
*Disposición final de biosólidos en la
Provincia de Neuquén*



Martínez, Fernando Esteban.

Legajo: VAMB02652

Carrera: Licenciatura en Gestión Ambiental

Trabajo final de grado. Manuscrito científico

Tutor: Hoyos, Hernán

Neuquén. Noviembre 2022

Resumen.....	2
Introducción.....	4
<i>Plantas de tratamiento de efluentes cloacales</i>	5
¿Qué son las plantas de tratamiento de efluentes cloacales?.....	5
¿Cuáles son las etapas del tratamiento de aguas residuales?	6
<i>El lodo como subproducto</i>	9
<i>Marco legal</i>	9
Para vertido de aguas residuales en cuerpo receptor	9
Para disposición de biosólidos	10
<i>Factibilidad del uso de los biosólidos</i>	13
<i>Objetivos de la investigación</i>	17
Métodos	18
<i>Diseño:</i>	18
<i>Participantes:</i>	18
<i>Metodología:</i>	20
<i>Recolección de datos:</i>	20
<i>Análisis de la recolección de datos:</i>	21
<i>Plazos temporales</i>	21
Resultados	22
Discusión	29
Referencias.....	34
Anexos.....	37

Resumen

Con la presente investigación se examinó la situación actual de la disposición final de Biosólidos en la provincia de Neuquén, con colaboración del Ente Provincial de Agua y Saneamiento se llevó a cabo la selección y relevamiento de siete plantas de tratamiento de líquidos cloacales, las cuales fueron el material de muestra y objeto de toda información necesaria.

El objetivo fue conocer de qué manera son utilizados estos subproductos en consonancia con la norma legal que los regula y cualquier práctica de sustentabilidad.

Los resultados obtenidos a través de las encuestas que se realizaron a los referentes de cada planta arrojaron resultados poco alentadores, destacando la falta de un sistema de Gestión de Barros adaptado a cada localidad y otros factores que dificultad la homogeneidad del producto final.

Si bien el tipo de planta y la capacidad de carga de cada sistema, está adaptada a las necesidades de la población, se discutió sobre los factores que afectan de manera significativa al proceso y cuales aspectos se relacionan entre sí.

Por último, se sugirió una serie de alternativas a corto plazo, habiendo considerado que no se puede seguir definiendo a los biosólidos como un problema, sino más bien, como una oportunidad para generar sustentabilidad y abaratar los costes de depuración del efluente líquido. Este trabajo no tiene precedente en la región, por lo que será dispuesto para cualquier línea de investigación que lo requiera.

Palabra clave: Biosólidos, Plantas de tratamiento de líquidos cloacales, Gestión de barros.

Abstrac

With the present investigation, the current situation of the final disposal of Biosolids in the province of Neuquén was examined, with the collaboration of the Provincial Entity of Water and Sanitation, the selection and survey of seven sewage treatment plants was carried out, which were the sample material and object of all relevant information.

The objective was to know how these by-products are used in accordance with the legal norm that regulates them and any sustainability practice.

The results obtained through the surveys that were carried out on the referents of each plant yielded not very encouraging results, highlighting the lack of a Mud Management system adapted to each locality and other factors that hinder the homogeneity of the final product.

Although the type of plant and the load capacity of each system is adapted to the needs of the population, the factors that significantly affect the process and which aspects are related to each other were discussed.

Finally, a series of short-term alternatives were suggested, having considered that biosolids cannot continue to be defined as a problem, but rather as an opportunity to generate sustainability and reduce the costs of treating liquid effluent. This work is unprecedented in the region, so it will be available for any line of research that requires it.

Keywords: Biosolids, Sewage treatment plants, Sludge management

Introducción

El presente trabajo tiene como **objetivo el reconocimiento general y sistemático, disposición final, usos y aplicación de los residuos Biosólidos producidos en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), dentro de la Provincia de Neuquén.** Se analizarán de manera selectiva algunas de las plantas de tratamiento activas, haciendo distinción y comparación entre cada una.

El tratamiento de aguas residuales surge como solución para mitigar el impacto ambiental negativo que pudieran generarse en los cuerpos receptores que, en el caso de la provincia de Neuquén, en su mayoría son cuerpos superficiales. “Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción consecuencia de un proyecto o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio.” (Fernández Vítora, 2010 p. 73).

A medida que el número de habitantes de un aglomerado aumenta, del mismo modo y en proporción aumentan la cantidad de EDARs activas en la Provincia, como mencionamos anteriormente reduciendo el impacto negativo sobre el medio ambiente, pero a su vez generando mayor cantidad de Lodos residuales. El problema comienza cuando ese sub producto no es gestionado de manera eficiente y sustentable, convirtiéndolo en un residuo patógeno de alto contenido bacteriológico.

Suponiendo que cada aglomerado cuente con su sistema de tratamiento, independientemente de la tecnología aplicada, se generan subproductos tales como los lodos residuales, que con una apropiada estabilización pasarían a denominarse “Biosólidos”.

El manejo de estos residuos es uno de los mayores desafíos técnicos y operacionales del sistema, pudiendo llegar a representar el 60% de los gastos de la EDAR (López, 1996)

Ahora bien, al familiarizar todos estos términos y asumir que su generación es inminente, nos surge la gran interrogante y base de nuestra investigación: ¿Cuál es la utilización de los Biosólidos en la Provincia de Neuquén? Para poder dar respuesta a esto, primero haremos un repaso general, y nos enfocarnos en contextualizar la situación actual.

Plantas de tratamiento de efluentes cloacales

¿Qué son las plantas de tratamiento de efluentes cloacales?

Las PTEC (plantas de tratamiento de efluentes cloacales) o también llamadas EDAR (estación depuradora de aguas residuales), es una instalación que tiene el objetivo genérico de conseguir, a partir de aguas negras o mezcladas y mediante diferentes procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos, un agua efluente de mejores características de calidad y cantidad, tomando como base ciertos parámetros normalizados.

Desde el comienzo de las civilizaciones, se han implementado sistemas de saneamiento, que por lo general desembocaban en las calles, luego en alcantarillados y por consiguiente a algún lecho superficial.

Según un informe de Teamb (2019) “La primera planta de tratamiento importante se construyó en París, en 1806. En ella se sedimentaba el agua durante 12 horas y se filtraba. Más adelante, a fines del siglo XIX, se realizan experimentos para la aireación de alcantarillas en el Reino Unido, mientras que los Estados Unidos introducen por primera vez las rejillas de desbaste, implementos que impiden la obstrucción de los conductos por objetos voluminosos.

A inicios del siglo XX, USA aplica también la cloración masiva. En los años cincuenta, México inaugura su primera planta de lodos activados, basada en los estudios de Ardern y Locket. Este proceso permite una depuración natural al mezclar un cultivo de microorganismos con la materia orgánica del agua, para que estos se alimenten de los contaminantes biológicos y clarifiquen la mayor parte del líquido”

Las estaciones depuradoras de aguas residuales tratan aguas altamente contaminadas (los contaminadores dependerán de las actividades humanas) y pretenden disminuir esa carga contaminante para no perturbar a los cuerpos receptores, en la mayoría de los casos, las aguas residuales no son aptas como fuente de captación para una estación depuradora.

Si bien dentro del territorio provincial existen diferentes tipos de plantas, la construcción y diseño de las mismas será evaluada por un comité técnico según las necesidades. Algunos de los parámetros que menciona Chicala Lopez (2014) son:

Con respecto a procesos de tratamiento:

- Población a servir.
- Industrias [asociadas a la planta], especialmente las que en sus efluentes contienen nutrientes y sustancias inhibitoras de procesos biológicos.
- Caudales a tratar.
- Características y calidad de esos líquidos

Con respecto a la calidad del agua postratamiento, algunos son:

- Requisitos del cuerpo receptor y definición del punto de vuelco.
- Información sobre vegetación en el terreno seleccionado.
- Nivel máximo de la capa freática.
- Legislación existente sobre vuelcos en colectoras cloacales y cuerpos receptores (p. 31).

¿Cuáles son las etapas del tratamiento de aguas residuales?

Dentro de las etapas del proceso en las plantas de tratamiento, podemos destacar las siguientes:

Etapas de Pretratamiento: Comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objeto separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias groseras, arena, aceites y grasas; elementos que, por su naturaleza o tamaño, crearían problemas en los tratamientos posteriores. (González Granados, 2016, p. 17).

Tamizado: Entre los mecanismos más utilizados encontramos la “cámara de rejillas”, que cumple con la función de retener los elementos más gruesos que hayan podido ingresar a la red cloacal (plásticos, madera, telas, etc) y que puedan llegar a obstruir o romper los elementos de posterior estudio. En algunos casos se observará una “cámara de rejillas fina” o

“tamiz fino” con la capacidad de retirar del sistema elementos de un menor grosor (10 – 25 mm), tales como: pelos, estopa o micro plásticos.

Desarenado: por decantación se extraen partículas granuladas pesadas mayores a 0.2 mm.

Etapa de Tratamiento Primario: Se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) relativamente alta (Ospina, Rodríguez, González, 2017)

Etapa secundaria: En el “Reactor” (Figura 1) se origina la oxidación biológica, una “biomasa” bacteriana que precipita en el sedimentador secundario.

Cuando se trata de utilizar un reactor aerobio con lecho mezclado, es necesario cumplir con una serie de condiciones que aseguren la reducción de la carga orgánica y la oxidación del contenido amoniacal a nitratos.

La eficiencia de transferencia de oxígeno a los microorganismos presentes en el reactor aerobio es fundamental, ya que la aireación es el principal costo operativo en una PTAR. A mayor ineficiencia de transferencia de oxígeno, mayor consumo energético.

También es de suma importancia la capacidad de mezclado del equipo de aireación, con el fin de homogeneizar el oxígeno transferido a todo el volumen del reactor. Normalmente se utilizan entre 1.2 y 1.3 Kg O₂ por cada KgDBO eliminado en el reactor.

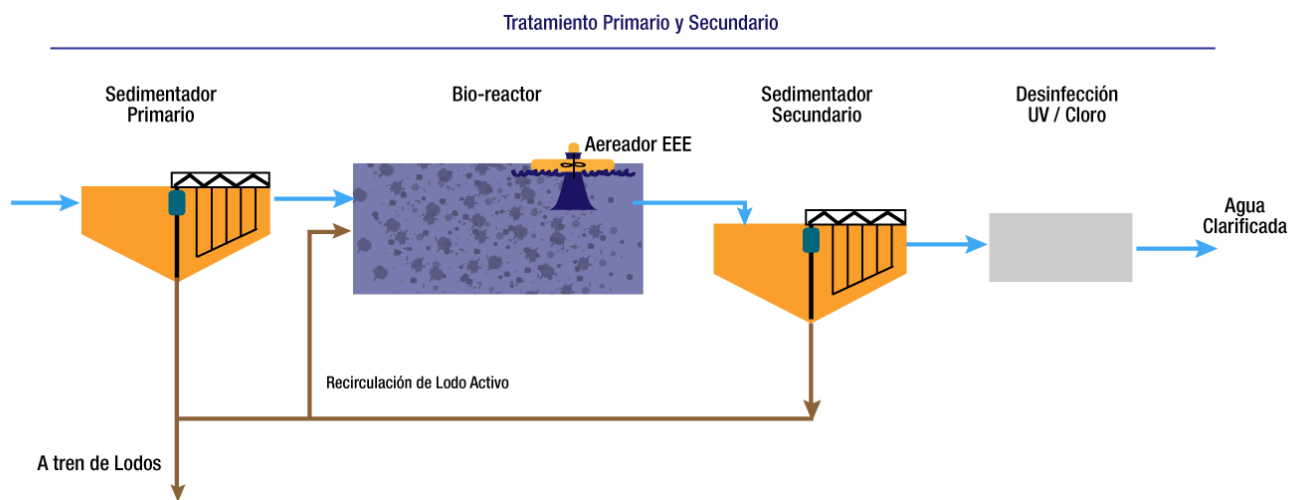
Todo reactor aeróbico va seguido de un sedimentador con la finalidad de clarificar el agua. La eficiencia de este sedimentador en la remoción de sólidos suspendidos y el nivel de Unidades Nefelométricas que se obtengan impactará en la efectividad de la etapa de desinfección posterior.

Deben considerarse los parámetros de carga hidráulica y carga de sólidos por unidad de área del sedimentador, y en su caso, usar el más crítico para diseño.

Los valores típicos de carga hidráulica son de 16 a 32 m³/m²-d y los de carga de sólidos de 4 a 6 Kg/m²-h. (Septar S.F)

Etapa de tratamiento terciaria: suprimir contaminantes específicos presentes en el agua residual, como los fosfatos, la DBO remanente, compuestos tóxicos, etc.

Con esta fase se pueden llegar a cumplir los estándares de calidad más estrictos dentro de la normativa provincial o nacional.



(Figura 1) Fuente: <https://septar.com.mx/index.php/tratamiento-primario-y-secundario-de-aguas-residuales/>

Es en este punto donde empezamos a trabajar directamente con los subproductos: por un lado, procedemos con la **desinfección del agua**, que según Marín Galvin (2012), se la define como: “la destrucción parcial o total de la flora microbiana presente en un agua”. En los sistemas de desinfección, las sustancias químicas oxidantes como el Cloro, iodo y ozono son las más utilizadas por su practicidad. El cloro, por ejemplo, tiene un porcentaje de reducción de la carga entre un 98 y 99%.

El lodo como subproducto

En la mayoría de los procesos normalmente empleados en el tratamiento de efluentes, se generan lodos como consecuencia de la separación de la fase sólida – líquida o durante el proceso químico/biológico. Estos sólidos experimentan por lo general una serie de procesos de espesamiento, estabilización, deshidratación y disposición final.

El lodo producido en los sistemas de tratamiento adopta el término de “**biosólidos**” cuando ha sido correctamente estabilizado, de lo contrario se lo denomina lodo, torta o sólido. (Torres Lozada, P; Escobar, J; Pérez Vidal, A; Imery R; Nates, P; Sánchez, G; Sánchez, M; Bermúdez, A, 2005)

Este lodo resultante del proceso, contiene el mismo contenido de material biológico y patógeno que el agua residual, pero en una mayor concentración debido a su reducción en el contenido de agua por espesamiento o deshidratación, su aplicación directa a cualquier cuerpo receptor sin tratamiento previo representa un riesgo para la salud humana y biótica. (Kiely, 1999)

Marco legal

Para vertido de aguas residuales en cuerpo receptor

En la Provincia de Neuquén el vertido de aguas residuales está regulado por la Resolución N°181 de la Ley Provincial N°2326, la cual establece la calidad del efluente y las condiciones físicas y químicas necesarias para su respectiva disposición en el recurso hídrico.

La misma resolución establece en su anexo 1, la tabla de parámetros y valores máximos admisibles. Además, menciona que: “Dado que el objetivo de esta reglamentación es regular la contaminación atendiendo a pautas para el control de los recursos superficiales de la Provincia, los parámetros a controlar no son excluyentes, considerándose el estudio de otros parámetros cuando la naturaleza del efluente así lo requiera. La especificación de cuáles de estos parámetros se controlarán se decidirá en base al origen del efluente” (Ley 2326, p.12)

Para disposición de biosólidos

Para todo el territorio Nacional rige desde el año 2018 la norma técnica N°410, para el manejo sustentable de barros y biosólidos generados en plantas depuradoras de efluentes líquidos cloacales y mixtos cloacales – industriales.

Dicha norma menciona entre sus objetivos: “establecer los criterios para el manejo, tratamiento, utilización, disposición o eliminación de los barros y biosólidos resultantes de las diferentes operaciones unitarias que realicen las plantas depuradoras de efluentes líquidos cloacales y mixtos (cloacales-industriales), a efectos de asegurar una gestión sustentable de estos materiales.” (art. 2)

También comunica que: “tiene el propósito de proteger y preservar la salud y el ambiente, conformando una guía metodológica de referencia para las diferentes jurisdicciones donde entes públicos o privados presten el servicio sanitario de depuración de efluentes líquidos cloacales y mixtos (cloacales-industriales).” (art.3)

Lo siguiente que encontramos en el Título 3 de la Norma Técnica es la clasificación y formas de uso, según los indicadores de estabilización y con un nivel de patógenos establecidos. Según esto último podemos distinguirlos en dos clases:

Biosólidos **Clase A** son aquellos barros cloacales que hayan sido sometidos a procesos destinados a reducir fuertemente su nivel de patogenicidad y su capacidad de atracción de vectores (PRFP), y que cumplan con alguno de los indicadores de estabilización de la Tabla N° 1 y con el nivel de patógenos establecido para CLASE A de la Tabla N° 2.

Biosólidos **Clase B** son aquellos barros cloacales que hayan sido sometido a procesos destinados a reducir significativamente su nivel de patogenicidad y su capacidad de atracción de vectores (PRSP) y que cumplan con alguno de los indicadores de estabilización de la Tabla N° 1, y con el nivel de patógenos establecido para CLASE B de la Tabla N° 2.

“Los biosólidos que no logren alcanzar los niveles de estabilización, podrán ser tratados nuevamente hasta alcanzar los parámetros requeridos para su uso, o bien disponerse o eliminarse según esta Norma.” (art. 7)

INDICADOR *	MÉTODO ANALÍTICO	VALOR DE REFERENCIA
Reducción de Sólidos volátiles (SV)**	Método SM 2540 G	SV > 38%
ó		
Deflexión de Oxígeno (DO)***	Método SM 2710 B	DO < 1.5 mg O ₂ /hr/g ST

Tabla 1 “Estabilización, reducción de atracción de vectores” (Norma 410, ANEXO II, 2018)

PARÁMETRO	MÉTODO DE DETERMINACIÓN	BIOSÓLIDOS	BIOSÓLIDOS
		CLASE A	CLASE B
Coliformes fecales	Método SM 9221 E; 9222 D	< 1000 NMP/g MS	< 2.000.000 NMP/g MS
Salmonella	Método SM 9260 D	< 3 NMP/4 g MS	

Tabla 2 “Nivel de patógenos en Biosólidos, Clasificación” (Norma 410, ANEXO II, 2018)

Tratamientos de estabilización y/o higienización

Conforme establece el Anexo III de la Norma 410, (2018), es requisito excluyente aplicar alguno de los procesos de estabilización sobre nuestro barro de proceso para poder encuadrarlo dentro de los Biosólidos clase A o B, según corresponda.

Procesos destinados a reducir fuertemente su nivel de patogenicidad y su capacidad de atracción de vectores (**PRFP**), son:

Compostaje: pudiendo ser del tipo “Pilas estáticas” (La temperatura de la pila o hilera es mantenida a 55°C o más durante tres días). O del tipo “Pilas con volteo” (La temperatura de la pila o hilera es mantenida en 55°C o más durante 15 días. Durante dicho período, la hilera es volteada como mínimo cinco veces)

Digestión anaeróbica termofílica: Los barros son tratados en ausencia de aire, durante un período medio de 10 días a una temperatura media de 55°C.

Digestión aeróbica termofílica: Los barros en estado líquido son agitados con aire u oxígeno, a fin de mantener las condiciones de aerobiosis durante un período medio de residencia de 10 días a una temperatura entre 55 y 60°C.

Secado por calor: Los barros se someten al contacto directo o indirecto con una corriente de gases calientes a fin de reducir el contenido de humedad hasta un 10% o menos. Las temperaturas de las partículas de barros deben exceder los 80°C o la temperatura de los gases en contacto con los barros al momento de su salida del secador excede los 80°C.

Tratamiento térmico: Los barros se calientan a 180°C o más durante 30 minutos.

Pasteurización: Los barros son mantenidos a una temperatura de 70°C o mayor por espacio de 30 minutos o más

Irradiación con rayos Beta: Los barros son irradiados con rayos beta a partir de un acelerador a una dosis de al menos 1,0 mega rad a temperatura ambiente (20°C).

Irradiación con rayos Gama: Los barros son irradiados con rayos Gama a partir de ciertos isótopos, tales como Cobalto 60 y Cesio 137, a temperatura ambiente (20°C). Este proceso no se aplica a barros primarios.

Procesos destinados a reducir significativamente su nivel de patogenicidad y su capacidad de atracción de vectores (**PRSP**).

Compostaje: Las hileras permanecen a una temperatura de 40°C o mayor durante cinco días. Dentro de este período, los barros se mantienen durante cuatro horas, en el total de los cinco días, a una temperatura mayor a los 55°C.

Digestión anaeróbica mesofílica: Los barros son tratados en ausencia de aire, durante un período medio de 15 días a una temperatura media de 35°C, o un periodo medio de 60 días a 20°C.

Digestión aeróbica: Los barros se agitan con aire u oxígeno manteniendo una condición aeróbica por un tiempo determinado y a una temperatura específica. El tiempo de residencia será de 40 días a 20°C o de 60 días a 15 °C.

Playa de secado: Los barros son secados sobre camas de arena o sobre celdas con la superficie pavimentada o no pavimentada. El período de secado no puede ser inferior a los tres meses, y durante dos de ellos la temperatura media ambiente no puede ser inferior a 0°C.

Encalado: Los barros son mezclados con cal, agregando la cantidad suficiente tal que el pH de la mezcla es llevado a 12 y se mantiene en dicho valor durante un período mínimo de dos horas de contacto.

Atenuación natural: Los barros son estibados en hileras, con un volteo anual, durante un lapso mínimo de dos años.

Factibilidad del uso de los biosólidos

La búsqueda de alternativas sustentables para el uso de los biosólidos, precisa su importancia en el crecimiento poblacional, por ende, una mayor carga en las estaciones depuradoras; y la continua mejora de políticas ambientales que apuntan a la preservación del medio natural.

La producción de barros por parte de las instalaciones de las EDAR es una consecuencia inherente del funcionamiento de las mismas, haciendo de su volumen una materia variable e incongruente en cuanto a su composición.

Teniendo en cuenta este contexto y de acuerdo a la reglamentación vigente, sería más realista pensar en dar utilidad a biosólidos de Clase B, como método de contingencia en caso que los primeros análisis no cumplan con los parámetros bioquímicos requeridos para unos de Clase A.

Los Biosólidos Clase A no tienen ningún tipo de restricción y pueden ser utilizados en todas las formas de uso dispuestas en el Artículo 10 de la Norma 410/18. En cuanto a los

de Clase B solo podrán ser utilizados siguiendo las restricciones sanitarias mencionadas en el Artículo 12 de la misma Norma.

Los biosólidos pueden ser utilizados en la agricultura como abono, es decir, como un producto con la capacidad de brindarle al suelo los nutrientes necesarios para que los cultivos puedan desarrollarse y crecer con mayor eficiencia.

Otra forma de utilización de los biosólidos es a través del compostaje o estabilización con cal, jugando un papel importante como fertilizante, aplicado sobre el suelo para garantizar la actividad microbiana y mantener la acidificación estable.

Uso agrícola:

En la Argentina, no existe un marco legal para el uso agrícola de residuos orgánicos; solo se dispone de un Decreto Reglamentario provisorio del SENASA sobre compostaje de biosólidos y residuos orgánicos urbanos, actualmente no reconocido por la institución, y una Resolución de la Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente sobre uso agrícola de biosólidos, de ámbito de aplicación restringido, que ameritan una profunda revisión. (Mazzarino & Satti. 2012)

Hay limitaciones para su utilización en agricultura debido a que pueden presentar una alta carga patogénica y presencia de elementos traza metálicos que pueden afectar a la cadena trófica a través de los cultivos y/o contaminar las aguas freáticas (Revista de Geografía Norte Grande, 2007). De allí, que la metodología de aplicación correcta debe orientarse por criterios sanitarios, agronómicos y el contenido de metales pesados, tanto de los lodos como de los suelos receptores.

En Francia, más del 60% (850.000 toneladas de materia seca) de los lodos fueron incorporados al 2% de los suelos agrícolas en 1999 y se esperaba que esto aumentara para el 2005 a 1,3 millón, siendo utilizados fundamentalmente como fertilizantes. En Estados Unidos, el año 1989 ya se incorporaba el 42% de los biosólidos a los suelos agrícolas (Revista de Geografía Norte Grande, 2007)).

Se estima que el 40% de los biosólidos originados en plantas de tratamiento de efluentes cloacales en Europa son utilizados en la agricultura, mientras que en EEUU cerca un 50%. (Jaramillo, 2002)

Rehabilitación y recuperación de suelo.

Los suelos degradados son aquellos que por actividades antrópicas o por fenómenos naturales han sufrido un proceso de pérdida de material superficial, pérdida de nutrientes o pérdida de su estructura original, afectando la capacidad de soporte de la vegetación preexistente o de los cultivos. Son suelos degradados también aquellos donde ha ocurrido desaparición de la vegetación natural o implantada y en los que se incrementa la vulnerabilidad del suelo a procesos de degradación.

El uso de biosólidos como restaurador parcial o total de suelos presenta grandes beneficios comparado con el uso de abonos químicos o los subproductos de actividades extractivas (tierra negra), ya que al ser un subproducto de la descontaminación de agua lo hace de muy bajo costo y no hay mayor demanda de recursos naturales. (Bermúdez L. A 2013).

Según un artículo de la Revista de Geografía Norte Grande se han mostrado a través de estudios efectos positivos de la adición de biosólidos en zonas montañosas de Nuevo México y en Colorado. En Estados Unidos experimentaron durante seis años con aplicaciones de biosólidos en suelos de praderas y de arbustos, concluyendo que el suelo tratado mostró un aumento de la respiración (CO₂), de la mineralización de N, de las asociaciones micorrizal, y de la biomasa activa, al compararlos con los suelos no tratados. De esta manera, los biosólidos pueden contribuir a mejorar la calidad del suelo relacionada a la actividad microbiana. (edición N|37, 2007)

Compostaje

Para la revista “Ingeniería Agrícola”:

El compostaje es un proceso biológico exotérmico de conversión de la materia orgánica presente en los residuos hacia formas más estables como el humus,

la cual es realizada por microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos que requieren de ciertas condiciones ambientales controladas que faciliten el incremento de la temperatura (usualmente entre 55 - 60 °C) para la destrucción de patógenos. El compostaje de biosólidos garantiza un producto con pH entre 6,5 y 8,0 unidades que favorece el crecimiento de las plantas, reduce la movilidad de metales pesados y puede ser usado benéficamente como acondicionador de suelos

Los biosólidos generados en PTAR presentan tendencia a la compactación y baja porosidad que ocasionan dificultades durante el proceso de compostaje por una inadecuada aireación, lo que se puede corregir adicionando materiales de soporte para mejorar la porosidad y estructura de las pilas de compost y garantizar el ingreso del oxígeno necesario para favorecer las condiciones aerobias del proceso.

Los materiales de soporte son variados: vegetales leñosos como residuos de poda de zonas verdes o de jardinería, aserrín, paja, materiales previamente compostados, trozos de neumáticos, astillas de pino, viruta de madera y desechos agrícolas. Algunos materiales de soporte actúan también como enmienda, al contribuir al mejoramiento de las características químicas del producto final, como es el caso de la cascarilla de arroz que, además de mejorar la estructura de la pila, aporta potasio.

Los materiales de enmienda son fuente de energía y carbono y suministran nutrientes rápidamente disponibles mejorando y ajustando además el contenido de humedad de la pila. Los biosólidos son residuos ricos en nitrógeno con relaciones C/N entre 5,0 y 11,0; los materiales de enmienda, ricos en carbono, permiten ajustar esta relación a los valores recomendados para garantizar la eficiencia del proceso (20 a 30) (Volumen N°27, 2007).

Algunos materiales utilizados son: residuos orgánicos municipales, paja, bagazo y cachaza de caña (residuos de la industria del azúcar), materiales minerales como la fosforita, viruta de madera, tallos de maíz, ceniza, pulpa de remolacha.

El SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agro-Alimentaria, Área Fertilizantes) propuso un decreto reglamentario que regula provisoriamente la utilización de composts de biosólidos y de residuos sólidos urbanos, como anexo a la Ley 20.466 de Fertilizantes y Enmiendas Orgánicas.

Objetivos de la investigación.

El objetivo general de esta investigación es determinar cuál es la utilización actual de los Biosólidos en la Provincia de Neuquén.

Los objetivos específicos se centran en:

- Saber cuál es el método de disposición final que se ejecuta en cada planta de tratamiento.
- Conocer el grado de compromiso con el medio ambiente, la sociedad y la práctica de técnicas sustentables.
- Determinar cuáles son los puntos de inflexión o complicaciones que representa llevar a cabo la utilización de biosólidos en cada una de las plantas de tratamiento.
- Sugerir una alternativa sustentable para la utilización factible de los Biosólidos.

Métodos

Diseño:

El diseño de la investigación es no experimental de tipo transversal ya que, “se realizaron sin la manipulación deliberada de variables y se analizaron los fenómenos en su línea natural en un momento determinado” (Hernández Sampieri, R; Fernández Collado, C. y Baptista L, 2010). En otras palabras, utilizamos información concreta y actual (puede variar en cualquier momento) sobre la disposición de los biosólidos en cada una de las estaciones depuradoras de aguas residuales que seleccionamos para el muestreo en la Provincia de Neuquén.

Teniendo en cuenta que cada EDAR adapta su sistema de tratamiento a la situación actual en la que se encuentre (capacidad, población, demografía, etc.), y es susceptible a constantes modificaciones, resulta casi imposible adaptar un enfoque cuantitativo, por lo que se realizó una recolección de datos sin medición específica con el fin de poder llegar a los hechos a través de la indagación. Decimos entonces que el enfoque es cualitativo.

La actuación de cada estación depuradora con respecto a la disponibilidad de los biosólidos, nos dará la pauta para describir el contexto, sus posibilidades de mejoría, puntos de inflexión, pudiendo llegar a notar una tendencia independientemente del modo que se desempeñen las demás, es por esto mismo que el enfoque toma una connotación descriptiva.

Participantes:

La población utilizada para la investigación fueron algunas de las plantas de tratamiento de residuos cloacales activas en la Provincia de Neuquén. Que gracias a la colaboración del Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS) que es el organismo con las facultades de regular el vertido de efluentes en todo el territorio provincial, se pudo determinar y seleccionar las siete EDAR activas de mayor consideración, para nuestro muestreo.

Teniendo en cuenta que constantemente hay un cambio de gestión y planificación, sujeto a la optimización de los servicios de saneamiento, muchas de las localidades (sobre

todo del interior de la provincia) empiezan a desafectar sus sistemas de plantas modulares para implementar plantas de lodos activados o lagunas en su defecto, pudiendo albergar y tratar de manera mas eficiente una mayor cantidad de efluente cloacal.

Es por este motivo que se eligieron de manera puntual siete (7) plantas de mayor relevancia, trayectoria y capacidad de tratamiento, tres de las cuales están dentro de la Ciudad de Neuquén Capital y las restantes en el interior de la Provincia. Podemos apreciar sus respectivas ubicaciones en la Figura 2.

La población de estudio es la siguiente:

- Planta Tronador (Neuquén Capital)
- Planta de tratamiento Bardas Norte (Neuquén Capital)
- Planta Parque industrial Neuquén (Neuquén Capital)
- Planta de efluentes Villa el Chocón (Villa el Chocón)
- Planta de efluentes Senillosa (Ciudad de Senillosa)
- Planta de Andacollo (Ciudad de Andacollo, Norte Neuquino)
- Planta Chos Malal (Ciudad de Chos Malal, Norte Neuquino)

Figura 2, Ubicación de plantas de tratamiento estudiadas.



Mapa satelital Provincia de Neuquén (recuperado de <http://ign.gov.ar>, edición propia)

Metodología:

La presente investigación se llevará a cabo a través de una encuesta digital mediante la plataforma de Google Forms (ANEXO 1), que será respondida de manera anónima, por un representante de cada EDAR idóneo en el área. El motivo es conocer concretamente cuál es su posición con respecto al objetivo planteado.

Para llegar a esto se firmaron dos acuerdos de cooperación, uno corresponde al Gerente General de Servicios Neuquén (ANEXO 2) el cual dispondrá su conformidad para realizar las operaciones necesarias en las plantas de tratamiento de Neuquén Capital; y el otro es el Gerente General de Servicios del Interior (ANEXO 3) brindando su conformidad para lo correspondiente a las plantas del interior de la Provincia.

Recolección de datos:

La información necesaria para nuestra investigación será recabada a través de una encuesta digital (ANEXO 1). La misma cuenta con 22 preguntas, de las cuales 18 son

preguntas cerradas para facilitar la edición de gráficos estadísticos y las restantes 4 dejan lugar a una opinión abierta.

El representante de cada planta de tratamiento podrá responder la encuesta de manera digital, anónima y con su total consentimiento.

Análisis de la recolección de datos:

El instrumento utilizado para el análisis de nuestras muestras fue la encuesta, en ella los participantes accedieron a una serie de preguntas de tipo opción múltiple o cerradas, las cuales nos permitirán graficar estadísticamente su respuesta y compararla con el resto de los participantes; también se incorporaron preguntas donde el encuestado pudo explicar libremente la situación planteada, con estas últimas todas las respuestas se emplearon para analizar una tendencia grupal o parcial sobre la problemática.

Plazos temporales

El proceso de esta investigación tendrá un periodo aproximado de 16 semanas.

Resultados

Gracias al consentimiento y colaboración por parte de los referentes elegidos en cada planta de tratamiento, pudimos obtener la información necesaria para analizar los resultados y dar curso a los objetivos específicos planteados con anterioridad.

Comenzamos diciendo que todos los encuestados ejercen un cargo de conducción o en su defecto tienen responsabilidad directa sobre los procesos de tratamiento. El 71.4% tienen entre 40 y 50 años de edad.

Con respecto a su experiencia en el área podemos decir como muestra la Figura 3 que el 42.9% de los encuestados desarrolla su función en un rango de 1 a 3 años, por otro lado la misma cantidad lo hace entre 3 y 6 años, por lo que resta un 14.3% que aplica entre 6 y 10 años su rol en la planta de tratamiento.

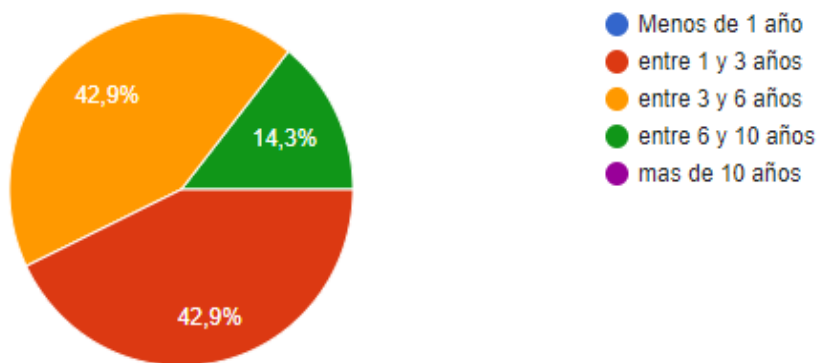


Figura 3 "tiempo trabajado en la planta de tratamiento"

Para conocer un poco más sobre los aspectos fundamentales de cada locación, es necesario tener en cuenta el tipo de proceso y el diseño de las EDAR. Los datos obtenidos reflejan que en su totalidad son de "lodos activados", realizando el 57.1% un proceso aeróbico y el restante 42.9% una combinación aeróbica y anaeróbica (Figura 4).

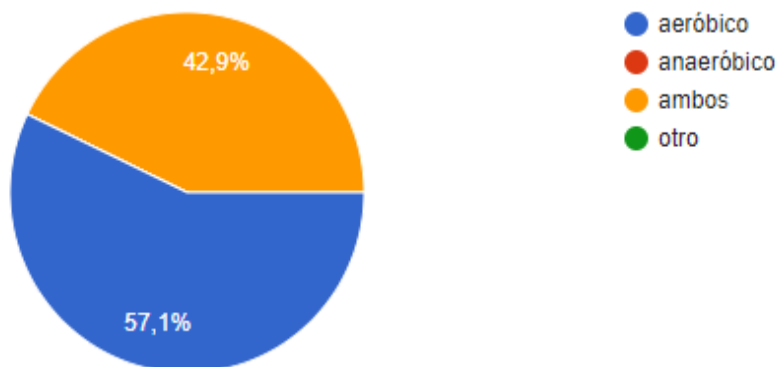


Figura 4, "tipo de proceso utilizado en la EDAR"

En cuanto a la cantidad de efluente que ingresa en cada planta de tratamiento obtuvimos una variable interesante (Figura 5), el 57.1% recibe diariamente un volumen menor a los 1000 mts³, al 28.6% le ingresa una cantidad variable entre 1000 y 5000 mts³ diarios y el restante 14.3% que equivale a una sola planta de tratamiento recibe un volumen superior a 15000 mts³ por día.

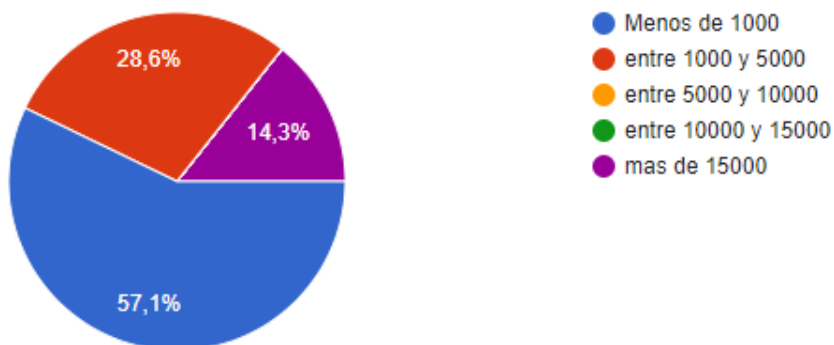


Figura 5, Volumen de efluente cloacal ingresante por día (mts³)

Continuando con ésta referenciación, sabemos que a mayor liquido cloacal ingresante mayor debería ser la producción de barro, de éste modo los resultados producidos en la entrevista muestran (Figura 6) que el 57.1% emite una cantidad menor a 1

mts³ por día, el 28.6% declara una cantidad de 1 a 3 mts³ diarios y el restante 14.3% equivale a la única planta que produce una cantidad superior a los 10 mts³.

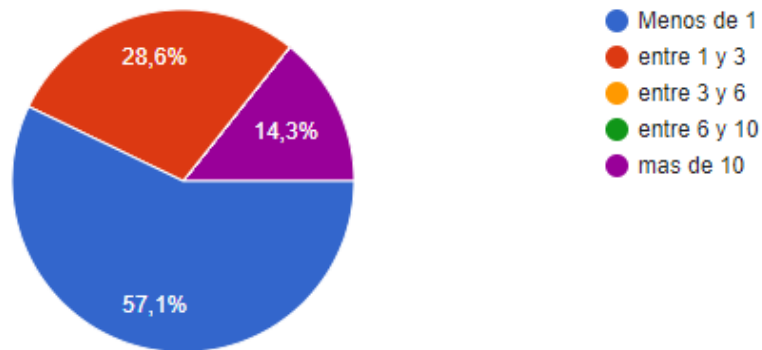


Figura 6, volúmenes de barro producidos por día (mts³)

Ya establecidos en la línea final de la disposición de los barros, consultamos a los encuestados una serie de cuestiones técnicas y personales sobre la actuación en esta etapa, con unanimidad todos respondieron que los barros de proceso **se apilan sin un fin específico dentro del predio de la planta.**

Siendo conscientes y conocedores de las especificaciones establecidas para la estabilización de los mismos, reconocen algunas de las complicaciones a la hora de llevarlo a la práctica, como podemos ver en la figura 7 la capacidad de acogida del medio, problemas de proceso y “otros” son por igual medida con el 28.6% las mayores complicaciones, mientras que los análisis variables representan un 14.3%.

En este punto los encuestados tuvieron la posibilidad de agregar con sus palabras algún aspecto que dificulte aún mas la estabilización de barros en sus plantas, y como resultado, en la mayoría de los casos la infraestructura y variables en los procesos operativos son grandes factores a tener en cuenta, por otro lado se mencionó la necesidad de invertir en nuevas tecnologías, espacio y capacitación.

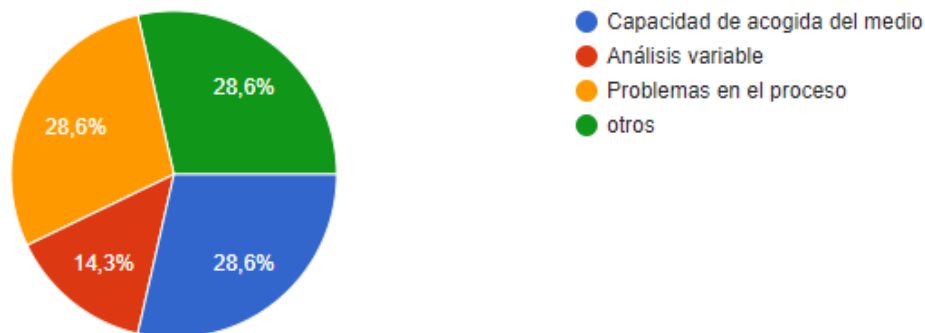


Figura 7, Principales complicaciones a la hora de estabilizar los barro.

Como parte de uno de nuestros objetivos específicos, es necesario conocer el interés que representa la sustentabilidad de los Biosólidos para cada referente, y los resultados muestran una gran inclinación por la recuperación de sitios degradados con el 42.9%, opciones como forestación y floricultura, restauración de paisajes y elaboración de abonos obtuvieron como resultado un voto cada una (figura 8).

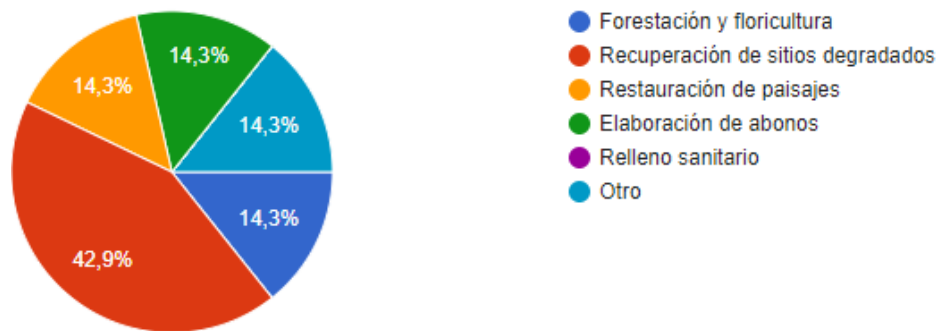


Figura 8, Opciones para la sustentabilidad de los biosólidos.

Para poder profundizar en la situación actual de cada planta de tratamiento, necesitamos ahondar en todos los aspectos que dificulten la disponibilidad de los biosólidos como materia de investigación. Para ello el siguiente punto trata de determinar el mayor problema que se presenta en cada caso, como podemos ver en la figura 9, el análisis y la infraestructura representan el 14.3% del problema cada una, 28.6% corresponde al espacio

físico, mientras que un 42.9% son otras opciones que luego los encuestados pudieron especificar.

Ese 42.9% corresponde y coincide con la opinión de la **limitada gestión e inversión** por parte de la institución con respecto a los biosólidos.

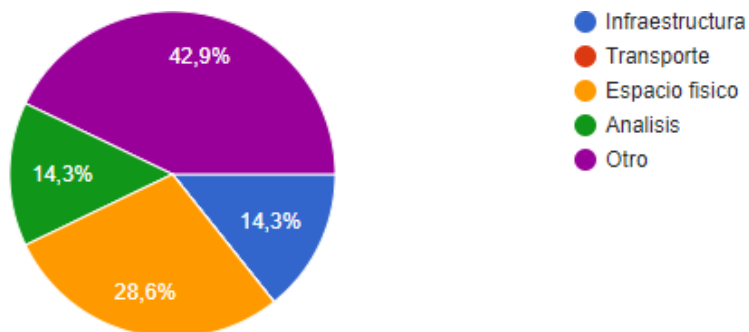


Figura 9, principales problemas de disponibilidad de biosólidos.

Teniendo en cuenta el compromiso ambiental y social, todos los encuestados respondieron con unanimidad su interés en **participar de talleres y recibir capacitaciones** que traten sobre la sustentabilidad de los biosólidos, del mismo modo estarían dispuestos a aplicarlo como parte de su proceso.

Se les pregunto también de manera adicional, cuál sería la capacitación que les gustaría recibir independientemente del tema de estudio, y la encuesta arrojó un gran interés en la preservación del hábitat con el 57.1%, 28.6% para energías renovables y un 14.3% de interés en el reciclaje (figura 10).

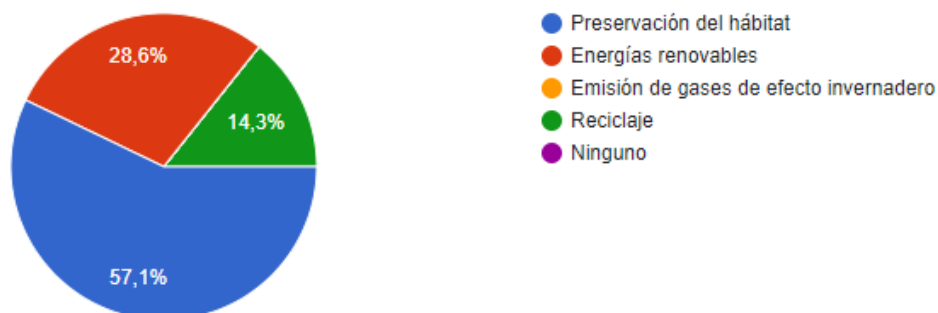


Figura 10, capacitaciones adicionales.

Con respecto al marco legal regulatorio de los biosólidos, determinamos que la totalidad de los encuestados conocen la Norma 410/18, pero también es interesante conocer su opinión con respecto a la misma, ya que son ellos los que deben lidiar con sus especificaciones constantemente. Como podemos apreciar en la figura 11, la encuesta revela que para el 71.4% la Norma legal es clara y fácil de aplicar, el 14.3% opina que si bien es clara no se puede aplicar a la realidad y el restante 14.3% cree que se debería flexibilizar.



Figura 11, opinión de los encuestados sobre la Norma 410/18

Finalizando con la entrevista se les da la posibilidad a los encuestados de hacer una breve reflexión opcional, acerca de la problemática que representa establecer la sustentabilidad o disposición de los biosólidos en su lugar de trabajo, como podemos observar (tabla 3).

¿Cuáles son los aspectos que le gustaría agregar con respecto a la sustentabilidad de biosólidos?

<i>Encuestado</i>	<i>Respuesta</i>
<i>1</i>	<i>Desde el punto de vista personal, considero que a nivel general, el diseño de las Ptecs. No contempla el subproducto de los biosólidos, de tal manera que los proyectos solo abarcan el proceso de deshidratación.</i>
<i>2</i>	<i>Sería conveniente la difusión de alternativas de uso de los barros biológicos.</i>
<i>3</i>	<i>Es necesaria la concientización de las posibilidades de uso del barro biológico</i>
<i>4</i>	<i>Es necesaria la difusión de opciones de empleo de los biosólidos</i>

Tabla 3, opinión de los encuestados sobre la sustentabilidad de Biosólidos.

Fuente: elaboración propia

Discusión

En esta investigación nos planteamos dilucidar sobre la situación actual de la disposición final de Biosólidos en la provincia de Neuquén, con la colaboración del personal del Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS) a cargo de cada Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales elegidas de manera puntual por su grado de relevancia, teniendo en cuenta factores de producción, se pudo obtener la información necesaria para concluir la investigación de manera favorable.

Gracias a esto entendemos que **no existe un plan estratégico para la gestión de los Biosólidos** de manera integrada o puntual en cada planta, por lo que estaríamos frente a un problema ambiental considerable.

En concordancia decimos que la problemática asociada a los biosólidos aparece cuando éstos dejan de ser un producto para convertirse en un residuo. Por ello es preciso buscar tratamientos adecuados que permitan, preferentemente, una utilización racional de los citados biosólidos y sólo en caso de ser inviable esta alternativa, proceder al procesado de los mismos como residuo de la forma más conveniente, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. La importancia de una conveniente gestión de los biosólidos es fundamental para el funcionamiento de cualquier instalación de depuración. (López, 1996, p.48).

Por cuestiones de espacio y ante la necesidad de poder recibir/tratar grandes caudales de efluentes se optó por la implementación de plantas de lodos activados. Como dice Matcalf y Eddy (1996), la metodología de análisis de procesos que conducirá a la elección de los procesos para una planta determinada, estará ligada entre otras cosas a la complejidad del proyecto y a la experiencia del proyectista. El análisis del proceso deberá tener en cuenta: factores importantes en la elección de procesos, análisis cinético, relaciones empíricas, efecto de la relación de los caudales y de la carga de los contaminantes sobre los procesos, fiabilidad del proceso en el cumplimiento de las normativas vigentes. (Anexo 4).

La relación de producción de barros de proceso generados por día en cada localidad, remarca una notable diferencia. Siendo Tronador en Neuquén Capital el epicentro de mayor concentración de biosólidos. Produciendo en promedio diez veces más que cualquier otra planta de la Provincia.

En cuanto a la disposición final, podemos generalizar, porque la situación es igual en todos los puntos estudiados, los barros de proceso son depositados sin control aparente en algún punto del predio de la EDAR, ésta acumulación representa un grave problema para la infraestructura del lugar, sobre todo en el caso de Planta tronador, donde se extraen del sistema volúmenes de hasta 14 Mts³ por día.

Cabe mencionar que la obtención de la calidad y las características físico/químicas del lodo, están sujetas a cualquier variación que pudiese haber en algún punto del proceso, tales como la ruptura de algún equipo, sobrecarga del sistema o algún factor climatológico entre los más comunes que podemos mencionar.

Una vez obtenido este subproducto sólido y según la “Norma técnica para el manejo sustentable de barros y biosólidos generados en plantas depuradoras de efluentes líquidos cloacales o mixtos cloacales-industriales” (410/18), hay ciertos parámetros y procesos que debe cumplir para ser dispuesto de manera viable. (página 6 a la 9 de este trabajo).

La clasificación de los Biosólidos está dispuesta según la norma en dos grupos, los de tipo A y los de tipo B; en cuando a los de tipo “A” consideramos que su obtención es la ideal ya que se le podría dar cualquier forma de uso y utilidad, pero teniendo en cuenta que debe ser sometido a algún proceso destinado a reducir fuertemente su nivel de patogenicidad y su capacidad de atracción de vectores, se necesitaría una serie de complejos sistemas de estabilización, encareciendo los presupuestos y alejándolo aún más de la realidad.

En cambio, los barros de clase “B”, si bien sus formas de uso y utilidades tienen ciertas restricciones, no es necesario contar con grandes inversiones para su estabilización.

Por otra parte, cada día se incrementan más las dificultades para trasladar los lodos fuera de la jurisdicción del lugar donde se han producido. Es por ello que la mayoría de los

grandes núcleos urbanos cada día encuentran más dificultades para enviar sus lodos a lugares distantes para su utilización. Esta tendencia probablemente se va a acentuar en el futuro.

Por ello las grandes ciudades se van a ver forzadas a depositar o utilizar cantidades cada vez mayores de lodo en sus alrededores, significando un mayor requerimiento de espacio y/o una más elevada probabilidad de exposición para el contacto humano.

A raíz de esto, procesos que produzcan una eficaz y económica reducción del nivel de patógenos, unido a una eliminación de los olores, tendrán una considerable demanda en el futuro. En situaciones en las que la utilización de los lodos en agricultura no sea posible y si además la disponibilidad de terreno para el establecimiento de vertederos es muy limitada, aquellos procesos que tengan como producto último la menor cantidad posible de un material inerte, serán los que se utilizarán preferentemente.

Así, la oxidación con aire en fase acuosa y la incineración serán las alternativas indicadas en estos casos. De todas formas, el estudio de los métodos de utilización-disposición de biosólidos ha de hacerse preferiblemente teniendo no sólo en cuenta los condicionamientos de tipo práctico legal sino fundamentalmente buscando la mejor opción desde el punto de vista medioambiental (Davis, 1994 en López, 1996)).

El interés por parte de los referentes en cada planta, es notable. Conocen la importancia de una pronta solución, pero se encuentran sin medios y con escasas herramientas para llevar a cabo el objetivo, desde la obtención de un espacio físico con el acondicionamiento y la infraestructura necesaria para darle los tratamientos de estabilización requeridos, transporte, análisis constantes, recursos humanos, entre otros.

Al momento de realizar este informe me encontré con un limitante específico, que fue la reacción de algunos referentes o encargados de los procesos al grado de exposición que pudiese tener toda la información en concepto de falencias o malas prácticas que allí se realicen, dado que, al ser un Ente Público, el derecho a la información por parte del ciudadano es un hecho, no hubo mayor negación para brindar la información de buena fe.

Otra cuestión limitante fue tener que reducir la población muestral y optar por aquellas plantas de tratamiento que tienen una continuidad uniforme, ya que el resto, no cumplen con un buen régimen en su proceso o están en estado de “abandono”, siendo víctimas de nulas inversiones o controles medio ambientales, hay decisiones políticas que trascienden la necesidad de un buen servicio o responsabilidad ambiental en estos casos.

La contraposición de los factores limitantes, fueron las fortalezas que surgieron en el momento de involucrarme con un sector profesional, multidisciplinario abocados a las funciones de controlar la calidad de los efluentes cloacales, con la facultad de proponer mejoras en cualquier punto del sistema.

Es gracias a la disposición de estas personas que pude acceder a fuentes de información concretas y a su vez, por la injerencia de este trabajo se logró el pedido de un espacio físico, con las condiciones necesarias para la futura estabilización de los barros en Neuquén Capital.

Dado que es el primer informe realizado sobre este tema en el área, servirá como guía de base para futuras investigaciones del sector académico o del propio ente gubernamental, pudiendo demostrar los cambios efectuados desde el momento en que fue realizado este estudio.

En conclusión, es necesaria la implementación una adecuada Gestión del manejo de los Biosólidos, adaptable a cada planta de tratamiento, si bien entendemos que no existe una sola alternativa para la utilización de este tipo de residuos, hay que tener en cuenta factores tales como situación geográfica, climatológica, industrialización, posición geológica del terreno, economía, grado de concientización ambiental, variables técnicas que afecten el proceso y por supuesto la composición química y orgánica del lodo.

Claramente todos estos factores pueden variar en el tiempo, por lo que es necesario implementar un sistema de monitoreo y auditoria de los procesos, y en el caso de ser necesario poder realizar las modificaciones necesarias para establecer un sistema lineal, actualizado y que represente un menor riesgo para el medio ambiente.

Del mismo modo consideramos que la viabilidad técnica del uso del biosólido en la recuperación de suelos ha sido garantizada en varios de estos estudios académicos, los cuales basan sus resultados en ensayos pequeños (Bermudez., 2012, Amezquita, 2002).

Para ello se requiere de un Biosólidos clase B, esto se obtiene reduciendo significativamente los patógenos del barro, mediante un proceso de playa de secado o atenuación natural. Cumpliendo además con alguno de los indicadores de estabilización (reducción de sólidos volátiles $>38^\circ$ o Deflexión de oxígeno $<1.5 \text{ mg O}_2\text{hs/g}$). y también con el nivel de patógenos establecidos (coliformes fecales $< 2.000.000 \text{ NMP/g MS}$).

Se recomienda a la institución como primera medida, implementar un sistema que gestione los barros producidos en las plantas de tratamiento, aplicando en cada caso puntual la metodología o técnica que se adecue a las condiciones físicas y químicas del sistema.

También incluir una línea más profunda de investigación, auditoría y control que lleve registro de todas las variaciones que pudieran o no modificar el método adoptado para la estabilización de barros.

Por todo lo expuesto con anterioridad y teniendo en cuenta las limitaciones, desventajas, y la posibilidad de innovar nuevos procesos para la correcta utilización de biosólidos en la Provincia de Neuquén, se debería profundizar esfuerzos para dar cumplimiento a las normativas legales vigentes y a la ética ambiental tan necesaria en este tipo de funciones, dejando bien establecido las necesidades, responsabilidades y obligaciones de la parte competente.

Sería justo exigir que se fortalezca la educación, participación, formación y capacitación de profesionales involucrados con el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible adoptados para la Agenda 2030, siendo el Agua y Saneamiento uno de los puntos que directamente es afectado por el servicio, colateralmente Salud y bienestar, Trabajo decente y crecimiento económico, Ciudades y comunidades sostenibles, Acción por el clima, Vida submarina y Vida de ecosistemas terrestres, son algunos de los otros objetivos en los cuales la actividad tiene alcance. Estableciendo una responsabilidad exigible.

Referencias

- Bermudez, A. (2012). “Restauración de suelos degradados mediante la aplicación de biosólidos producidos en la planta de tratamiento de aguas residuales el salitre en Bogotá”. Universidad Libre Colombia. Bogotá, Colombia.
- Amezquita Torres (2002). “Evaluación del Uso de Biosólido de la planta El Salitre como Sustrato en Procesos de Recuperación de Suelos”. Trabajo de Grado Ingeniero Ambiental y Sanitario. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. p.6. Bogotá. Colombia
- Castro C; Enriques, O y Freres, R. (Junio, 2007) “Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos del sector norte de la región metropolitana de Santiago”. Revista de geografía Norte Grande. Recuperado de:
<https://estrucplan.com.ar/posibilidades-de-aplicacion-de-lodos-o-biosolidos-a-los-suelos-del-sector-norte-de-la-region-metropolitana-de-santiago-1/>
- Chicala López, J. A. (2014). “Efluentes cloacales en la Provincia de Córdoba (Informe final de Práctica Profesional Supervisada)”. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1440/Informe%20PS%20Jose%20Chicala.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernández Vítora, (2010). “Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental”, Madrid, España. Mundi Prensa.
- González Granados, I. C. (2016). “Generación, caracterización y tratamiento de lodos de EDAR” (Tesis doctoral). Universidad de Córdoba, Argentina.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio. (2010). “Metodología de la investigación” (5ta ed.). México D. F. México.
- Jaramillo, D. (abril 2002) “Visión integral de los biosólidos. En: taller de biosólidos” Bogotá, Colombia.

- KielyI, G. (1999). “Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión”. Recuperado de: <https://scholar.google.com/citations?user=7VXRrEYAAAAJ&hl=es>
- Ley Provincial N°2326. (2001) “Ente Provincial de Agua y Saneamiento. Resolución 181 y 182” Neuquén, Argentina.
- López, M. (1996). “Biosólidos generados en la depuración de aguas (I): Planteamiento del problema”. Universidad de Oviedo, España.
- Marín Galvín R. (2012). “Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas: Teoría, práctica y problemas resueltos”. Díaz de Santos. Recuperado de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788499693873.pdf>
- Matcalf & Eddy (1996). “Ingeniería de agua residuales”. 3ra Edición. McGraw Hill. México.
- Mazzarino, M. J. & Satti, P. (2012). “Compostaje en la Argentina. Experiencias en producción, calidad y uso. Universidad Nacional de Río Negro”. Editorial UNRN & Orientación Gráfica Editora. Rio Negro, Argentina
- Muñoz Ratto, E. (1999). “Proyecto de reglamentación para la valorización agrícola de los biosólidos. En: Disposición de Biosólidos.”
- Ministerio de Ambiente y Desarrollos Sustentable. (2018). Resolución 410. “Manejo sustentable de barros y biosólidos generados en plantas depuradoras de efluentes líquidos cloacales y mixtos cloacales – industriales”. Honorable Congreso de la Nación Argentina. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-410-2018-312348>
- Ospina, F; Rodríguez, A; González, J. (2017). “Comparación de la reglamentación para el tratado de lodos proveniente de aguas residuales en Argentina, Chile y Colombia” Universidad militar nueva granada, Bogotá, Colombia.
- Septar, (S.F.) Recuperado de <https://septar.com.mx/index.php/tratamiento-primario-y-secundario-de-aguas-residuales/>

- Teamb, (2019). “Subproductos generados a través del tratamiento de efluentes”. Recuperado de: <https://teamb.com.mx/subproductos-generados-a-traves-del-tratamiento-de-aguas-residuales/>
- Torres Lozada, P; Escobar, J; Pérez Vidal, A; Imery R; Nates, P; Sánchez, G; Sánchez, M y Bermúdez, A. (Agosto, 2005). “Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales – PTAR”. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Torres, P; Pérez, A; Escobar, J; Uribe, I y Imeri, R. (2007). “Compostaje de Biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales”. Recuperado de: <https://estrucplan.com.ar/compostaje-de-biosolidos-de-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales/#:~:text=El%20compostaje%20es%20un%20proceso,controladas%20que%20faciliten%20el%20incremento>

Anexos

Anexo 1: Entrevista a los Agentes de EPAS

Entrevista, agentes EPAS

La siguiente encuesta tiene como objetivo recabar información técnica acerca de la disposición final de los barros producidos en algunas de plantas depuradoras de efluentes cloacales de la provincia de Neuquén. Los datos obtenidos serán analizados y utilizados para la presentación de una investigación académica en el marco de “trabajo final de grado del Sr. Martínez Fernando, Dni: 34882881, estudiante de la carrera “Licenciatura en Gestión Ambiental” de la Universidad Empresarial Siglo XXI.

Su participación es voluntaria y sin ningún tipo de riesgo para usted o su integridad laboral. Quedando a su disposición la posibilidad de abandonar la misma cuando lo desee.

-
1. ¿Acepta voluntariamente participar de ésta encuesta? *
 - si
 - no
 2. ¿Cuál es su condición laboral en la planta de tratamiento? *
 - Aplico un cargo de
 - conducción Soy
 - operador/a otro
 3. ¿Qué edad tiene? *
 - entre 18 y 24
 - entre 25 y 30
 - entre 30 y 40
 - entre 40 y 50
 - más de 50

4. ¿Hace cuánto tiempo trabaja en la planta? * *Marca solo un óvalo.*

- Menos de 1 año
- entre 1 y 3 años
- entre 3 y 6 años
- entre 6 y 10 años
- mas de 10 años

5. Su planta es un modelo de * *Marca solo un óvalo.*

- Planta modular
- Lagunas de decantacion
- Planta de Lodos activados
- Otro

6. ¿Qué tipo de proceso realiza la planta? *

- aeróbico
- anaeróbico
- ambos
- otro

7. ¿Qué cantidad de efluente cloacal ingresa a la planta diariamente en mts3 * (aprox)?

- Menos de 1000
- entre 1000 y 5000
- entre 5000 y 10000
- entre 10000 y
- 15000 más de
15000

8. ¿Cuántas personas operan en la planta? *

- Menos de 10
- entre 10 y 20
- entre 20 y 30
- más de 30

9. ¿Qué cantidad de barro se emite en la planta por día en mts³ (aprox)? *

- Menos de 1
- entre 1 y 3
- entre 3 y 6
- entre 6 y 10
- más de 10

10. Con respecto a la disposición de los barros, estos se apilan: *

- Dentro de las instalaciones de la planta
- Fuera de las instalaciones de la planta

11. ¿Conoce usted los procedimientos necesarios para estabilizar los barros? *

- Si
- No

12. ¿Cuál es la utilización que se les da a los biosólidos (barros estabilizados) en su lugar de trabajo?

- Compostaje
- Relleno sanitario
- Remediación de suelos
- Se apilan sin un fin específico
- Su uso es múltiple y variable
- Otro

13. ¿Cuál es la mayor complicación a la hora de estabilizar los barros? *

- Capacidad de acogida del medio
- Análisis variable
- Problemas en el proceso
- otros

14. En caso de ser necesario indique el o los motivos que dificultan la tarea de estabilización de barros.

15. ¿Cuál de las siguientes maneras cree usted que es la mas apropiada para disponer de los biosólidos? teniendo en cuenta la sustentabilidad del producto:

- Forestación y floricultura
- Recuperación de sitios degradados
- Restauración de paisajes
- Elaboración de abonos
- Relleno sanitario
- Otro

16. ¿Cuál considera usted que es el mayor problema que representan los biosólidos en su planta?

- Infraestructura
- Transporte
- Espacio físico
- Análisis
- Otro

17. En caso de ser necesario puede especificar en este espacio la/s complicación/es que representan disponer correctamente de los Biosólidos en su planta

18. ¿Le gustaría recibir capacitaciones o participar de talleres que propongan un uso más sustentable de los barros de proceso?

Si

No

19. ¿Qué capacitación/es le gustaría recibir? *

Preservación del hábitat

Energías renovables

Emisión de gases de efecto invernadero

Reciclaje

Ninguno

20. ¿Le gustaría aplicar la sustentabilidad de los Biosólidos en su lugar de trabajo? *

Si

No

Anexo 2: Consentimiento de colaboración fiel. Gerente de Saneamiento. Morales Pablo.

Encuesta sobre "Disposición final de Biosólidos en la Provincia de Neuquén"

Consentimiento informado

La siguiente encuesta será utilizada para recabar información acerca de la disposición final de Biosólidos producidos en algunas Plantas de Tratamiento de Efluentes Cloacales dentro de la Provincia de Neuquén. Los datos obtenidos serán analizados y utilizados para una investigación académica en el marco de Trabajo Final de Grado del Sr **Martínez Fernando Esteban, DNI: 34882881**. Estudiante de la Licenciatura en **Gestión Ambiental**, de la Universidad Empresarial Siglo 21.

Su participación es voluntaria y consiste en responder las preguntas honestamente, y no implica ninguna clase de riesgo para Usted.

Se asegura la total confidencialidad de sus datos.

Al completar la encuesta y firmarla, Usted acepta participar en la investigación y/o permite que se le haga la encuesta, en el marco de la misma investigación, a empleados y/o dependientes de Ud.

Si lo desea, puede abandonar la investigación en cualquier momento.

Datos personales del participante:

Nombre y Apellido: Pablo Morales

DNI: 21327300

Empresa: EPAS Puesto en la misma: Gerente de Saneamiento

Domicilio: Santiago del Est 426 Ciudad y Provincia: Ngn - Neuquén

Número de teléfono: 299-5857357 Email: pablo.morales@nequén.gov.ar

Firma y aclaración del/a participante: [Firma] Pablo Morales

Firma y aclaración del/a alumno/a investigador/a: [Firma] Martínez Fernando

Lugar y Fecha: Neuquén, 15 de octubre 2022

Anexo 3: Consentimiento de colaboración fiel. Subgerente de procesos. Aqueveque Walter.

Encuesta sobre "Disposición final de Biosólidos en la Provincia de Neuquén"

Consentimiento informado

La siguiente encuesta será utilizada para recabar información acerca de la disposición final de Biosólidos producidos en algunas Plantas de Tratamiento de Efluentes Cloacales dentro de la Provincia de Neuquén. Los datos obtenidos serán analizados y utilizados para una investigación académica en el marco de Trabajo Final de Grado del Sr **Martínez Fernando Esteban, DNI: 34882881**. Estudiante de la Licenciatura en **Gestión Ambiental**, de la Universidad Empresarial Siglo 21.

Su participación es voluntaria y consiste en responder las preguntas honestamente, y no implica ninguna clase de riesgo para Usted.

Se asegura la total confidencialidad de sus datos.

Al completar la encuesta y firmarla, Usted acepta participar en la investigación y/o permite que se le haga la encuesta, en el marco de la misma investigación, a empleados y/o dependientes de Ud.

Si lo desea, puede abandonar la investigación en cualquier momento.

Datos personales del participante:

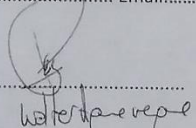
Nombre y Apellido: Walter Antonio Aqueveque

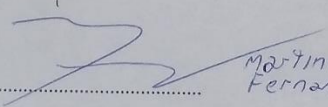
DNI: 23427091

Empresa: EPAS Puesto en la misma: Subgerente Control de Procesos

Domicilio: Santiago del Estero 426 Ciudad y Provincia: Neuquén -

Número de teléfono: 0299 4768305 Email: walteraqueveque@yahoo.com.ar

Firma y aclaración del/a participante: 
Walter Aqueveque

Firma y aclaración del/a alumno/a investigador/a: 
Martínez
Fernando

Lugar y Fecha: Neuquén, 15 de octubre 2022

Anexo 4: Factores importantes que se deben tener en cuenta en la selección y evaluación de las operaciones y procesos unitarios.

Factor	Comentario
Potencial de aplicación del proceso	En el potencial de aplicación de un proceso se evalúa en base a la experiencia anterior, datos de plantas a escala industrial, y datos obtenidos en estudio en planta piloto. Si se presentan condiciones nuevas o no usuales, los estudios en planta piloto son fundamentales.
Intervalo de caudal aplicable	El proceso se debe corresponder con el intervalo de caudales esperado. Por ejemplo, los estanques de estabilización no son adecuados para caudales muy elevados.
Variación de caudal aplicable	La mayoría de las operaciones y procesos unitarios trabajan mejor a caudal constante, a pesar de que pueden tolerar algunas variaciones. Si la variación de caudal es demasiado grande, puede ser necesaria su regulación.
Característica del agua a tratar	Las características del agua a tratar afectan a los tipos de procesos a utilizar (p.e. químicos o biológicos) y las exigencias para su adecuada explotación.
Constituyentes inhibidores y no afectados	¿Qué constituyentes potencialmente inhibidores están presentes? ¿Bajo qué condiciones se manifiestan? ¿Qué constituyentes no se ven afectados por el tratamiento?
Limitaciones climáticas	La temperatura afecta a la velocidad de reacción en la mayoría de los procesos químicos y biológicos, y también puede afectar al funcionamiento de las operaciones físicas. Las temperaturas cálidas pueden acelerar la aparición de olores y limitar la dispersión en la atmósfera.
Cinética de reacción y selección de reactor	El dimensionamiento de los reactores se basa en la cinética de reacción que gobierna el proceso. Los datos de las expresiones cinéticas suelen deducirse a partir de la experiencia, de la literatura y de los resultados de estudio en planta piloto. La influencia de la cinética de reacción sobre la elección del tipo de reactor se analiza en el apéndice G.
Eficacia	La eficacia se suele medir en función de la cantidad del efluente, que debe estar de acuerdo con las exigencias formuladas respecto al vertido de efluentes.
Residuos de tratamiento	Es necesario conocer o estimar los tipos y cantidades de residuos sólidos, líquidos y gaseosos producidos. A menudo se llevan a cabo estudios en planta piloto para la adecuada identificación de los residuos generados.
Tratamiento del fango	¿Existe alguna limitación que convierta el tratamiento de fangos en un proceso excesivamente caro o inviable? ¿Cómo afecta al rendimiento de las unidades de proceso del líquido las cargas del caudal de recirculación del tratamiento de fangos? La elección del sistema de tratamiento debe estar estrechamente relacionada con la elección del sistema de tratamiento de la fracción líquida.

Limitaciones ambientales	Factores ambientales tales como la presencia de vientos, direcciones preferentes del viento, o la proximidad a núcleos de población, pueden implicar restricciones sobre la aplicabilidad de determinados procesos de tratamiento, especialmente en el caso de procesos que puedan generar olores. Tanto el tráfico como los ruidos pueden afectar a la ubicación de las instalaciones. Las aguas receptoras cuentan con limitaciones específicas que pueden precisar la eliminación de constituyentes específicos como los nutrientes.
Necesidades químicas	¿Qué recursos y en qué cantidades van a ser necesarios a largo plazo para el desarrollo satisfactorio de las operaciones o procesos unitarios? ¿Qué influencia tiene la adición de productos químicos sobre las características de los residuos del tratamiento y sobre el coste del mismo?
Necesidades energéticas	Para proyectar sistemas de tratamiento con una relación coste-efectividad satisfactoria es necesario conocer las necesidades energéticas, así como el coste futuro de la energía.
Necesidades de otros recursos	¿Qué recursos adicionales, si los hubiere, son necesarios para el desarrollo satisfactorio del sistema de tratamiento propuesto, que incluye la operación o proceso unitario en cuestión?
Necesidades de personal	¿Con cuántos empleados, y con qué nivel de preparación es preciso contar para la explotación del proceso u operación unitaria? ¿Es posible alcanzar rápidamente dichos niveles de preparación? ¿Qué cursos de preparación serán necesarios?
Necesidades de explotación mantenimiento	¿Qué necesidades de explotación y mantenimiento adicionales es necesario cubrir? ¿Qué repuestos serán necesarios? ¿Cuál es su coste y disponibilidad?
Procesos auxiliares	¿Qué procesos auxiliares son necesarios? ¿Cómo afectan a la cantidad de efluentes, especialmente cuando devienen inoperantes?
Fiabilidad	¿Cuál es la fiabilidad a largo plazo de la operación o proceso unitario en cuestión? ¿puede desestabilizarse el proceso fácilmente? Si es así, ¿Cómo afectan estas circunstancias a la calidad del efluente?
Complejidad	¿Qué grado de complejidad presenta la explotación del proceso, tanto en condiciones rutinarias como de emergencia? ¿Qué nivel de preparación de los operarios es necesario?
Compatibilidad	¿Pueden emplearse de manera satisfactoria las operaciones y procesos unitarios en conjugación con las instalaciones existentes? ¿Se puede ampliar la planta de manera sencilla?
Disponibilidad de espacio	¿Existe espacio suficiente, no solo para la implantación de las instalaciones que se están estudiando, sino también para instalaciones futuras? ¿Qué superficie de terreno hay disponible para minimizar el impacto visual de la construcción de las instalaciones?