

Análisis de la calidad de los efluentes de una fábrica de subproductos ganaderos.

López Sardi, Mónica* ^{1,2}; Cattaneo, Maricel ¹; Santoro, Lucas ¹

¹ *Centro de Investigación en Ingeniería Sustentable, Facultad de Ingeniería, Universidad de Palermo.*

Mario Bravo 1050, C.P.1188, CABA

elopez13@palermo.edu

² *Escuela Superior Técnica del Ejército "Grl. Div. Manuel N. Savio".*

Cabildo 15, C.P. 1102, CABA

RESUMEN

Durante la faena y desposte de ganado vacuno para consumo de carne, se descarta material consistente en huesos, grasa, recortes de tejido blando y órganos. Aquellos frigoríficos que no cuentan con la infraestructura necesaria para llevar adelante el procesamiento del material de descarte de sus operaciones, recurren a los servicios de una planta de procesamiento de subproductos ganaderos. La fábrica transforma el material de descarte de faena y desposte de los frigoríficos de la zona donde se encuentra ubicada en productos con valor agregado, que posteriormente se pueden utilizar en la elaboración de alimentos balanceados para nutrición animal, alimentación humana y jabonería. La planta objeto del presente trabajo funciona en la localidad de Recreo, Provincia de Santa Fe, desde 1962.

Este estudio surge como consecuencia de la instalación de un desagüe pluvial para eliminar los efluentes de la planta. La calidad del agua de un conducto pluvial puede impactar negativamente en el ambiente y en la salud de las personas que residen en las cercanías del complejo industrial.

Si bien los valores obtenidos a través de los análisis de laboratorio de los efluentes de esta planta caen dentro de lo exigido por la reglamentación vigente en la Provincia de Santa Fe, la empresa propietaria de la fábrica de subproductos ganaderos se interesó en realizar este estudio, con el objetivo de conocer la calidad del agua que descarga en el conducto pluvial, desde el punto de vista ambiental. La metodología utilizada para la valoración es la conocida como WQI Brown (ICA Brown). Se trata de uno de los índices de calidad del agua más difundidos, desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NSF).

En el trabajo completo se realiza una descripción de las actividades de la planta y el tratamiento realizado a los efluentes que genera, se explica la metodología de cálculo del ICA Brown y se detallan los resultados obtenidos al evaluar la calidad ambiental de estos vertidos.

Palabras clave: subproductos ganaderos - vertidos y efluentes – desagüe pluvial – calidad del agua –

Área temática: A – Gestión de Calidad, Calidad Ambiental y Responsabilidad Social Empresaria.

1. INTRODUCCIÓN

Durante la faena y desposte de ganado vacuno para consumo de carne, se descarta material consistente en huesos, grasa, recortes de tejido blando y órganos. Aquellos frigoríficos que no cuentan con la infraestructura necesaria para llevar adelante el procesamiento del material de descarte de sus operaciones, recurren a los servicios de una planta de procesamiento de subproductos alimenticios.

La planta de subproductos ganaderos recolecta el material de descarte de faena y desposte de los frigoríficos de la zona donde se encuentra ubicada, y lo transforma en productos con valor agregado, que posteriormente se pueden utilizar en la elaboración de alimentos balanceados para nutrición animal, alimentación humana y jabonería. Entre ellos se encuentran el sebo líquido, la harina de carne y la harina de hueso.

La planta protagonista de este trabajo (Figura 1), funciona en la localidad de Recreo, Provincia de Santa Fe, desde 1962, con una superficie cubierta de 5000 m² sobre un terreno de siete hectáreas. Cuenta con laboratorios, oficinas administrativas, galpones de carga y descarga, secciones de mantenimiento, elaboración y depósitos, vestuarios, talleres y oficinas anexas. Las instalaciones de la empresa se encuentran adecuadas a la actividad industrial que realizan, a las normativas exigidas por SENASA y a los estándares y reglamentaciones de la Provincia de Santa Fe.

La empresa, interesada en el equilibrio y conservación del ambiente en el que desarrolla sus actividades, colaboró con la realización de este estudio, el cual consistió en el análisis físico químico de sus efluentes y la determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA), de los mismos. El ICA, cómo se explicará más adelante, permite establecer la calidad y usos probables del agua analizada.



Imagen 1.- Vista general de la planta.

1.1 El proceso productivo

El proceso de elaboración de grasas y harinas de carne y huesos (ver Figura 1) comienza cuando la materia prima ingresa a la planta. Una vez allí, el material es descargado en recipientes contenedores subterráneos (llamados tolvas) y es sometido a control sanitario. Pasado este punto, la materia prima es triturada y trasladada a una tolva pulmón que alimenta un digestor continuo. Allí, el material se deshidrata y los sebos son fundidos por calefacción indirecta a una temperatura de cocción de entre 133°C y 140°C durante 45 a 60 minutos. Una vez que salen del digestor, se produce la primera separación de sólidos y líquidos.

El material sólido es enviado a dos tolvas de carga que alimentan un sistema de prensado en donde se extrae el excedente de sebo. Posteriormente, este material, denominado expeller, es trasladado a un esterilizador que lo somete a una temperatura de 133°C durante 20 minutos y a una presión de vapor de 3 kg/cm². Este tratamiento cumple con las normas y exigencias establecidas por la Comunidad Económica Europea.

Posteriormente, el expeller esterilizado ingresa a una tolva de enfriamiento y, luego, es transportado al sector de molienda. Allí, el material pasa a través de un molino a martillo para ser envasado en bolsas de 50 kg. y big bags de 1200 kg.

Finalmente, se extraen muestras que son analizadas en el laboratorio de control de calidad de la fábrica donde se realizan los análisis físicos, químicos y bacteriológicos del producto.

Por otra parte, el material líquido, denominado sebo, pasa a través de un sistema purificador compuesto por zarandas vibratorias y centrifugas decantadoras donde se eliminan totalmente los sólidos que son reincorporados al circuito. Luego, el sebo es enviado al sector de refinería donde se produce el proceso de neutralización. Posteriormente, este producto se somete al procedimiento de blanqueo y filtrado, cuyo resultado es grasa neutra y blanqueada, con un punto de fusión de 44°C. En esta etapa, se realiza la cristalización y filtrado del material para realizar la separación del mismo en dos fases de distintos puntos de fusión. Finalmente, la grasa es desodorizada en presencia de alto vacío y alta temperatura. El proceso de producción finaliza con un control físico-químico, luego del cual el producto, que posee distintas características de acuerdo al destino y utilización que requiera el cliente, está listo para su fraccionamiento.



Imagen 2.- Proceso productivo de la planta.

1.2 Los productos

Los productos de la empresa se dividen en dos categorías: consumo humano y consumo animal. Los productos de consumo humano consisten en grasa bovina refinada comestible, bajo distintas presentaciones: para hojaldre, repostería, para tapas, y distintas variedades especiales para panaderías.

Los productos de consumo animal consisten en harinas de carne y huesos destinadas especialmente a fábricas de alimentos para mascotas y alimentos para pollos, gallinas y cerdos. Está prohibida la utilización de estos productos en la alimentación de rumiantes, como medida preventiva para el contagio de la encefalopatía espongiforme bovina, comúnmente conocida como "mal de la vaca loca".

Los sebos producidos se destinan también a la elaboración de jabones y a la industria del cuero.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Este estudio surge como consecuencia de la instalación de un desagüe pluvial en la planta. La empresa ha recibido autorización municipal para volcar 10 m³/h de vertidos al canal de escurrimiento pluvial, este a su vez desagua en el Río Salado, sito a 3 km de la planta. La calidad del agua de un conducto pluvial puede impactar negativamente en el ambiente y en la salud de las personas que residen en las cercanías del complejo industrial. Al establecer el valor del índice de calidad del agua (ICA) de los vertidos al desagüe es posible determinar los impactos del vertido y los usos probables del recurso. Esta evaluación también permitirá a la empresa desarrollar un conjunto de estrategias de minimización de impacto ambiental.

3. METODOLOGÍA. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad de cualquier masa de agua superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Los factores naturales son la erosión del suelo, los procesos atmosféricos, la lixiviación natural de los compuestos del suelo por factores hidrológicos y los procesos biológicos naturales de la fauna y flora acuáticas. El actual deterioro de la calidad del agua de las fuentes superficiales o subterráneas es debido también a causas antrópicas, como el crecimiento de la población humana, la expansión de las actividades agrícolas e industriales y las alteraciones causadas en el ciclo hidrológico por el cambio climático. Según la ONU, cada día, dos millones de toneladas de agua residual sin tratar desembocan en las aguas del mundo. La misma fuente nos informa que cada año en el mundo mueren más personas por consumir agua insalubre que por causas violentas, incluida la guerra.

La calidad del agua se establece comparando las características físico-químicas y microbiológicas de una muestra de agua con los valores establecidos en la normativa o estándares vigentes. Para poder definir, en base a los resultados de los análisis, cuál es la calidad de una fuente de agua y cuáles son los usos para los cuales se la puede destinar, se transforman dichos resultados en un Índice de calidad del agua (ICA). El ICA es un número adimensional que engloba las magnitudes de los parámetros individuales y que permite definir la evolución en el tiempo de la calidad de un curso o fuente de agua y los posibles usos a los que puede estar destinada. Entre estos usos se encuentran: agua potable, pesca, uso agrícola, uso industrial, recreación y otros.

Existen múltiples metodologías para establecer el valor de un ICA (en inglés WQI: water quality index). Entre los más aceptados en la comunidad científica, podemos mencionar el WQI Brown; el CCME WQI (Canadá); el UWQI (Europa); ISQA (España); ICA Rojas (Colombia), entre otros. Por su evaluación metodológica, los índices de calidad del agua poseen menos información que los datos individuales que los conforman, pero tienen la virtud de resumir múltiples resultados complejos en un único valor, facilitando su interpretación por parte de los responsables de la gestión del recurso, los usuarios, los medios y el público en general.

La metodología utilizada en este estudio es la conocida como WQI Brown (ICA Brown). Se trata de uno de los índices más difundidos, desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NSF). Para su creación se utilizó el método Delphi de la Corporación Rand. El nombre del método, basado en el oráculo de Delfos, nos habla de una metodología de investigación multidisciplinar para la realización de pronósticos y predicciones.

Para establecer el índice, un conjunto de 142 expertos analizó la pertinencia de un conjunto de 35 variables asociadas a la calidad del agua, calificando a cada una de "incluida", "no incluida" o "indecisa". Las variables seleccionadas debían ser calificadas de 1 a 5 (siendo 1 el valor más importante). (Ott, 1978; Brown et al, 1970).

Los resultados del sondeo se redistribuyeron entre los expertos, quienes debieron volver a elegir los parámetros, hasta que la lista quedó reducida a nueve de ellos, a saber: oxígeno disuelto, DBO5, coliformes fecales, pH, nitratos, fosfatos, desviación de la temperatura, turbidez y sólidos totales. El siguiente paso fue asignar a cada parámetro un peso específico (w_i) dentro del valor total del índice. De la discusión de los expertos, surge la siguiente tabla de valores siguiente (Tabla 1), que representa el peso específico asignado finalmente a cada parámetro:

i	PARÁMETROS SELECCIONADOS	W_i
1	Coliformes fecales	0,16
2	pH	0,12
3	DBO ₅	0,10
4	Nitratos	0,10
5	Fosfatos	0,10
6	Temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos disueltos totales	0,07
9	Oxígeno Disuelto	0,17

Tabla 1.- Parámetros y su peso específico

Se les solicita también a los expertos que, para cada uno de los nueve parámetros seleccionados, representen en un gráfico de calidad del agua (valorada de 0 a 100) en función del valor medido en campo para dicho parámetro. Las curvas se promedian de modo que representen el mejor juicio de los profesionales que participan del estudio.

De estas curvas se obtiene un valor (Q_i) de cada parámetro, por comparación con los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio.

Las curvas de ponderación se describen a continuación:

3.1 Curva de ponderación de coliformes fecales

Nota: si el número de colonias es mayor a 100.000 el valor a adoptar es 2.

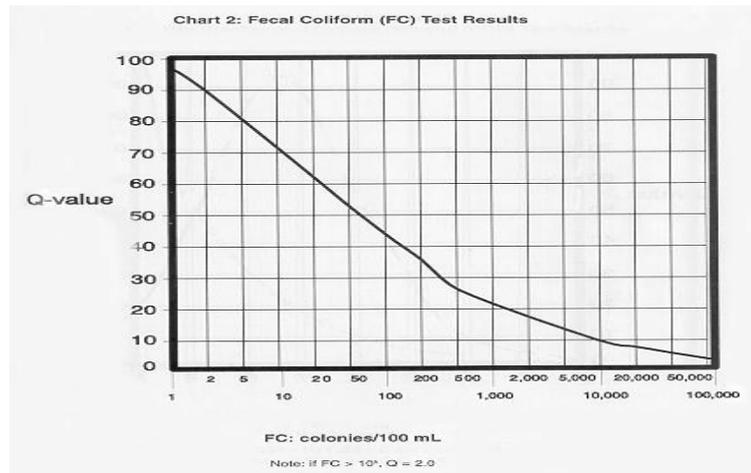


Gráfico 1.- Curva de ponderación de coliformes fecales.

3.2 Curva de ponderación de sólidos totales

Nota: si el valor supera 500 ppm el valor a adoptar es 20.

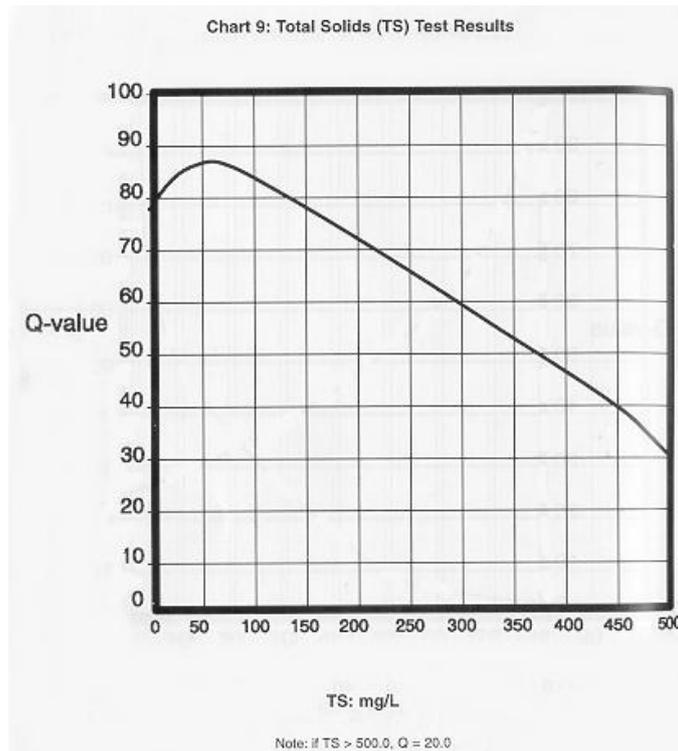


Gráfico 2.- Curva de ponderación de sólidos totales.

3.3 Curva de ponderación de oxígeno disuelto sat %

Nota: Si el valor supera 140% el valor a adoptar es igual a 50.

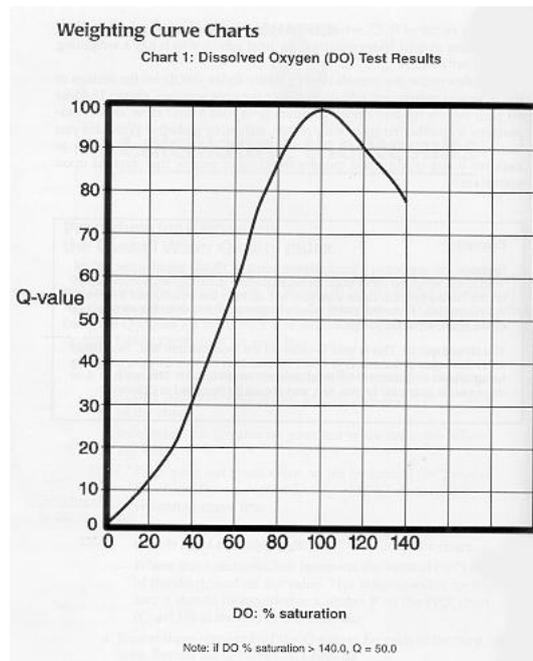


Gráfico 3.- Curva de ponderación de oxígeno disuelto

3.4 Curva de ponderación del pH

Nota: Si el valor es menor a 2 o mayor a 12 el valor a adoptar es 0.

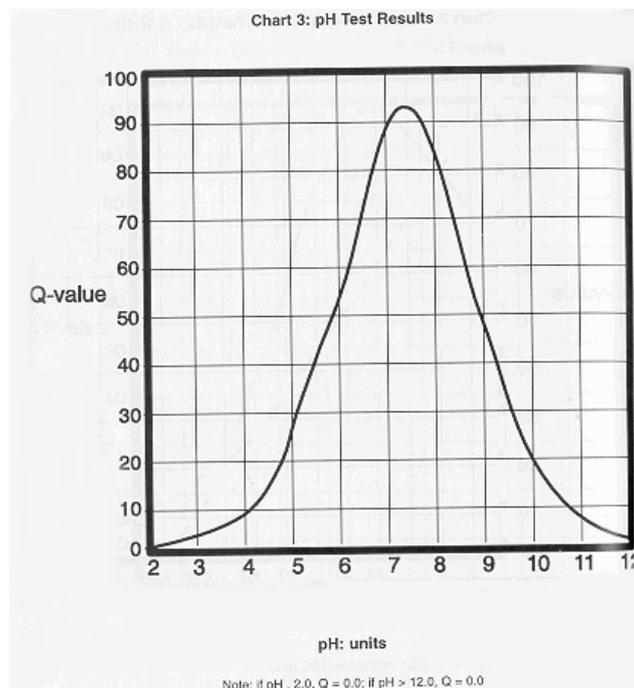


Gráfico 4.- Curva de ponderación del pH

3.5 Curva de ponderación de la turbidez

Nota: Si la turbidez es superior a 5 NTU el valor a adoptar es 5.

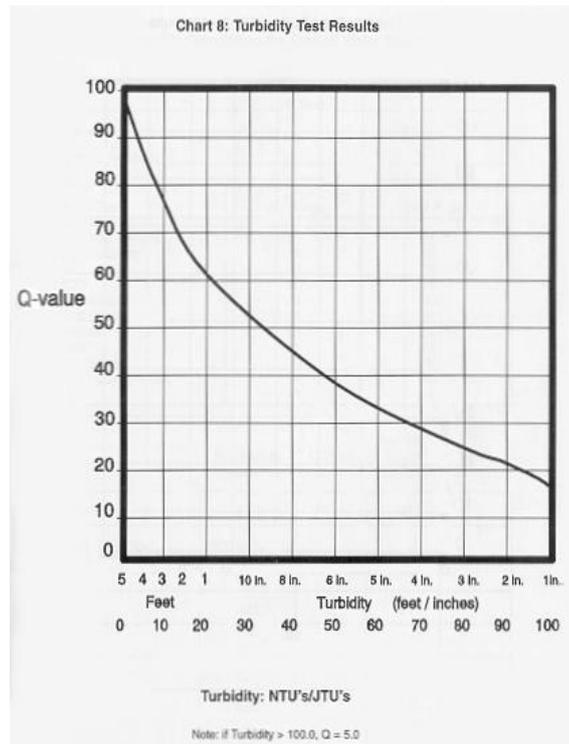


Gráfico 5.- Curva de ponderación de la turbidez.

3.6 Curva de ponderación de la demanda biológica de oxígeno

Nota: Si la DBO es mayor a 30 ppm el valor a adoptar es 2.

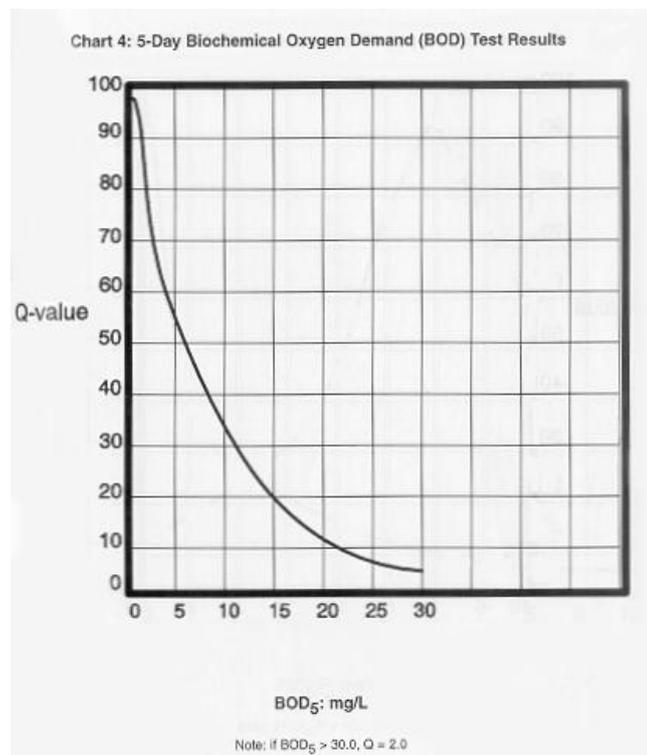


Gráfico 6.- Curva de ponderación de la DBO.

3.7 Curva de ponderación de los nitratos

Nota: si los nitratos superan los 100 ppm el valor a adoptar es 1.

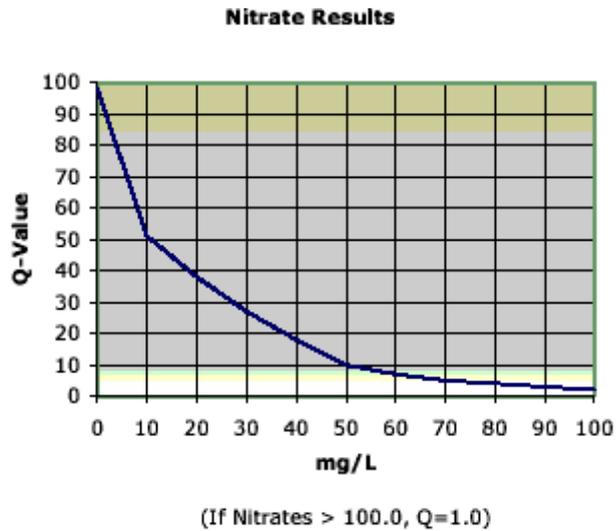


Gráfico 7.- Curva de ponderación de los nitratos

3.8 Curva de ponderación de los fosfatos

Nota: si los fosfatos superan las 100 ppm el valor a adoptar es 2.

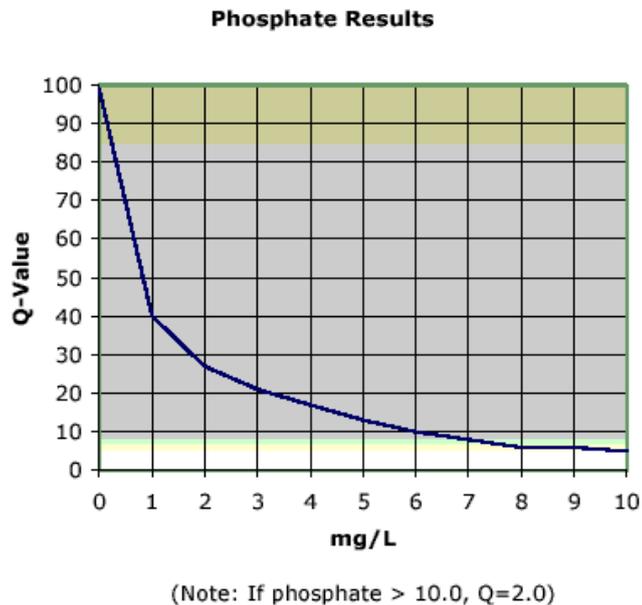


Gráfico 8.- Curva de ponderación de los fosfatos.

3.9 Curva de ponderación de la temperatura

Con respecto a la temperatura, se pondera (en °C y según la curva del gráfico siguiente), la diferencia entre la temperatura de la muestra durante los análisis y un valor de referencia (temperatura media) para ese curso de agua.

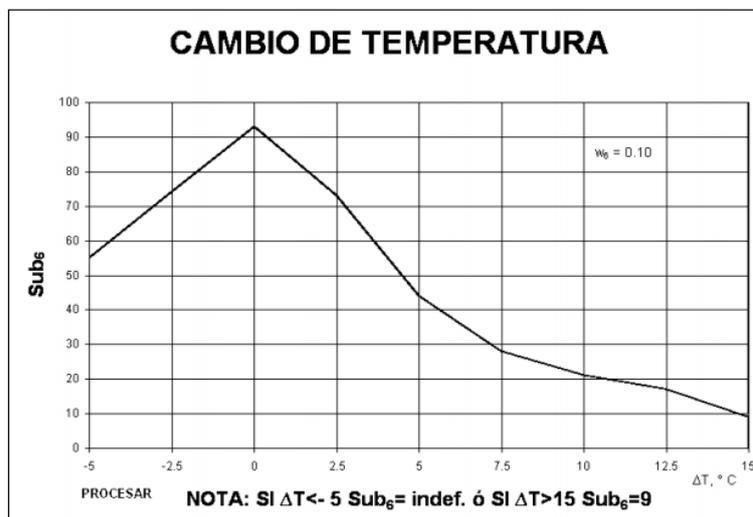


Gráfico 9.- Curva de ponderación de la temperatura.

3.10 Los parámetros elegidos y su importancia en un curso de agua

3.10.1 Potencial de hidrógeno (pH)

Este valor, que representa el potencial de hidrógeno de una solución acuosa se calcula como:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

así el pH resulta igual al logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógeno.

El valor obtenido de este parámetro nos da una idea de la acidez o basicidad de una solución acuosa. Los valores de pH se interpretan como sigue:

pH igual a 7	Medio neutro
pH menor a 7	Medio ácido
pH mayor a 7	Medio Básico

Tabla 2.- Escala de pH.

Valores de pH entre 6 y 9 son los más aptos para el desarrollo de la vida acuática. A valores por debajo de 4 o por encima de 11 se observa mortandad de peces.

Se lo puede medir con tiras reactivas o mediante electrodos ad hoc.

El pH de las aguas puede variar según los distintos tipos de vertidos que reciban las mismas. El desarrollo de algas en un curso de agua consume CO_2 y eleva el pH. En el agua dulce, un aumento de la temperatura puede provocar una disminución del pH.

3.10.2 Turbidez del agua

Se denomina así a la falta de transparencia del agua debida a la presencia de material en suspensión. Este material puede ser de distintos orígenes: plancton o fitoplancton, sedimentos erosivos, suspensión de partículas del fondo o descarga de efluentes. Se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (ntu) con el turbidímetro o nefelómetro que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

3.10.3 Sólidos disueltos totales (TDS)

Como sólidos totales disueltos en el agua se hace referencia a los residuos sólidos filtrables a través de una membrana con poros de $2.0 \mu\text{m}$ o menor. Su presencia en el agua puede afectar seriamente su palatabilidad y provocar reacciones fisiológicas adversas en el consumidor. Por esta razón su límite se establece en 500 ppm (mg/ L).

Se calcula a partir de la conductividad del agua:

$$K \cdot c = \text{TDS}$$

Donde K es la conductividad y c es el coeficiente de correlación a temperatura estándar. Se suele adoptar como valor de equivalencia $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ppm}$, por lo que c resulta tener un valor de $0,5 \text{ppm} / (\mu\text{S}/\text{cm})$.

Los sólidos disueltos pueden provenir de distintos vertidos, por disolución del lecho rocoso, por percolación de suelos, etc.

3.10.4 Oxígeno disuelto en el agua

Su concentración depende de la difusión del aire del entorno, la aireación del agua debida a saltos o agitación, y como subproducto de la fotosíntesis. Su concentración también varía con la temperatura, disminuyendo a medida que esta aumenta. La superpoblación bacteriana disminuye el oxígeno disuelto, lo mismo que la eutrofización de los cursos de agua. Por eutrofización se entiende un aumento del nivel de nitratos y fosfatos por fugas de fertilizantes de los campos o por vuelco de efluentes sin tratar. Estos iones actúan como nutrientes de las algas y otras plantas acuáticas, las cuales se desarrollan en exceso, consumiendo el oxígeno y provocando turbidez. Esto afecta seriamente el desarrollo de los peces y disminuye la calidad del agua. Se estima que el mínimo de oxígeno disuelto para una diversa población de peces ronda las 5 ppm. El valor óptimo en las buenas aguas de pesca es de 9 ppm. Un exceso de gases disueltos también es nocivo para los peces (enfermedad de la burbuja de gas). Un valor menor a 3 ppm puede ser letal para la fauna ictícola.

El oxígeno disuelto es absolutamente esencial para la supervivencia de todos los organismos acuáticos (no sólo peces también invertebrados como cangrejos, almejas, zooplancton, etc.). Además el oxígeno afecta a otros indicadores, no solo los bioquímicos, sino también estéticos como el olor, claridad del agua, y sabor.

Sin embargo, los niveles altos de oxígeno disuelto aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua. Por esta razón, las industrias usan agua con la mínima cantidad posible de oxígeno disuelto. El agua usada en calderas de muy baja presión no tienen más de 2.0 ppm de oxígeno disuelto, pero muchas plantas de calderas intentan mantener los niveles de oxígeno en 0.007 ppm o menos.

3.10.5 Demanda Biológica de Oxígeno

La materia orgánica presente en un curso de agua es biodegradada por microorganismos aeróbicos (que trabajan en presencia de oxígeno)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general, residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

La prueba de la DBO es un bioensayo experimental, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por un tiempo determinado, generalmente cinco días (DBO5).

3.10.6 Nitratos en el agua

Aunque los nitratos son un producto normal del metabolismo humano, el agua con altas concentraciones en nitratos representa un riesgo para la salud, especialmente en los niños. Si se bebe agua con elevadas concentraciones de nitratos la acción de determinados microorganismos en el estómago puede transformar los nitratos en nitritos, que al ser absorbido en la sangre convierte a la hemoglobina en metahemoglobina. La metahemoglobina se caracteriza por inhibir el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible, si puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños ("síndrome del bebé azul"). Pero también los nitratos pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas, compuestos que pueden ser cancerígenos. Su consumo es especialmente riesgoso para embarazadas y niños. La Organización Mundial de la Salud (OMS) fija el límite de nitrato en el agua de consumo humano en 50 mg/L de nitrato (como N). En cambio, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Norteamérica (EPA) sitúa este límite en 10 mg/L de nitrato. Por su parte, la Comunidad Europea y siguiendo sus directrices, el Ministerio de Sanidad Español fijan los niveles máximos permitidos de nitratos en 50mg/L de N.

La presencia de nitratos en un curso de agua puede atribuirse a fuentes naturales como los depósitos geológicos u el contacto con vegetación en descomposición. Sin embargo, una de las fuentes principales de nitratos en el agua son los fertilizantes con nitrógeno. Las aguas de riego o la lluvia acarrear los nitratos a través del suelo hasta los ríos, los acuíferos subterráneos o hasta los pozos poco profundos.

3.10.7 Fosfatos en el agua

Los compuestos de fosfato que se encuentran en las aguas residuales o que se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de: fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza. La carga de fosfato total se compone de ortofosfato, polifosfato y compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la

eutrofización. Tan sólo 1 g de fosfato-fósforo (PO₄-P) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas. Cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de alrededor de 150 g.

3.10.8 Coliformes

Se aplica como denominación genérica de un grupo de especies bacterianas. La bacteria principal del grupo es la Escherichia coli (bacteria del intestino). Las bacterias coliformes se consideran indicadores de contaminación fecal en aguas, debido a su gran resistencia en este medio y a que su origen es principalmente fecal. Su ausencia en un agua indica que es bacteriológicamente segura. Dado que no todos los coliformes son de origen fecal, es importante distinguir en un análisis los coliformes totales de los coliformes fecales. La fuente de E. coli en el agua siempre es de origen fecal, ya sea de excretas humanas o animales.

3.10.9 Temperatura

Una modificación de la temperatura media de un curso de agua afectará a los peces y a las algas que viven en ellas. El uso termoeléctrico del agua genera contaminación térmica. También los vertidos afectan a la temperatura media de los cursos de agua. Como vimos más arriba la modificación de la temperatura afecta la concentración del oxígeno y el pH, entre otros valores. Un aumento de la temperatura tendrá también influencia en la cinética de todos los procesos físicoquímicos y biológicos que en ella ocurren.

3.11 Cálculo e interpretación del ICA

El cálculo del ICA del agua analizada se realiza mediante la siguiente suma lineal ponderada:

$$ICA = \sum Q_i * w_i \quad (1)$$

En la ecuación (1), Q_i , representa el valor obtenido (mediante análisis de laboratorio) para cada uno de los 9 parámetros que componen el índice. Por su parte, w_i , representa el peso específico asignado a cada parámetro por el comité de expertos. (Tabla 1). Así se obtiene un valor que oscila de 0 a 100. La calidad del agua se establece a través de este valor, de acuerdo a la siguiente tabla de ponderación:

<p>Uso como Agua Potable 90-100 - No requiere purificación para consumo. 80-90 - Purificación menor requerida. 70-80 - Dudoso su consumo sin purificación. 50-70 - Tratamiento potabilizador necesario. 40-50 - Dudosa para consumo. 0-40 - Inaceptable para consumo.</p> <p>Uso en Agricultura 90-100 - No requiere purificación para riego. 70-90 - Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua. 50-70 - Utilizable en mayoría de cultivos. 30-50 - Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos. 20-30 - Uso solo en cultivos muy resistentes. 0-20 - Inaceptable para riego.</p> <p>Uso en Pesca y Vida Acuática 70-100 - Pesca y vida acuática abundante. 60-70 - Límite para peces muy sensitivos. 50-60 - Dudosa la pesca sin riesgos de salud. 40-50 - Vida acuática limitada a especies muy resistentes. 30-40 - Inaceptable para actividad pesquera. 0-30 - Inaceptable para vida acuática.</p> <p>Uso Industrial 90-100 - No se requiere purificación. 70-90 - Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación. 50-70 - No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. 30-50 - Tratamiento para mayoría de usos. 20-30 - Uso restringido en actividades burdas. 0-20 - Inaceptable para cualquier industria.</p> <p>Uso Recreativo 70-100 - Cualquier tipo de deporte acuático. 50-70 - Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias. 40-50 - Dudosa para contacto con el agua. 30-40 - Evitar contacto, sólo con lanchas. 20-30 - Contaminación visible, evitar cercanía 0-20 - Inaceptable para recreación.</p>

Tabla 3. Usos probables del agua según el valor numérico del ICA calculado.

4. TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN LA PLANTA

Se define como efluente, en el caso que nos ocupa, a los vertidos líquidos derivados del proceso industrial.

En la fábrica de subproductos ganaderos, el agua residual de los procesos de la planta, es tratada en un sistema de piletas y lagunas de estabilización, con el objetivo principal de eliminar la materia orgánica. Este proceso se denomina autodepuración o estabilización natural, en el cual parte de la materia orgánica sedimenta (tratamiento primario) y otra parte es oxidada o removida por la flora bacteriana heterótrofa presente en las mismas aguas (tratamiento secundario). Las instalaciones de la planta cuentan con once lagunas de tratamiento, seis del tipo anaerobio y cinco aeróbicas.

Las lagunas anaerobias tienen una profundidad de entre 2,5 a 3 m. y se emplean para tratamiento de vertidos líquidos con elevado contenido de materia orgánica soluble y suspendida. Carecen de oxígeno disuelto, se las utiliza como lagunas primarias en el tratamiento de líquidos cloacales o altamente contaminados. Pueden lograrse remociones de materia orgánica del orden de un 60%. Las lagunas de tratamiento aerobio son de baja profundidad, menor a un metro. En ellas la carga orgánica es lo suficientemente baja como para que en todo momento se encuentre presente oxígeno disuelto en toda la masa de agua contenida en la laguna. Este oxígeno es producido por durante la fotosíntesis realizada por las algas presentes en la misma laguna. Los efluentes de la planta permanecen en las lagunas un lapso de tiempo prolongado, del orden de varios meses.

Este sistema de lagunas requiere de muy poco suministro de energía, únicamente la necesaria para el bombeo de los líquidos residuales. Su mantenimiento es sencillo, sólo se hace necesaria la remoción del material acumulado y flotante.

Luego de este tratamiento los efluentes son descargados en un desagüe pluvial.

En la provincia de Santa Fe existe reglamentación vigente respecto a la calidad del agua que se puede verter en los conductos pluviales y sus afluentes, la Resolución 1089/82.

A continuación se destacan algunos de los principales requisitos para este tipo de vertidos:

- La temperatura del agua debe ser menor de 45°C.
- El pH estará comprendido entre 5,5 y 10.
- Sólidos sedimentables en 2 horas < 1 mL/ L.
- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de los efluentes descargados no debe sobrepasar la DBO5 del conducto pluvial.
- Sulfuros < 1 mg / L.
- Sustancias grasas, alquitranadas, resinas, aceites y lubricantes < 100 mg / L.
- No se admitirán en los conductos pluviales líquidos que contengan gases tóxicos o malolientes, gases inflamables ni residuos o cuerpos gruesos.

Cuando la calidad del agua que circula por el desagüe pluvial es deficiente suele ser responsable de impactos ambientales negativos para la salud de la población circundante y en los usos probables del curso de agua donde se efectúa la descarga.

Si bien los valores obtenidos al analizar los efluentes de la planta, caen dentro de lo exigido por la reglamentación vigente, la empresa propietaria de la fábrica de subproductos ganaderos accedió a realizar este estudio, con el objetivo de conocer la calidad integral del agua que descarga en el conducto pluvial, desde el punto de vista ambiental



Imagen 3.- Lagunas de tratamiento de efluentes en la planta.

4.1 Cálculo del índice de calidad del agua de los efluentes de la planta

La Tabla 4 refleja los valores observados mediante análisis de laboratorio realizados sobre los efluentes de la planta, de los nueve parámetros requeridos para el cálculo del ICA. Estos valores se extrapolan en las correspondientes curvas propuestas por los expertos, obteniéndose el valor Q_i para cada parámetro. Luego se multiplican estos valores por el peso específico w_i , obteniéndose el valor del ICA mediante la sumatoria de estos productos.

i		Valor observado	Q_i	w_i	$Q_i * w_i$
1	Coliformes fecales	< 1,8 NMP /mL	89,41	0,16	14,31
2	pH	6,5	68,31	0,12	8,20
3	DBO ₅	235,6 mg/L	2	0,10	0,2
4	Nitratos	6,14 mg/L	70,46	0,10	7,05
5	Fosfatos	45,7 mg/L	2	0,10	0,2
6	Temp. muestra – temp. ambiente	26-19°C= 7 °C	32,30	0,10	3,23
7	Turbidez	109 NTU	5	0,08	0,4
8	Sólidos disueltos totales	1204 mg/L	32	0,07	1,4
9	Oxígeno Disuelto	7,8 mg/L sat 94,34%	95	0,17	16,15
ICA	$ICA = \sum Q_i * w_i$				51,14

Tabla 4.- Valores observados en la muestra y valor del ICA.

Según lo explicitado en la Tabla 3 sobre los usos del agua, la calidad del agua vertida al desagüe pluvial desde el punto de vista ambiental es baja, siendo considerada dudosa para consumo humano sin tratamiento potabilizador, permite el desarrollo de vida acuática limitada a especies resistentes cuya pesca para consumo pone en riesgo la salud y se deben restringir las actividades acuáticas recreativas, en especial las que requieran inmersión. Sin embargo podría llegar a utilizarse para riego de cultivos o para usos industriales de operación normal.

5. POLÍTICA EMPRESARIA DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS

La empresa objeto del presente estudio, se encuentra habilitada por SENASA para recibir todo el material cárnico desechado por frigoríficos o similares. La actividad que desarrolla es considerada un proceso de reciclado, que cierra el circuito del material cárnico de descarte. Si bien, como se indicó más arriba, los vertidos al desagüe pluvial cumplen con los requisitos de la normativa vigente, la empresa sigue adoptando medidas que minimicen el impacto ambiental de sus actividades. Entre las mismas, cabe mencionar:

- Instalación de aerocondensadores que retienen y condensan los fluidos gaseosos capaces de provocar contaminación atmosférica. Estos condensados se incorporan a los efluentes líquidos y son tratados en el sistema de lagunas anaerobias y aerobias antes descriptos. De este modo las actividades industriales de la planta no generan contaminación del aire.
- Se limita al máximo el uso del agua en los procesos ajenos a la producción en sí.
- Se realizan análisis semanales de los efluentes para controlar la calidad del agua de los vertidos.
- La empresa está instalando otra fábrica de características similares en la provincia del Chaco. En el diseño de esta nueva planta se ha incorporado una sección de secado de sangre, para evitar su vertido y mezcla con los efluentes líquidos.

6. CONCLUSIONES

Las distintas instancias gubernamentales: nacionales, provinciales y municipales, incorporan, desde hace unos años a la fecha, normativas ambientales que rigen para las diferentes actividades industriales y comerciales que se llevan adelante en sus territorios. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo, nos permiten afirmar que el cumplimiento de la reglamentación vigente no asegura una real minimización del impacto ambiental.

En el caso de la empresa estudiada, cuyas acciones no sólo cumplen los requisitos reglamentarios, sino que demuestran una preocupación que va más allá de lo requerido por la normativa, aún se detectan impactos que pueden ser negativos en el ambiente.

La conclusión de este trabajo es que, para una real preservación de la biocapacidad ambiental de nuestro territorio, se hace imprescindible una revisión y actualización de las disposiciones gubernamentales vinculadas al uso de los recursos y el cuidado del ambiente por parte de las empresas que realizan sus actividades en el ámbito nacional.

7. FUENTES CONSULTADAS

León Vizcaíno, L. F.; (2009). *Índices de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala*. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Disponible en: <http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf>

Valcarcel Rojas, L. Alberro macías, N. Frías Fonseca, D. (2009) *El índice de calidad de agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos*. Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). Ciudad de La Habana. Cuba. Disponible en: ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf

Oram, B. (2013). *The water quality index. Monitoring the quality of surfacewaters. Calculating NSF WQI*. Environmental Consultants Inc. Disponible en: <http://www.waterresearch.net/watrqualindex/index.htm>

Laboratorio de química ambiental. (1997). *Métodos de análisis de aguas*. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm

Gómez García, Luis F. (2009). *Indicadores de calidad del agua*. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6166>

Insuga Rendering Plant. (2013). Disponible en: <http://www.insuga.com.ar/>

Guía Ambiental. (2010). *Lagunas de estabilización*. Disponible en <http://www.guiaambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-lagunas-estabilizacion.html>

Resolución Provincial 1089/1982- DiPOS- *Reglamento para el control de vertimiento de líquidos residuales*. Disponible en: [http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/28842/\(subtema\)/112857](http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/28842/(subtema)/112857)

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a las autoridades de la empresa INSUGA S. A., cuya buena voluntad e interés en la preservación del ambiente hicieron posible la realización del presente estudio.

Agradecemos al Sr Decano de la Facultad de Ingeniería Ing. Uriel Cukierman y a la Secretaria Académica de la Facultad, Lic. Patricia González, por el continuo estímulo a las actividades de investigación del CIIS (Centro de Investigación en Ingeniería Sustentable).

Un reconocimiento especial para las autoridades de la Escuela Superior Técnica del Ejército y a los integrantes de la Secretaría de Investigación, que acompañan en forma permanente el avance de nuestro proyecto conjunto.