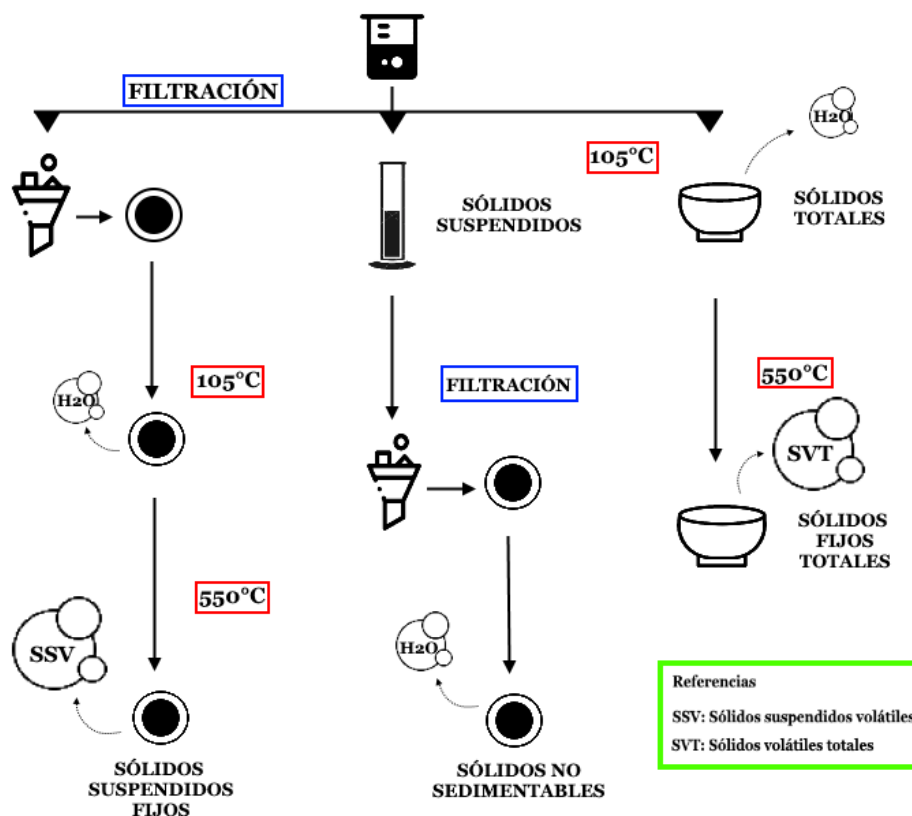


Figura 28: Determinaciones de sólidos posibles a realizar en un laboratorio. Esquema propio.

### Sólidos sedimentables



Figura 29: Probetas graduadas donde se realiza la determinación de sólidos sedimentables.

Los sólidos sedimentables representan, en una muestra tomada, el volumen de sólidos que decanta en un lapso determinado, el cual varía según los autores. Generalmente se suele usar sedimentación a los 10, a los 30, 60 y 120 minutos (Figura 29).

Su determinación se considera una de las formas de evaluar la planta depuradora y permite estimar la eficiencia de las unidades de sedimentación.

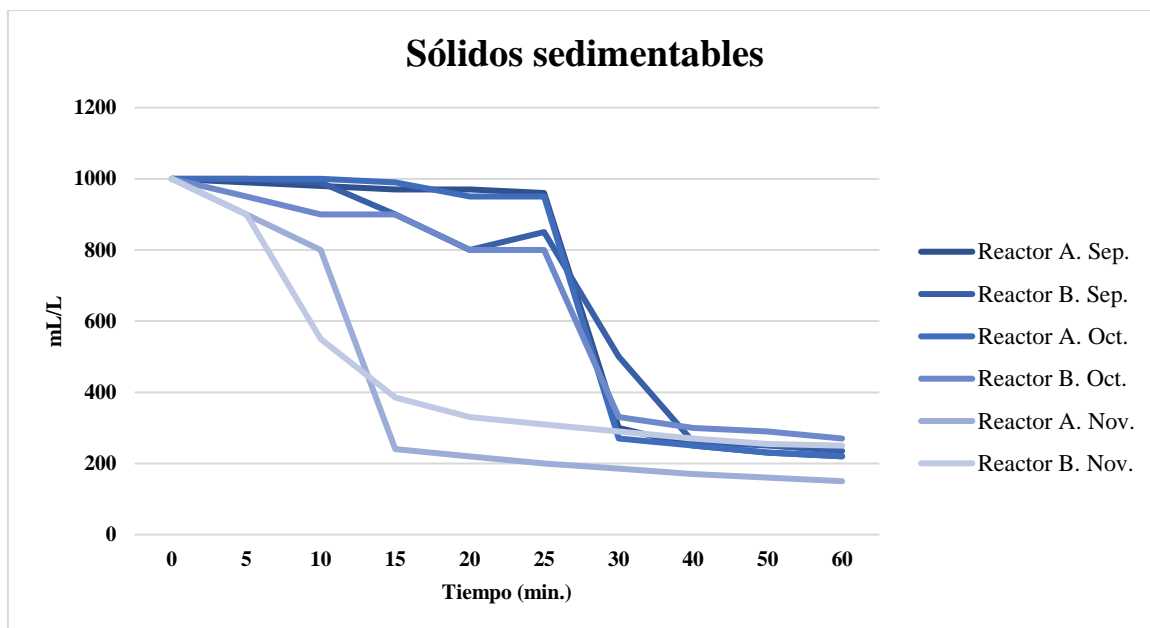
La determinación de los sólidos sedimentables se realiza en un cono Imhoff o una probeta graduada de una capacidad de 1000 mL.

La muestra, previamente homogeneizada, es vertida en el recipiente volumétrico, dejándose en reposo por una hora. En este lapso, se observará cada 5-10 minutos la sedimentación de ésta, anotando su respectivo valor, notando propiedades cualitativas como el color, presencia de espuma, turbiedad del clarificado, entre otras. Los resultados se expresan como volumen en volumen (V/V), es decir, mL/L.

A continuación, la **Tabla 4** y **Gráfico 5** representan los datos de las determinaciones correspondientes a los meses de septiembre, octubre y noviembre en los reactores A y B respectivamente. Los datos subrayados en rojo corresponden a los valores utilizados para estimar, mediante la ecuación, el índice volumétrico de lodos (IVL).

Tiempo	Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Reactor A Sólidos sed. (ml/L)	Reactor B Sólidos sed. (ml/L)	Reactor A Sólidos sed. (ml/L)	Reactor B Sólidos sed. (ml/L)	Reactor A Sólidos sed. (ml/L)	Reactor B Sólidos sed. (ml/L)
0	1000	1000	1000	1000	1000	1000
5	990	1000	1000	950	900	900
10	980	990	1000	900	800	550
15	970	900	990	900	240	385
20	970	800	950	800	220	330
25	960	850	950	800	200	310
30	<b>300</b>	<b>500</b>	<b>270</b>	<b>330</b>	<b>185</b>	<b>290</b>
40	250	260	250	300	170	270
50	230	250	230	290	160	255
60	220	235	220	270	150	250

**Tabla 4:** Valores correspondientes a Sólidos Sedimentables. Planta.



**Gráfico 5:** Sólidos sedimentables. Planta.

### Sólidos suspendidos totales

Los sólidos suspendidos totales de una muestra son aquellos que quedan retenidos en un filtro y que luego, son sometidos a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  en una estufa para despojarlos de la humedad.

Las determinaciones de estos sólidos permiten evidenciar la concentración actual de los reactores. Esto permitirá inferir la necesidad o no, de realizar ajustes de masa de lodos (purgas) y permanencia del líquido en las diferentes unidades del tratamiento para evitar un desbalance en el proceso de depuración.

La determinación analítica se basa en los principios gravimétricos, donde por una diferencia de peso y consecutivos cálculos, se obtiene la concentración de sólidos suspendidos totales o sólidos suspendidos del licor mezcla (SSLM).

### Procedimiento seguido

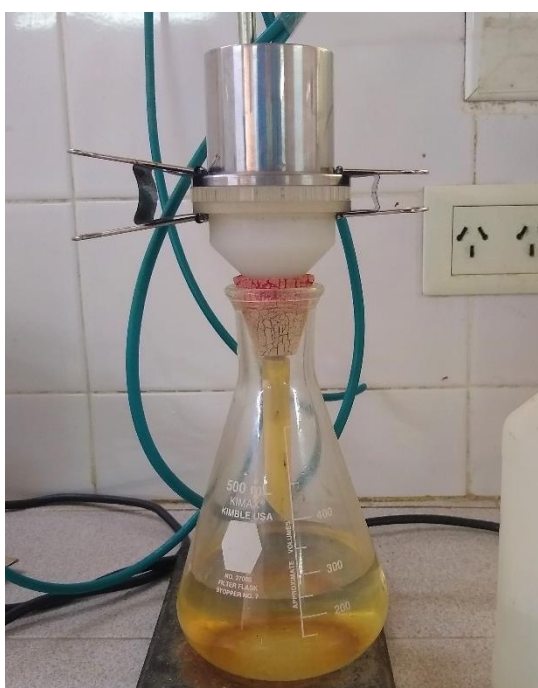
#### Preparación previa:

Un día antes a realizar el muestreo, se debe colocar el crisol a utilizar dentro de la estufa por aproximadamente 24 h.

Pasado el tiempo de secado en la estufa se llevará a un desecador hasta que el mismo llegue a una temperatura ambiente. Cabe aclarar que este traspaso se debe realizar momento antes del muestreo.

Una vez equilibrada la temperatura, se agregará al crisol un filtro de fibra de vidrio, a continuación, el recipiente con su filtro será pesado y registrado su valor como peso inicial.

Como paso final se colocará el filtro en el sistema de filtrado, compuesto por un recipiente, conductos y una bomba de vacío (**Figura 30**).



**Figura 30:** Sistema de filtrado.

#### **Toma de muestra:**

La muestra fue tomada en el reactor biológico, al momento de realizar la determinación, teniendo en cuenta los picos horarios y el lugar físico del muestreo.

#### **Preparación de la muestra:**

Una vez llevada al laboratorio se procedió a homogeneizarla y colocar 25 mL dentro del recipiente contenedor del filtro, el cual se encarga, junto con la bomba de vacío, de filtrar la muestra.

#### **Determinación propiamente dicha:**

Luego de la extracción del fluido, se saca el filtro de fibra, se dobla y pasa por los bordes del recipiente, asegurándose de extraer todo el contenido sólido remanente. Se

coloca en su respectivo crisol y se lleva a la estufa, previamente puesta a  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante una hora.

Pasado el tiempo de secado, se retira el crisol con el filtro y se coloca nuevamente en el desecador durante 20 minutos o hasta que el mismo tenga una temperatura ambiente. Se pesa en la balanza analítica y registra el valor como peso final. En caso de presentar variación en el peso, se repite el secado en estufa por 10 minutos y un enfriamiento por 20 minutos en el desecador, a continuación, se pesa otra vez.

### Cálculo de SSLM

Teniendo el peso inicial y final se procederá a realizar el cálculo correspondiente para llegar a un valor expresado en mg/L. A continuación, a modo de ejemplo, se muestran los mismos.

***Peso inicial: 37,8566 g***

***Peso final 37,9622 g***

***$\Delta\text{Peso} = 0,1056 \text{ g}$***

***$\frac{0,1056}{25\text{mL}} \cdot 1000 \text{ mL} =$***

***$4,224 \frac{\text{g}}{\text{L}} =$***

***4224 mg/L***

### Resultados

Los resultados de las determinaciones son expresados en la **Tabla 5** y **Gráfico 6**. Se puede observar que la concentración de sólidos es la óptima dado que la misma varía entre los 3000 y 5000 mg/L. Valores superiores a la concentración óptima son estabilizados mediante purgas de los barros recirculados en las hemiplantas.

Mes	Reactor A	Reactor B
	SST (mg/L)	SST (mg/L)
Septiembre	3040	4780
Octubre	3008	4224
Noviembre	3248	4112

**Tabla 5:** Valores correspondientes a las determinaciones de Sólidos Suspendidos Totales. Planta.

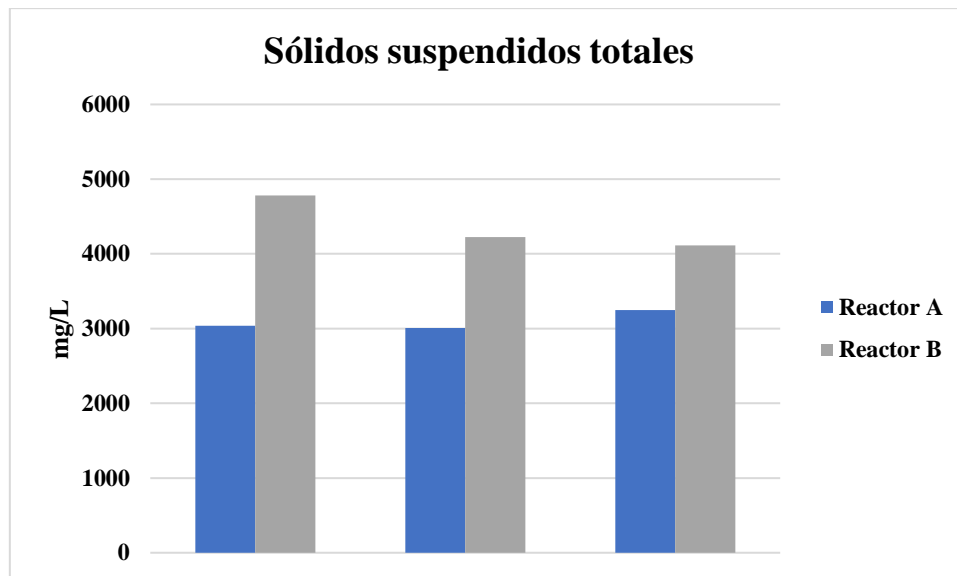


Gráfico 6: Sólidos suspendidos totales. Planta.

### Índice volumétrico de lodos

El índice volumétrico de lodos (IVL) se puede definir como el volumen en mililitros que ocupa 1 gramo de lodo luego de sedimentar por 30 minutos en un recipiente volumétrico.

Es útil para informar acerca de las características del lodo y, por consiguiente, poder controlar las diferentes unidades de tratamiento biológico.

El parámetro no es determinado, sino que es calculado a partir de la relación entre las determinaciones analíticas de sólidos sedimentables (SS) y las de sólidos suspendidos del licor mezcla (SSLM). La ecuación, contiene una equivalencia para conversión de unidades:

$$IVL = \frac{\text{Volúmen sedimentado } 30' \left(\frac{mL}{L}\right) \cdot 1000 \text{ mg/g}}{\text{Sólidos suspendidos del licor mezcla (mg/L)}}$$

### Valores generales indicativos

Los siguientes valores son de carácter general y fueron extraídos del Manual de Plantas Depuradoras<sup>6</sup>. Cabe aclarar que cada planta varía según el caudal y tipo de afluente a tratar, por lo que estos valores, son meramente teóricos.

<sup>6</sup> Manual de Plantas Depuradoras, 2018 (ver bibliografía).

**IVL < 80 ml/g:** el barro es muy compacto, probablemente viejo, y no forma flóculos. El efluente será turbio.

**80 ml/g ≤ IVL ≤ 200 ml/g:** el lodo es óptimo para el tratamiento biológico.

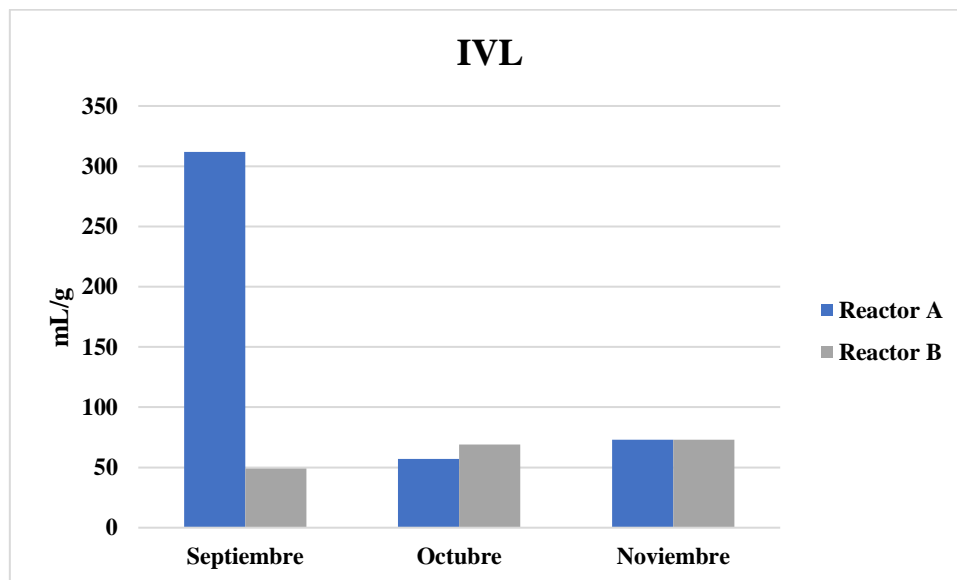
**IVL > 200 ml/g:** el barro presenta baja sedimentación y es probable que haya bacterias filamentosas generadoras de bulking.

## Resultados

La **Tabla 6** y **Gráfico 7** exponen los resultados estimados del índice volumétrico de lodos correspondientes al mes de septiembre, octubre y noviembre respectivamente.

Mes	Reactor A	Reactor B
	IVL (ml/g)	IVL (ml/g)
Septiembre	312	49
Octubre	57	69
Noviembre	73	73

**Tabla 6:** Resultados estimados del IVL. Planta.



**Gráfico 7:** Índice volumétrico de lodos. Planta.

### 4.1.3. Parámetros de campo o medición in situ

#### Planta de lodos activados

La **Tabla 7** muestra los valores de oxígeno disuelto, temperatura y pH en planta, correspondientes a los meses de septiembre, octubre y noviembre. Ver **Gráfico 8, 9 y 10**. Respecto al oxígeno disuelto, a pesar de que la concentración ha aumentado notoriamente, la misma se considera deficiente según bibliografía, donde su valor óptimo es a partir de 1 mg/L.

	Oxígeno disuelto (OD) mg/L		Temperatura °C		pH
	Reactor A	Reactor B	Reactor A	Reactor B	Salida-Cámara de contacto
Septiembre	0.30	0.29	15.8	15.8	7.93
Octubre	0.5	0.47	20.8	21	7.9
Noviembre	0.6	0.66	22	21.2	7.87

Tabla 7: Parámetros de campo. Planta.

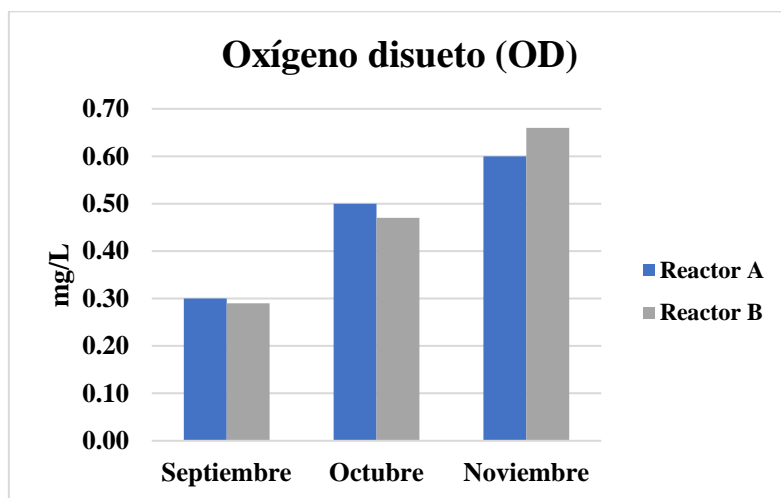


Gráfico 8: Oxígeno disuelto. Planta.

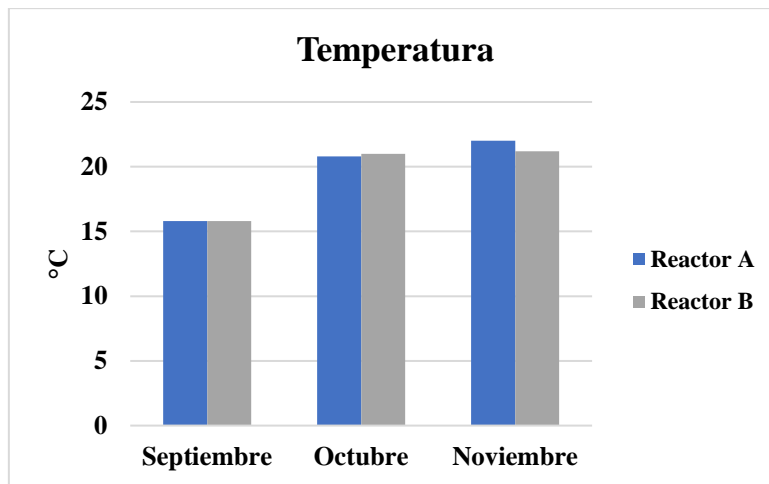


Gráfico 9: Temperatura. Planta.

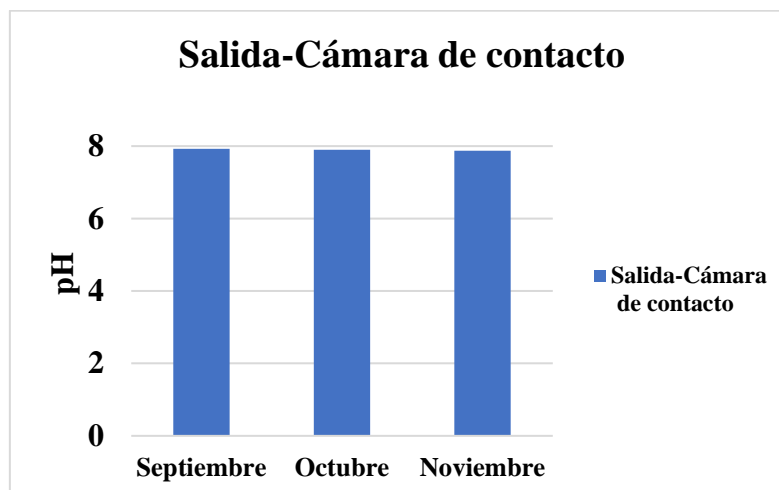


Gráfico 10: pH Salida de cámara de contacto.

### Sistema lagunar Rawson

La **Tabla 8** exhibe los valores correspondientes al sistema lagunar Rawson. Los valores son los adecuados en base a teorías de diseño de sistemas lagunares y, la conductividad, según el decreto 1540/16 presenta un grado de restricción suave-moderado de uso, por lo que el efluente es un recurso potencial para riego. En cuanto al pH, el valor óptimo según el decreto varía entre 6,5 a 8,4; los datos obtenidos superan los recomendados (ver “Salida M” y “Reservorio”).

	<b>OD (mg/L)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad (µS/cm)</b>
<b>Afluente</b>	2.77	22	8.12	X
<b>Salida F</b>	11.27	16.9	9.66	X
<b>Salida M</b>	9.76	15.9	9.26	1918
<b>Reservorio</b>	X	17.6	9.15	X

**Tabla 8:** Parámetros de campo. Sistema lagunar Rawson.

#### 4.1.4. Identificación y recuento de microorganismos indicadores

Otro de los objetivos cumplidos en la Práctica Profesional fue la identificación y conteo de microorganismos indicadores de depuración de aguas residuales.

La utilización de microorganismos presentes en el licor mezcla de la planta como bioindicadores es una manera rápida de evidenciar la situación actual del reactor e inferir en cuanto a los posibles valores de DBO en el efluente, según la abundancia de cada especie identificada. No obstante, es posible obtener información sobre el desempeño de una planta sin llegar a identificar a nivel de especie. Por ello, se priorizó la identificación de microorganismos como ocupantes de diferentes nichos ecológicos, es decir, clasificándolos principalmente según el rol trófico que ocupan.

Primeramente, se procedió tomar muestras sin un protocolo a seguir con el fin de afianzar la identificación de organismos indicadores y el uso del microscopio. Seguidamente se indagaron métodos de conteo. Esta modalidad de trabajo se realizó el primer mes de la práctica. A continuación, se presentan los organismos reconocidos. La descripción de cada uno de ellos, así como también la aplicación en el estudio del funcionamiento de la planta se basaron en el libro “Indicadores Biológicos: Ecología aplicada al tratamiento de líquidos residuales y aguas superficiales” de Nomdedeu, Oscar y también en el documento “Protozoos en el fango activo” del Grupo Bioindicación Sevilla (GBS).

## *Opercularia*

Es un ciliado colonial, zooide con forma de campana invertida (45 a 50  $\mu\text{m}$ ) sostenido por un pedúnculo ramificado no contráctil, sin mionema, siendo éste un elemento para la diferenciación de especies. El peristoma no tiene labio, su borde esta levemente ondulado y posee una extensión bien visible que sale del peristoma denominado opérculo. El macronúcleo es alargado, curvado en forma de C y en posición horizontal. Bacteriófago.

Parámetros bioindicadores: asociado a una oxigenación insuficiente o con choques de carga orgánica, posible ingreso de afluente con características industriales.

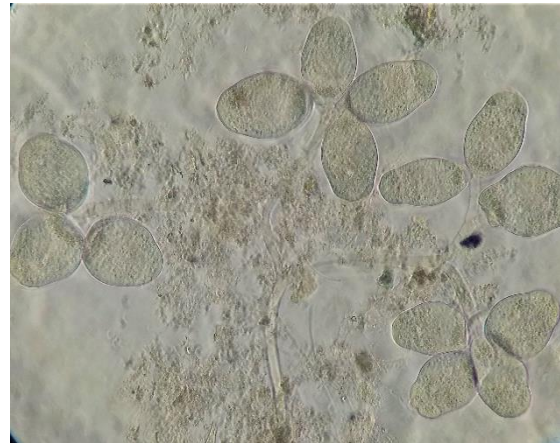
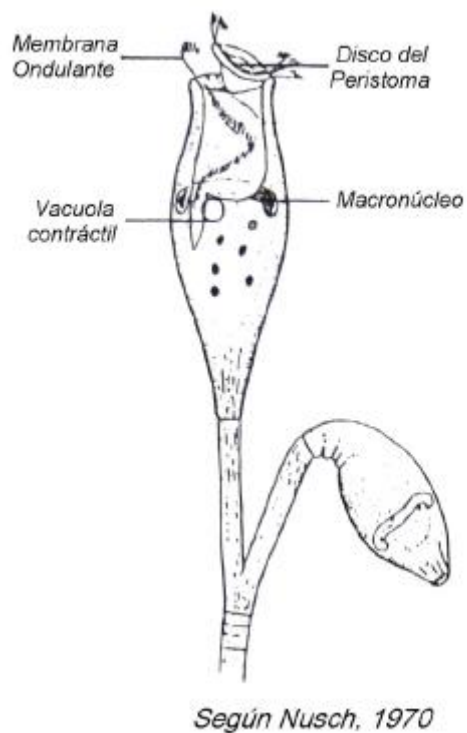


Foto propia.



Foto propia.

**Figura 31:** *Opercularia*. Extraído de Nomdedeu 2018.

## *Paramecium*



Foto propia.

Es un organismo ciliado con cuerpo ovoide, alargado, con una longitud de 120 a 300  $\mu\text{m}$ . En la superficie ventral y desde la parte anterior hasta la mitad del cuerpo tiene una depresión oblicua que termina en la apertura bucal. La ciliatura del cuerpo es completa y uniforme. Tiene una sutura pre oral y otra post oral.

Posee tricocistos que son orgánulos que disparan un filamento, posiblemente para defensa. Generalmente dos vacuolas contráctiles con canales radiales. Macronúcleo ovoide o reniforme localizado en el centro del organismo y con uno o varios micronúcleos según especie. De movimientos energéticos y en sentido contrario a las agujas del reloj. Bacteriófago.

Parámetros bioindicadores: presencia ocasional en lodos en formación y con altas cargas con bajo nivel de oxígeno disuelto. En lodos activados de plantas industriales indica “buen funcionamiento”, aunque se carece de datos sobre la DBO del efluente final. Su utilización como indicador depende de la abundancia de sus poblaciones.

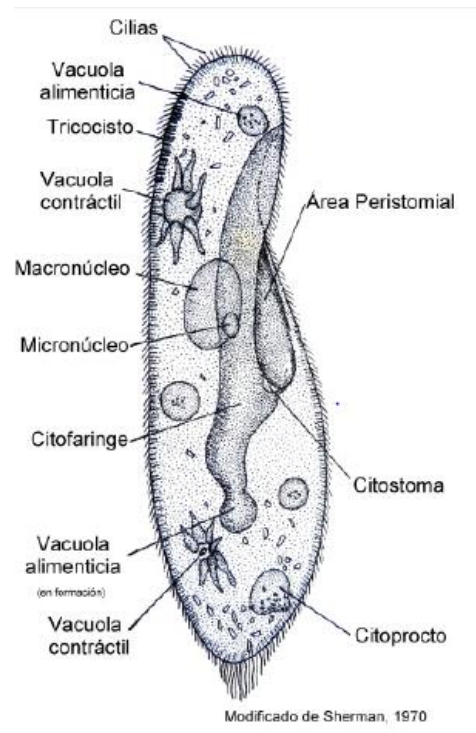
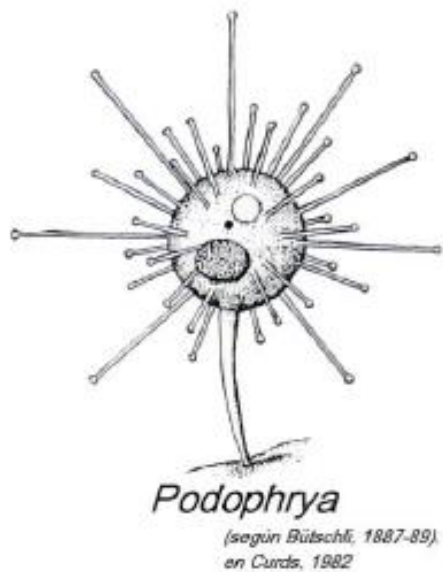


Figura 32: *Paramecium*. Extraído de Nomdedeu 2018.

## *Podophrya*

Cuerpo esférico, de 10 a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro sin lórica. Macronúcleo esférico. Una sola vacuola contráctil. Los tentáculos succionadores de diferente longitud, están distribuidos por todo el cuerpo (no en fascículos) y presentan un botón en su extremo distal (capitados). Fijos a sustratos por medio de un pedúnculo de longitud variable. Brotación exógena. Su alimentación se basa en ciliados.

Parámetros bioindicadores: su presencia indica estabilidad en el licor mezcla dado que es uno de los últimos eslabones tróficos en la ecología del reactor.



**Figura 33:** *Podophrya*. Extraído de Nomdedeu 2018.

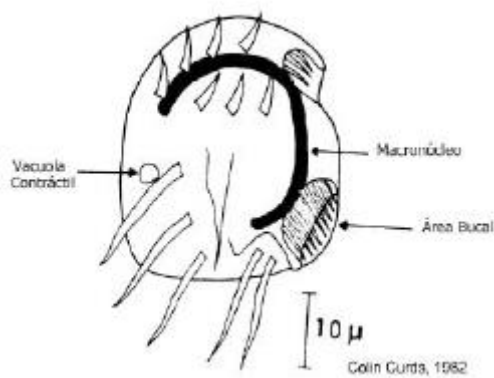


**Foto propia.**

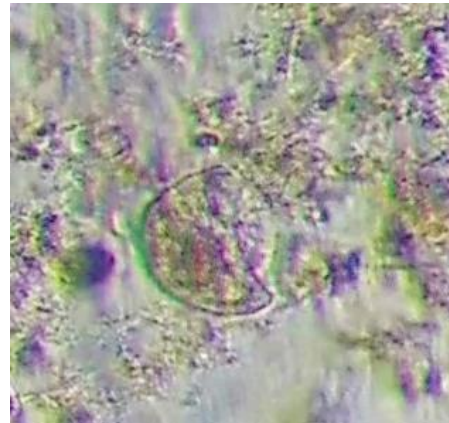
## *Aspidisca*

Es un organismo caminador (reptante) con forma ovalada de 15 a 50  $\mu\text{m}$ . Está presente en plantas de alta carga orgánica y pueden ser observados caminando sobre el lodo, en películas o flocs, con desplazamientos cortos. Es bacteriófago.

Parámetros bioindicadores: su presencia indica buena depuración a baja y media carga orgánica y estabilidad en el sistema. Muy común en lodos activados.



**Figura 34:** *Aspidisca*. Extraído de Nomdedeu 2018.



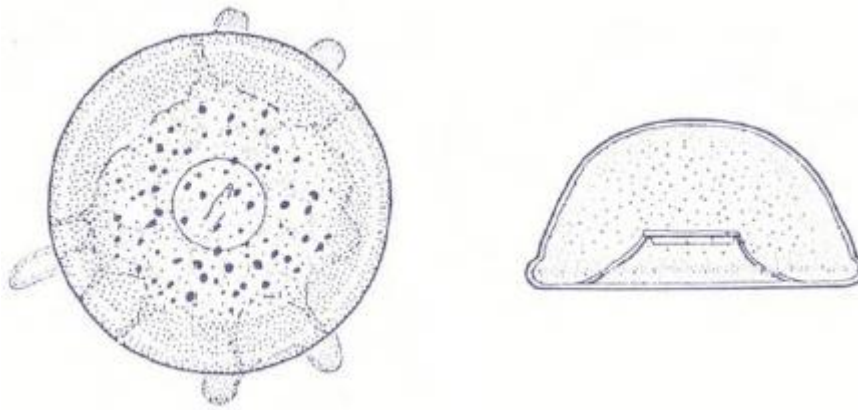
**Foto propia.**

## Amebas testáceas

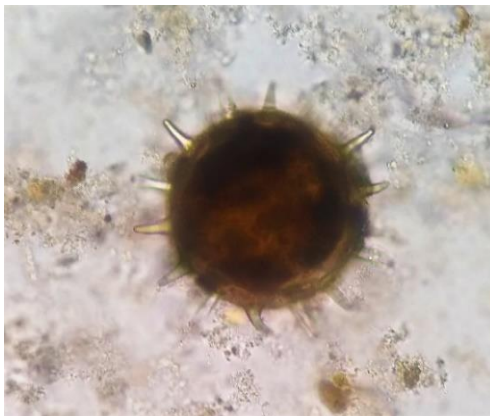
Son amebas que se encuentran dentro de una concha simple o bien cubiertos por una membrana externa compleja. Sus dimensiones varían entre los 30 a 600  $\mu\text{m}$  según la especie. El citoplasma puede o no llenar la totalidad de la teca y su forma puede ser variada.

Uno de los géneros más comunes es *Arcella* spp. Con teca en forma redondeada de diferentes alturas según especie. Su alimentación se basa en bacterias, flagelados, diatomeas y algas verdes.

Parámetros bioindicadores: se las encuentra en reactores con muy buen funcionamiento: baja carga orgánica, condiciones de nitrificación, muy buena concentración de oxígeno disuelto, bajas concentraciones de sólidos y alta edad del lodo.



**Figura 35:** Ameba testácea. Extraído de Sevilla (GBS).



**Foto propia.**

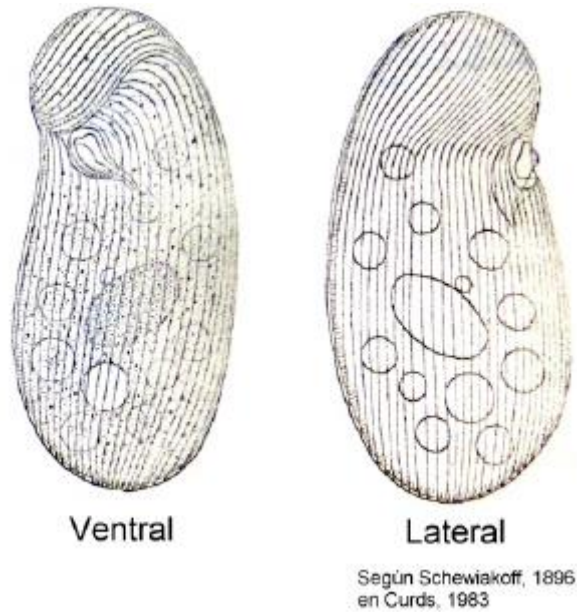


**Foto propia.**

## *Colpidium*

Organismo reniforme con el polo anterior doblado hacia la superficie ventral. Su tamaño varía desde 50 a 155  $\mu\text{m}$ . Posee vacuola contráctil en la mitad posterior del cuerpo. Su alimentación está basada en bacterias y flagelados pequeños.

Parámetros bioindicadores: se encuentra en aguas con alta concentración de materia orgánica como líquido cloacal. Indicador de las primeras etapas de en un reactor o ingreso de alta carga orgánica. Su depuración es poco eficiente.

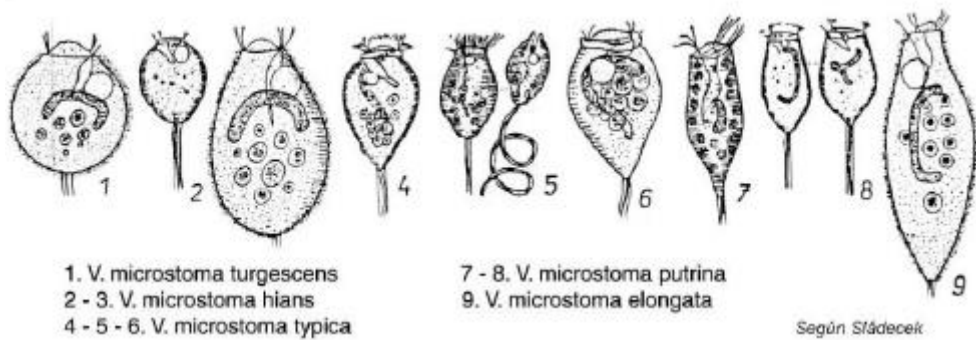


**Figura 36:** *Colpidium*. Extraído de Nomdedeu 2018.

## ***Vorticella microstomata* Ehrenberg 1830**

Zooide de 25 a 83  $\mu\text{m}$  de largo. La anchura del labio del peristoma es menor al ancho del cuerpo. Pedúnculo fino que puede ser hasta seis veces el largo del cuerpo. Vacuola contráctil. Se alimenta de bacterias y flagelados.

Parámetros bioindicadores: predomina en reactores con baja concentración de oxígeno disuelto que pueden producir efluentes de calidad baja. Puede encontrarse en la puesta en marcha. A su vez, es indicador de alta concentración de materia orgánica.



**Figura 37:** *Vorticella microstomata* Ehrenberg 1830. Extraído de Nomdedeu 2018.

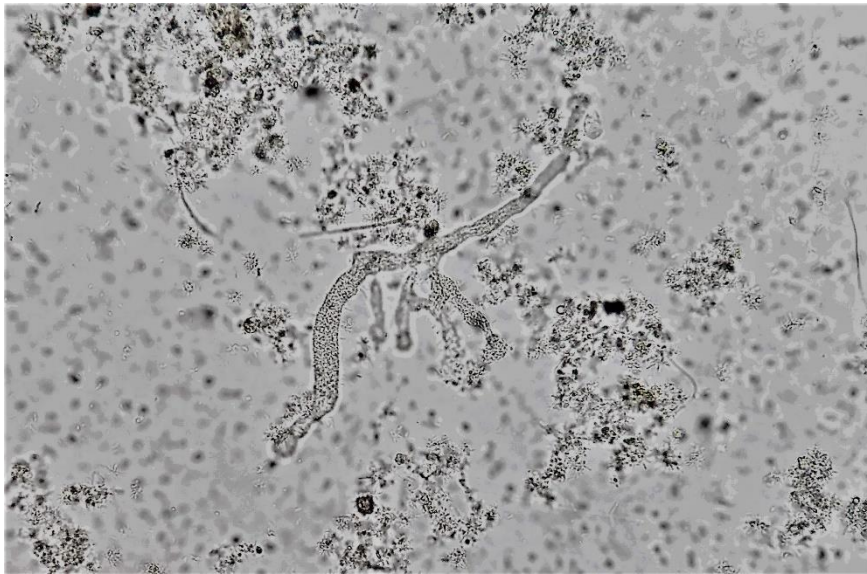


**Foto propia.**

### ***Zooglea* spp.**

Especies de bacterias (cocos o bacilos) agrupados en una matriz gelatinosa de polisacáridos. Si bien existen varias especies la más común en sistemas de lodos activados, lechos percoladores y biodiscos es *Zoogloea ramigera* Itzigsohn 1868 con forma de ramas o dedos.

Parámetros bioindicadores: aunque es importante en la formación de flóculos, en ocasiones puede ser muy abundante, produciendo lo que se conoce con el nombre de Bulking de Zoogloea. Es común en aguas con compuestos fácilmente degradables, ácido grasos volátiles y aguas sépticas.



**Foto propia.**

## Nematodos

Son gusanos redondeados y alargados con una longitud entre 0,5 y 3 mm con las extremidades (principalmente la posterior) puntiagudas. Cuerpo sin segmentación, generalmente incoloros, tienen una cutícula espesa y resistente que le da rigidez. Su alimentación está basada en bacterias libres y partículas orgánicas. Pueden ser de vida libre o parásitos.

Parámetros bioindicadores: se encuentran en afluentes y procesos de tratamiento de líquidos residuales, aunque no en forma abundante. Son indicadores de alta edad de lodo. Debido a su resistencia al cloro y por ser un reservorio de bacterias y patógenos que viven en su interior, los nematodos pueden causar serios problemas de la salud en las personas.

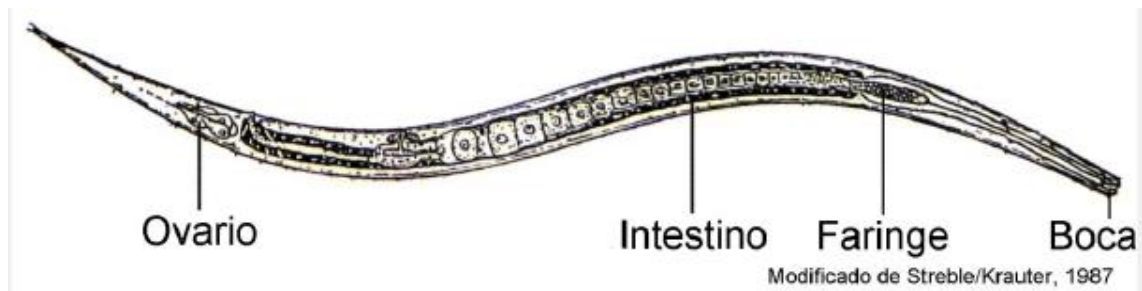


Figura 38: Nematodo. Extraído de Nomdedeu 2018.



Foto propia.

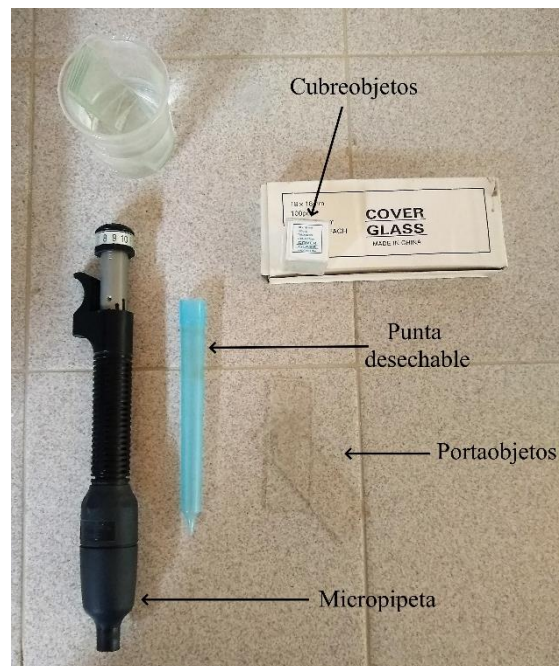
## Procedimiento seguido

Una vez reconocidos los principales microorganismos indicadores de depuración se llevó a cabo la búsqueda de una metodología para el recuento de estos. Se utilizó una adaptación al procedimiento propuesto por Madoni (1984,1988) citado en Nomdedeu (2018), donde lo único que varió con respecto a éste, fue el volumen tomado con la micropipeta, siendo de 50 microlitros debido a la falta de instrumentación y no de 25, como sugería el autor. Se usó como referencia la equivalencia de una gota a microlitros.

En **Figura 39** y **Figura 40** se muestran los instrumentos necesarios para la observación.



**Figura 39:** Microscopio óptico.



**Figura 40:** Micropipeta con punta, porta y cubreobjeto.

### Toma de muestra:

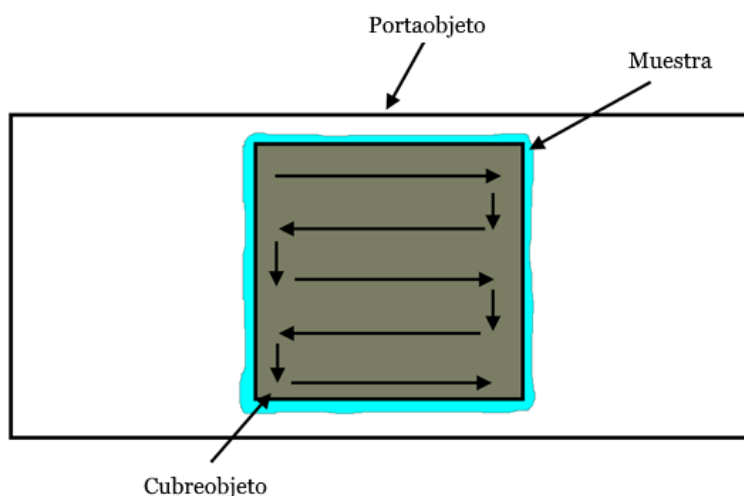
Se tomó un volumen de 50 microlitros (1 gota promedio) de la muestra previamente homogeneizada con micropipeta y se depositó en un portaobjetos. A continuación, se colocó un cubreobjeto de 18x18 mm. La utilización de cubreobjetos con mayores medidas facilitaría la evaporación rápida de la muestra, provocando una observación errónea<sup>7</sup>.

### Observación en microscopio:

El preparado se visualizó en el microscopio óptico con el objetivo de 10 X y se realizó el recuento comenzando por uno de los extremos hasta concluir en el punto

<sup>7</sup> Nomdedeu, 2018 (ver bibliografía).

opuesto. Se recorrió así la totalidad de la muestra, contando también, el volumen sobresalido del cubreobjeto (**Figura 41**).



**Figura 41:** Método de observación en microscopio.

## Resultados

### Cálculo de número de organismos

El recuento de cada muestra se realizó por triplicado, contando en cada una el total de organismos identificados. Los valores promediados fueron expresados en número de individuos por mililitro. Las **Tablas (9 y 10)** y **Gráficos (11, 12, 13 y 14)** representan uno de los muestreos y recuentos realizados en ambos reactores.

Conteo de microorganismos						
Organismos	REACTOR A			REACTOR B		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
<i>Opercularia</i>	121	93	46	127	107	66
<i>Vorticella microstomata</i>	5	0	0	2	0	0
<i>Aspidisca</i>	2	5	1	24	22	15
<i>Colpidium</i>	7	7	4	17	13	13
Amebas tecadas	0	0	0	2	0	1
<i>Podophyra</i>	1	0	0	1	3	2
Nematodos	0	0	0	1	0	0

**Tabla 9:** Conteo de microorganismos en portaobjeto.

1 gota = 50  $\mu$ L

$$\frac{N^{\circ} \text{ organismo medio}}{50 \mu\text{L}} \cdot \frac{1000 \mu\text{L}}{1 \text{ mL}} = N^{\circ} \text{ organismo/mL}$$

Organismos	REACTOR A		REACTOR B	
	ind. /ml	%	ind. /ml	%
<i>Opercularia</i>	1733	89.04	2000	72.12
<i>Vorticella microstomata</i>	33	1.71	13	0.48
<i>Aspidisca</i>	53	2.74	407	14.66
<i>Colpidium</i>	120	6.16	287	10.34
Amebas tecadas	0	0.00	20	0.72
<i>Podophyra</i>	7	0.34	40	1.44
Nematodos	0	0.00	7	0.24
<b>Total</b>	1947	100.00	2773	100.00

Tabla 10: Número de individuos/mililitros estimados.

*Opercularia* fue el organismo más visto en los muestreos, obteniendo un porcentaje del 89,04% y 72,12% del total, demostrando que los reactores en ese momento presentaban oxigenación insuficiente.

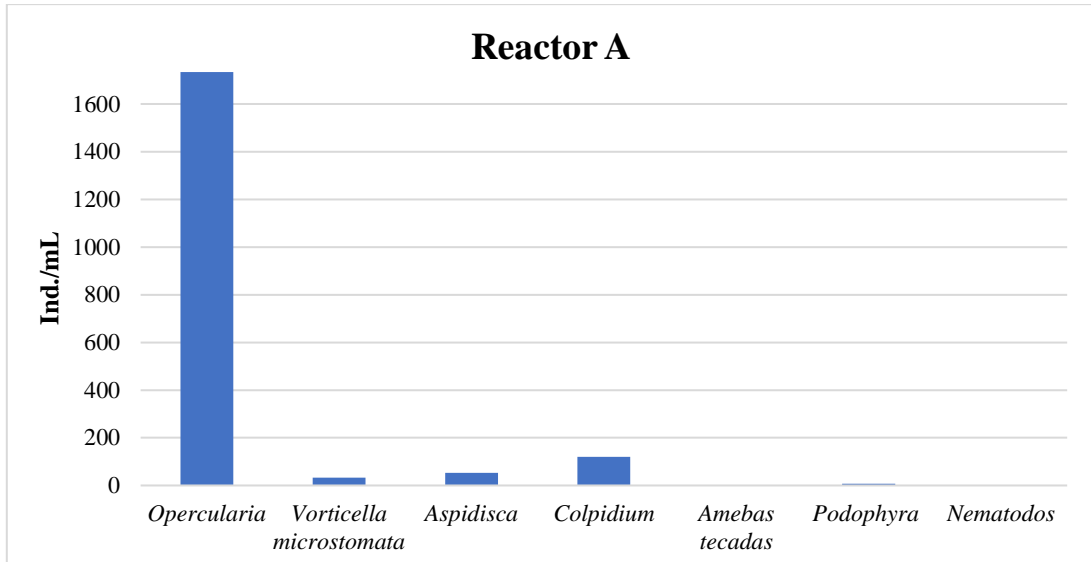
La presencia de *Aspidisca*, organismo ciliado reptante (bacteriógáfo) indica una depuración eficiente ya que el mismo, está relacionado con un escenario de estabilidad.

*La presencia de esta especie está relacionada con una carga moderada y con condiciones de estabilidad en planta, características que están asociadas a una buena eficacia de depuración biológica.* (Nomdedeu, 2018. pág. 172).

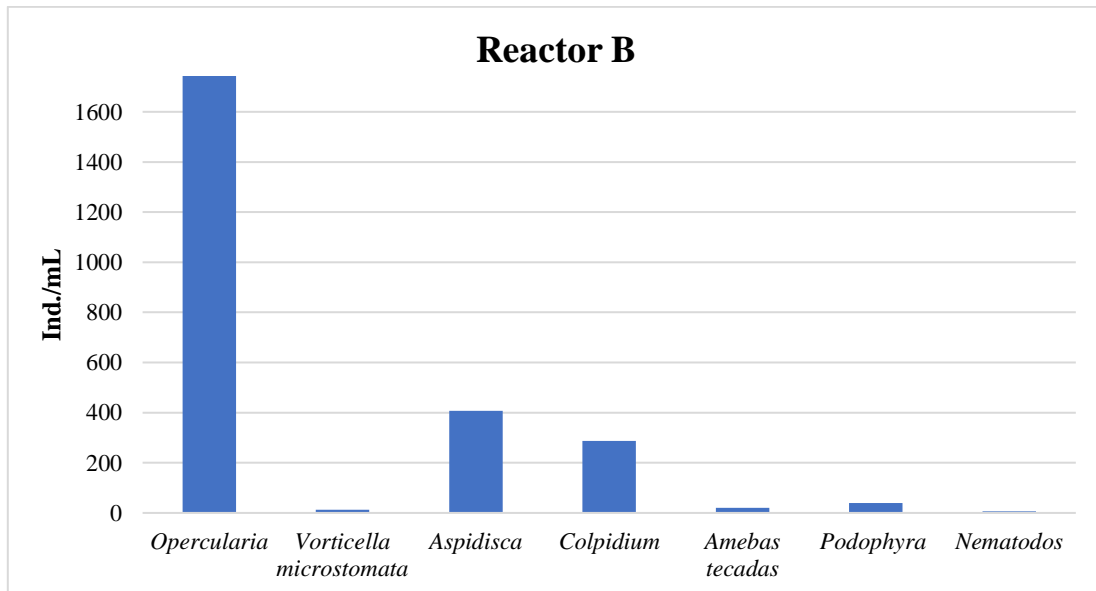
A su vez, la presencia de organismos fijos suctores como *Podophyra* indican una situación biológica estable debido a que este protozoo es uno de los últimos eslabones tróficos.

*Fue identificado en lodos activados y lagunas de estabilización. Indicadores de estabilidad en el sistema, ya que forman parte del último eslabón en la cadena alimenticia* (Nomdedeu, 2018. pág. 202).

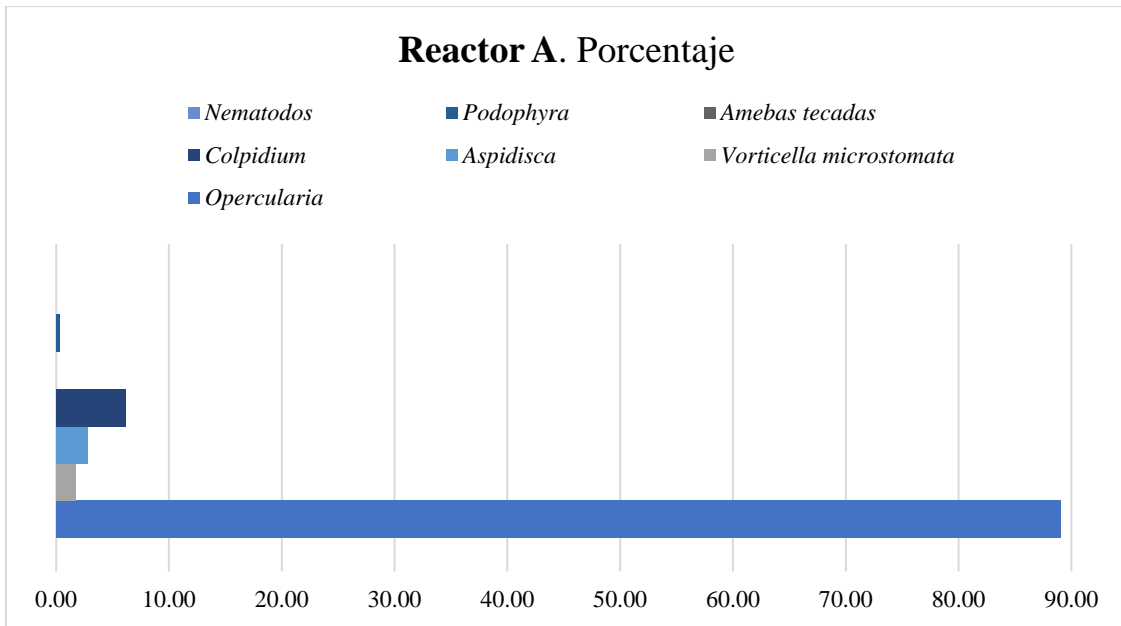
Es de suma importancia, no solo prestar atención al tipo de microorganismo identificado, sino que también, a su abundancia dado que muestra las relaciones tróficas en un momento dado. Se identificaron organismos con eficiencia media de depuración como lo es *Opercularia* con una alta abundancia, comparado con los más eficientes (*Aspidisca* y *Podophyra*).



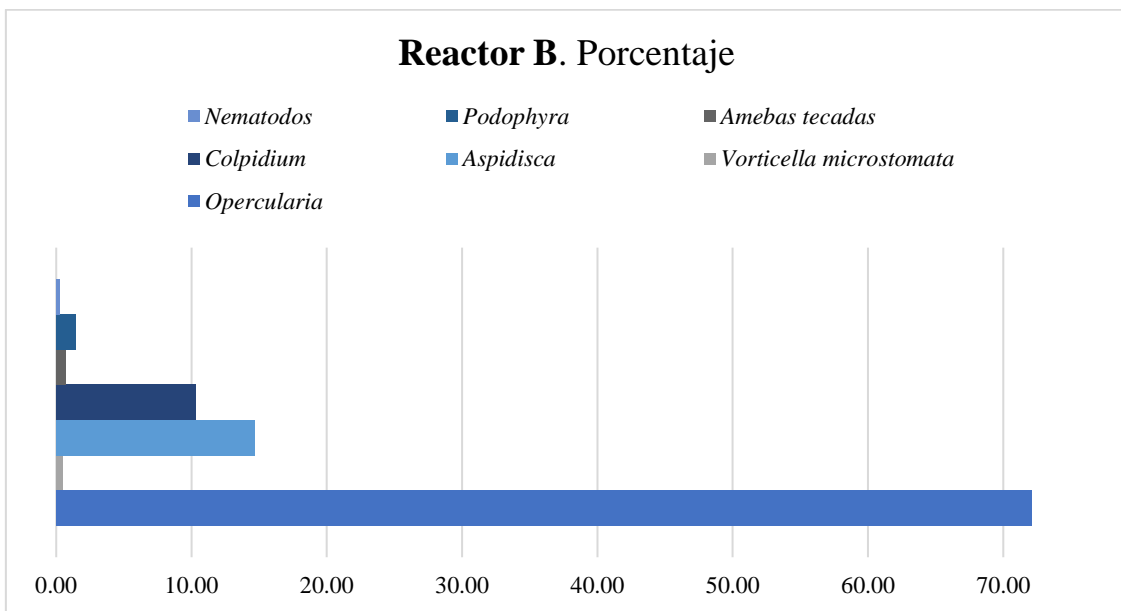
**Gráfico 11:** Individuos por mililitro en reactor A. Planta.



**Gráfico 12:** Individuos por mililitro en reactor B. Planta.



**Gráfico 13:** Porcentaje de individuos en reactor A. Planta.



**Gráfico 14:** Porcentaje de individuos en reactor B. Planta.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

En el mes septiembre se dio por iniciada la Práctica Profesional y la misma concluyó en febrero del 2022. La totalidad de los objetivos propuestos en el proyecto han sido cumplidos.

Las constantes determinaciones gravimétricas, así como los bioensayos realizados han promovido a la generación de una base de datos esencial para la toma de decisiones operativas. La sistematización de los registros en planillas Excel lograron una mejora en la interpretación de estos.

La aireación deficiente en los reactores debido al desgaste de equipos genera una concentración de oxígeno disuelto baja. Los valores recomendados en bibliografía varían entre 1,5 y 4 mg/L, rango de concentración necesario para satisfacer la DBO del agua residual, la demanda endógena de los microorganismos y mantener una mezcla adecuada en el reactor. Los resultados presentados correspondientes a la sección de datos in situ (OD, T° y pH) son coherentes con la información obtenida mediante la observación de microorganismos partícipes de la depuración, evidenciando nuevamente una oxigenación deficiente.

En el mismo sentido, los valores de IVL obtenidos no se encuentran comprendidos dentro de los óptimos recomendados, esto puede generar problemáticas de turbiedad en el efluente debido a la dificultad del lodo para sedimentar. Asimismo, demanda un mantenimiento operativo complejo en las unidades de sedimentación y desinfección, en este último caso aumentando la demanda de cloro.

A pesar de lo mencionado, el efluente que es vertido al cuerpo receptor cumple con el valor de DBO<sub>5</sub> exigido por el decreto 1540/16, siendo este  $\leq 45$  mg/L para cuerpos receptores hídricos lóticos.

La realización de determinaciones gravimétricas tres veces por semana, DBO mensual y observación microscópica semanal en planta, acompañadas de una logística operativa favorable, aportan a la mejora del funcionamiento del sistema de tratamiento. La incorporación de un cronograma tentativo interno resultó relevante a la hora de llevar a cabo las distintas tareas. Se recomendó la incorporación de la determinación de sólidos fijos y volátiles dado que representan la materia inorgánica del licor mezcla y la materia orgánica (microorganismos) respectivamente.

La actividad de la planta de lodos activados varía a través del día debido a los picos horarios en donde se presenta un caudal mayor, instantáneamente se ve reflejado en la eficiencia de depuración del sistema, esta situación podría ser remediada o mitigada con un tanque de equalización.

La existencia de un plan de monitoreo del Río Chubut, donde permite evaluar el efecto vertido y mezcla con el cuerpo hídrico requiere la utilización de un bote que ha sido gestionado junto con la Planta Potabilizadora, actualmente se está en espera para su uso.

En cuanto al sistema lagunar Rawson, se pudo verificar que los valores de conductividad del efluente poseen un grado de restricción medio para reúso en riego, por lo que es posible potenciar el aprovechamiento de este recurso como fuente alternativa. El pH registrado presenta valores altos respecto a los recomendados del decreto 1540/16, esto se explica mediante la actividad fotosintética de las microalgas presentes dado que las mismas, utilizan dióxido de carbono para la fotosíntesis, disminuyendo la concentración en el cuerpo hídrico y consecuentemente, aumentando el pH. Se recomienda muestrear en diferentes horarios del día y evaluar el comportamiento de las lagunas.

El decreto provincial 1540/16 fue un documento base para generar, junto al equipo de laboratorio, un plan de monitoreo ambiental actualizado a la legislación presente. El seguimiento estricto de metodologías de muestreo y análisis aportan información necesaria para desarrollar el reúso de manera planificada. De todos modos, se requieren más análisis de carácter bacteriológico y fisicoquímicos para una caracterización más completa, los mismos se incluyen en la propuesta del **Anexo I**. Actualmente no es posible llevarlos a cabo en el laboratorio de la planta, pero si en instituciones externas. En el marco del desarrollo de la práctica se solicitó un presupuesto a un laboratorio que brinda servicios analíticos ambientales para el cumplimiento del plan de monitoreo sugerido, ascendiendo el monto de las determinaciones a los \$13.000 para el mes de noviembre del 2021.

La modificación de métodos de muestreo y adaptación de estos a la planta y al sistema lagunar permitió desarrollar un cronograma tentativo que da lugar a una constante mejora en el monitoreo ambiental de ambos sistemas de depuración. Surge como recomendación, la necesidad de adecuar lugares físicos para seguridad y comodidad del muestreador, de esa forma se minimizan y eliminan riesgos por contaminación, agilizan y vuelven más eficiente los muestreos y a la vez se previenen incidentes o accidentes.

El desarrollo de la Práctica Profesional en el ámbito de la institución permitió realizar otras actividades que no fueron parte del Proyecto de Práctica pero que se han realizado con igual determinación y eficiencia, siendo algunas de ellas el muestreo de agua de red y río, y monitoreo ambiental en el sistema lagunar Playa Unión. A su vez, se ha colaborado con el equipo de mantenimiento externo a planta mediante limpieza de cámaras de partición en los sistemas lagunares y elaboración de informes mensuales para el encargado de planta y autoridades superiores de la empresa.

No es de olvidar, la gran predisposición de Germán Álvarez (Jefe de Planta) y Nadia Robert (Encargada de Laboratorio) hacia mi persona, brindando un lugar físico adecuado para realizar la Práctica y a su vez promoviendo una mejora en los sistemas de

depuración dado al intercambio de conocimientos técnico-operativos y experiencia en el ámbito laboral.

La Práctica Profesional realizada en el ámbito de tratamiento cloacal remarca la importancia y necesidad de tener sistemas de depuración en pequeñas y grandes poblaciones, sabiendo que es uno de los pilares más importantes en la sustentabilidad ambiental y salud de cada individuo.

## Glosario

**Agua residual:** aquella constituida por agua y otros componentes inorgánicos, orgánicos y biológicos, originados de los procesos metabólicos, de higiene, limpieza, industriales y agropecuarios.

**Ambiente anóxico:** aquel ambiente en donde no se encuentra oxígeno molecular disponible.

**Biocenosis:** conjunto de poblaciones biológicas que coexisten en espacio y tiempo.

**Biogás:** gas producido a partir de la descomposición de la materia orgánica bajo la interacción con microorganismos (principalmente metano y dióxido de carbono).

**Bioindicador:** organismos o comunidades de ellos que pueden responder a la contaminación ambiental mediante alteraciones en su fisiología o a través de su capacidad para acumular contaminantes y que brindan información sobre su entorno.

**Bioproceso:** transformación de un determinado sustrato en productos diferentes mediante microorganismos, cultivos celulares o enzimas.

**Biorremediación:** conjunto de metodologías que utilizan microorganismos o parte de ellos para degradar sustancias resultantes de una actividad.

**Bulking filamentoso:** dificultad de sedimentación del lodo secundario debido al crecimiento desmedido de bacterias filamentosas en el licor mezcla.

**Cámara séptica:** es un receptáculo cerrado diseñado para coleccionar agua residual, segregar los sólidos sedimentables y flotantes, acumular consolidar y almacenar los sólidos, digerir la materia orgánica y descargar efluente tratado.

**DBO:** Demanda bioquímica de oxígeno. Es la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica por parte de los microorganismos.

**Desbaste:** es una operación unitaria física utilizada para remover sólidos de gran tamaño.

**Detrimento:** referencia al deterioro de algo.

**DQO:** Demanda química de oxígeno. Cantidad de oxígeno necesario para la oxidación total de la materia orgánica.

**Evaluación de impacto ambiental:** procedimiento técnico-administrativo que se lleva a cabo antes de la concreción de un proyecto, cuyo objetivo es la identificación, predicción e interpretación de sus impactos ambientales, así como la valoración, prevención y corrección de estos con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por la Autoridad de Aplicación competente.

**Facultativo:** aquel organismo capaz de desarrollarse en presencia o ausencia de concentraciones óptimas de oxígeno.

**Floc:** agregado microbiológico compuesto principalmente por bacterias.

**Infiltración-exfiltración:** es agua que ingresa a la colectora directa e indirectamente. Infiltración es agua subterránea que entra al sistema colector a través de juntas rotas, grietas y roturas, o paredes porosas. Exfiltración (o aportes clandestinos), se refiere al agua de precipitaciones que ingresa a la colectora de conexiones de drenajes pluviales de patios, canaletas, drenajes de fundaciones y sótanos, o a través de las tapas de hombre (para desobstrucción de las colectoras).

**Licor mezcla:** líquido resultante de la mezcla entre el agua residual y los microorganismos depuradores, principalmente bacterias en suspensión.

**Patógeno:** agente infeccioso que puede provocar enfermedades a su huésped.

**Protozoos:** organismos unicelulares eucariotas, de vida solitaria o colonial, donde la totalidad de funciones vitales se da dentro de la célula.

**Tolvas:** recipiente en forma de cono invertido y con apertura inferior, utilizado para reserva y retiro de intermitente.

**Tratamiento convencional:** aquel proceso o conjunto de procesos que son ampliamente utilizados, donde el tratamiento principal es proporcionado de manera mecánica.

**Tratamiento natural:** aquellos procedimientos en los que el tratamiento principal es proporcionado por componentes del medio natural.

**Anexo I**

**Plan de Monitoreo**  
**Sistema de Tratamiento Lagunar para efluentes**  
**de la ciudad de Rawson**



**Cooperativa de Servicios Públicos, consumo y Vivienda Rawson Ltda.-Planta de tratamiento de líquidos cloacales.**

**Responsables:** Apollonia, Federico Daniel (UNPSJB)

Roberts, Nadia Edith (Coop. Rawson)

**Año:** 2021

## Programa de monitoreo. Sistema Lagunar Rawson

El programa de monitoreo de lagunas presente es una actualización del Informe Ambiental del Proyecto (IAP) presentado a la Autoridad de Aplicación provincial en el año 2015.

Los requerimientos de las muestras y determinaciones están basados en el actual Decreto de Vuelcos 1540/16.

El objetivo principal es corroborar el correcto funcionamiento del sistema e identificar falencias si las hubiera, para finalmente ser atendidas en un orden prioritario.

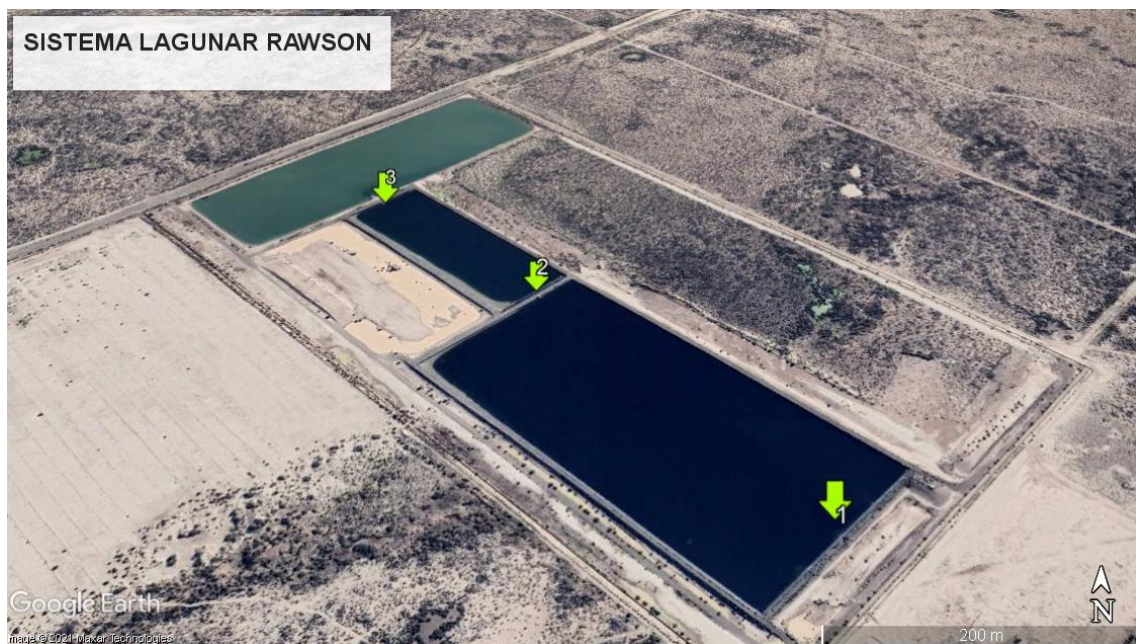


Figura 1: Sistema lagunar Rawson. Extraído de Google Earth Pro.

Se tomarán muestras puntuales simples en los lugares especificados con números, donde **1** (uno) pertenece al ingreso del afluente a la laguna facultativa primaria, **2** (dos) a su salida e inmediato ingreso a la laguna de maduración y finalmente **3** (tres) a la salida del efluente tratado.

Las muestras serán utilizadas para determinar los parámetros tabulados (**Tabla 1**), donde aquellos coloreados en oscuro representan muestras que serán enviadas a laboratorios externos. Consecuentemente se generará una base de datos útil para el seguimiento del sistema a través del tiempo.

Parámetro para determinar	Frecuencia	Punto de muestreo			
		A	Salida F	Salida Ma.	R
<b>Aspectos físicos</b>					
Temperatura	S	X	X	X	
Color		X	X	X	
Olor		X	X	X	
Materia flotante		X	X	X	
Caudal	D	X	X	X	
Caudal extraordinario	A	X	X	X	
<b>Análisis fisicoquímicos</b>					
Sólidos sedimentables	M	X		X	
Sólidos suspendidos totales		X		X	
Sólidos suspendidos volátiles		X		X	
Oxígeno disuelto	M	X	X	X	X
Conductividad eléctrica		X	X	X	X
NO <sub>3</sub> -N (expresado como N elemental)	M			X	
Magnesio				X	
P total				X	
Sodio				X	
Cloruro				X	
Calcio				X	
Grasas y aceites				X	
<b>Análisis bioquímicos</b>					
DBO <sub>5</sub> total (mg/L)	M	X	X	X	
DBO <sub>5</sub> filtrada (mg/L)				X	
<b>Análisis microbiológicos</b>					
Coliformes fecales (NMP/100ml)	M			X	
Huevos de helminto en efluente (N/L)					X

**Tabla 1:** Parámetros que serán determinados.

### Referencias

**A**= Anual      **M**= Mensual      **S**= Semanal  
**D**= Diario      **Ma.**= Maduración  
**F**= Facultativa      **R**= Reservorio

## Anexo II



**Foto 1:** Estación Vucetich.



**Foto 2:** Desbaste grueso. Estación Vucetich.



**Foto 3:** Desbaste grueso. Estación Vucetich.



**Foto 4:** Sistema de bombeo. Estación Vucetich.



**Foto 5:** Ingreso de afluente en planta.



**Foto 6:** Tablero de control. Planta.



**Foto 7:** Bombas de cloración. Planta.



**Foto 8:** Lechos o playones de secado. Planta.



**Foto 9:** Buffers para calibración de sonda de pH. Laboratorio.



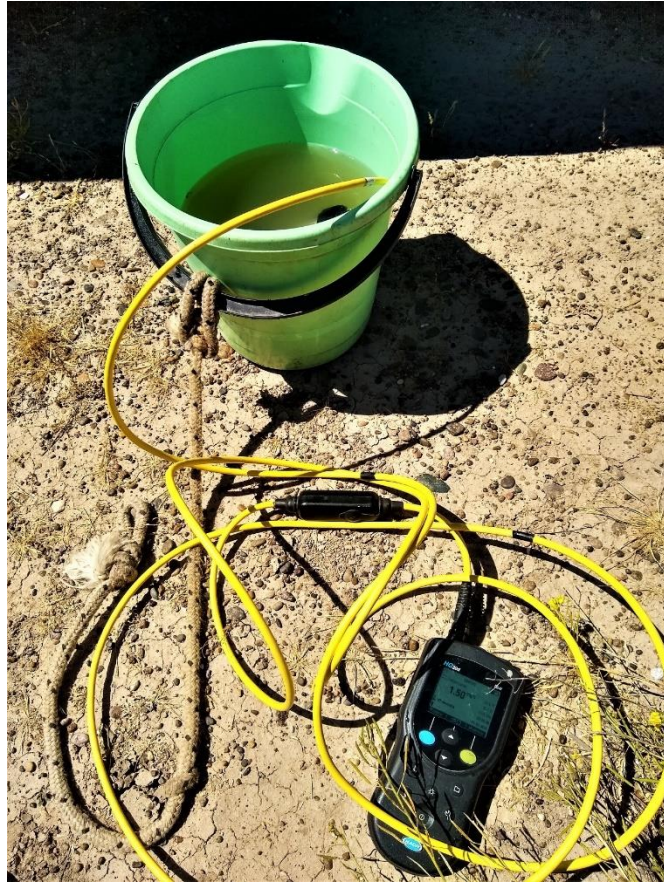
**Foto 10:** Botellas de bioensayo DBO. Laboratorio.



**Foto 11:** Bioensayo DBO en funcionamiento. Laboratorio.



**Foto 12:** Cámara de ingreso de afluente a sistema lagunar Rawson.



**Foto 13:** Medición de oxígeno disuelto en sistema lagunar Rawson.



**Foto 14:** Muestras de diferentes puntos en sistema lagunar Rawson. Laboratorio.



**Foto 15:** A la derecha la laguna facultativa, a la izquierda la laguna de maduración. Sistema lagunar Rawson.



**Foto 16:** Laguna de maduración. Sistema lagunar Rawson.



**Foto 17:** Reservorio. Sistema lagunar Rawson.

## 6. Bibliografía utilizada

-Angulo Maytorena, Blanca Olivia. 2012. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno mediante respirometría. Universidad de Sonora. División de ingeniería.

-APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid, España. Editorial Díaz de Santos, S.A. 17ª ed.

-CIENCIA, TECNOLOGÍA Y GESTIÓN EN SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. 2018. Manual de plantas depuradoras. Vol. 1, "Caracterización de efluentes: ensayos físicos y químicos". Buenos Aires, Argentina. Colección redes, 1ª ed.

-Comisión Nacional del agua (CONAGUA). 2015. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua residual municipales: lagunas de estabilización. México, D.F.

-Decreto Provincial de Vuelcos 1540/16.

-Expediente N° 1587/07-MAyCDS.

-Expediente N° 1337/07-MAyCDS.

-Faleschini, Mauricio. 2016. Estrategias, dificultades y beneficios en la aplicación del reúso del agua tratada en tres municipios de la Patagonia. CESIMAR-CENPAT/CONICET. Tercer encuentro de investigadores en formación en Recursos Hídricos.

-Grupo Bioindicación Sevilla (GBS). Protozoos en el fango activo. Universidad Complutense Madrid. ([http://www.bibliotecagbs.com/archivos/089\\_156\\_capficha\\_protozoos.pdf](http://www.bibliotecagbs.com/archivos/089_156_capficha_protozoos.pdf)).

-Informe Hidroeléctrica Ameghino- Agosto 2021. Calidad de Agua.

-Martínez Delgadillo, Sergio A. 1999. Parámetros de diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales. México, DF. Universidad Autónoma Metropolitana. Editorial: Casa Abierta al Tiempo. 1ª ed.

-Material de la Cátedra de Tratamiento de Efluentes Cloacales e Industriales. UNPSJB. 2019. Palloni, Leila Lucía.

-Metcalf y Eddy Inc. 1995. Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Vol. 1. Madrid, España Ed. McGraw-Hill. 3ª ed.

-Nomdedeu, Oscar. 2018. Indicadores biológicos: Ecología aplicada al tratamiento de líquidos residuales y aguas superficiales. La Plata. Ed. Servicoop. 1ª ed.

-Ordenanza municipal 5478/03. Rawson, Chubut.

-Zagal erick, Sadzawka Angelica. 2007. Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos. Comisión de Normalización y Acreditación de la sociedad chilena del Suelo. Chillán.