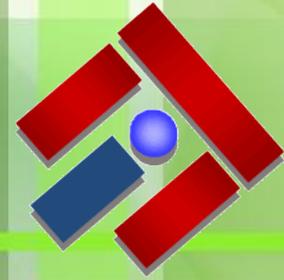




Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



*EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE
REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL
A ESCALA PILOTO PARA
TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN MEDIO SALINO
OPERANDO CON ALTA CARGA
ORGÁNICA*

Tutor:

Ing. María Rincones

Presentado por:

Aurimar Marchena

Jonathan Godoy

Caracas, Noviembre 2009

CONTENIDO



CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

INTRODUCCIÓN

*Capítulo I
Fundamentos de la
investigación*

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos por uso doméstico e industrial, la parte líquida de los mismos conocida como agua residual es esencialmente el agua de la que se desprende la comunidad luego de haber sido empleada en sus diferentes usos.

INTRODUCCIÓN

Capítulo I Fundamentos de la investigación

Si se permite la acumulación y estancamiento de las aguas residuales, la descomposición de la materia orgánica que contiene provoca el consumo del oxígeno presente en los cuerpos de agua, ocasionando gradualmente la eutrofización de los mismos, que consiste en la presencia excesiva de materia orgánica en el agua, lo cual provoca un crecimiento rápido de algas (fitoplacton).



INTRODUCCIÓN

Dentro de los tratamientos biológicos, se encuentra el uso de reactores secuenciales por carga (SBR siglas correspondientes a Sequential Batch Reactor), cuyos fundamentos y su tecnología son cada vez más empleados debido a la eficiencia que proporciona el proceso, los bajos costos de instalación y operación en comparación con otros sistemas de tratamiento.

INTRODUCCIÓN

Durante la investigación se quiere evaluar la adaptación de la biomasa ante la presencia de sales, lograda la misma se procederá a precisar los niveles de sal que puede aceptar el sistema manteniendo su eficiencia, de la misma manera se pretende establecer las condiciones óptimas a las cuales debe operar el sistema para alcanzar sus objetivos.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

AZUAJE Y MUÑOZ (2006)

✓ Diseño y construcción de un SBR

✓ Evaluación preliminar con agua residual

LIPPO Y LORENZO (2008)

✓ Adaptación de la biomasa a aguas salinas

✓ Evaluación del sistema hasta un 25% de salinidad en el agua residual

Se ha evidenciado que en comunidades pertenecientes a islas se emplean aguas para uso doméstico con mayores porcentajes en volumen de salinidad, superiores al 50% inclusive emplean agua de mar para ciertos usos, las cuales posteriormente deben ser llevadas a tratamiento

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se ha evidenciado que en comunidades pertenecientes a islas se emplean aguas para uso doméstico con mayores porcentajes en volumen de salinidad, superiores al 50% en volumen

Surge la necesidad de evaluar dicho sistema para mayores proporciones de salinidad en el agua residual que las alcanzadas en el Trabajo Especial de Grado de Lorenzo y Lippo, contribuyendo así con un estudio más completo dirigido a la optimización de los sistemas SBR como tratamiento para aguas residuales con contenido salino.



GENERAL

Evaluar el sistema de reactor biológico secuencial (SBR) a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales producto de actividades domésticas con contenido salino, operando el sistema con alta carga orgánica

ESPECÍFICOS

- ✓ Generar alta carga orgánica en el efluente de agua residual que se alimenta al sistema de reactor biológico secuencial (SBR).
- ✓ Simular las aguas residuales propias de actividades domésticas provenientes de islas e islotes. Caracterizadas por contener sales.
- ✓ Aclimatar la biomasa a las aguas residuales domésticas con contenido salino.
- ✓ Caracterizar el afluente y efluente del sistema SBR, simuladas utilizando agua residual doméstica con proporciones de agua de mar a medida que se cambian las condiciones de operación en cuanto al contenido de sales.

ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar el comportamiento del sistema de reactor biológico secuencial a diferentes condiciones de salinidad, superiores inclusive al 50% en volumen de agua salada - agua residual.
- ✓ Optimizar el proceso del sistema del reactor secuencial por cargas (SBR).
- ✓ Estudiar la efectividad del sistema de tratamiento de aguas basado en un reactor secuencial por cargas (SBR) bajo condiciones de salinidad.

REACTOR SECUENCIAL POR CARGAS (SBR)



Es un sistema de lodos activados para tratamiento del agua residual que utiliza ciclos de llenado y descarga. En este sistema el agua residual entra en una tanda a un reactor único, recibe tratamiento para remover componentes indeseables y luego se descarga.

CRITERIOS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

Bretti (2002) explica que el primer paso es determinar por anticipado las características del agua a tratar y los requisitos de los efluentes de salida. Estos parámetros del afluente típicamente incluyen: caudal de diseño, temperatura, máximo demanda bioquímica de oxígeno medida a los 5 días ($DBO_{5,20}$), pH, alcalinidad.

Parámetro	Efluente Domiciliario	Efluente Industrial
Relación F/M [d^{-1}]	0,15 – 0,40	0,15 – 0,60
Ciclo completo [hora]	6	4 – 24
Mínimo típico SSLM [mg/l]	2.000 – 2.500	2.000 – 4.000
Tiempo de Retención Hidráulica [hora]	4 – 14	varia

Fuente: Bretti, 2002

CRITERIOS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

“Sólidos suspendidos en el licor mezclado” o por sus siglas SSLM, se conoce que en esos sólidos existe material inorgánico puesto que son una suma de sólidos.



“Sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado” o SSVLM y aporta una medición de concentración de materia orgánica presente.



La relación F/M o relación Alimento/Microorganismo es una razón entre la cantidad de carga orgánica que se alimenta al sistema y la cantidad total de masa activa y la misma puede fluctuar durante todo el año según los cambios en las condiciones de trabajo, incluidas las características del afluente.



CRITERIOS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

Tiempo de retención hidráulico (TRH). Los cambios en el TRH pueden afectar la actividad biológica, por ejemplo, la disminución del TRH afecta negativamente a la nitrificación y también trae como consecuencia una descarga con mayor DBO.

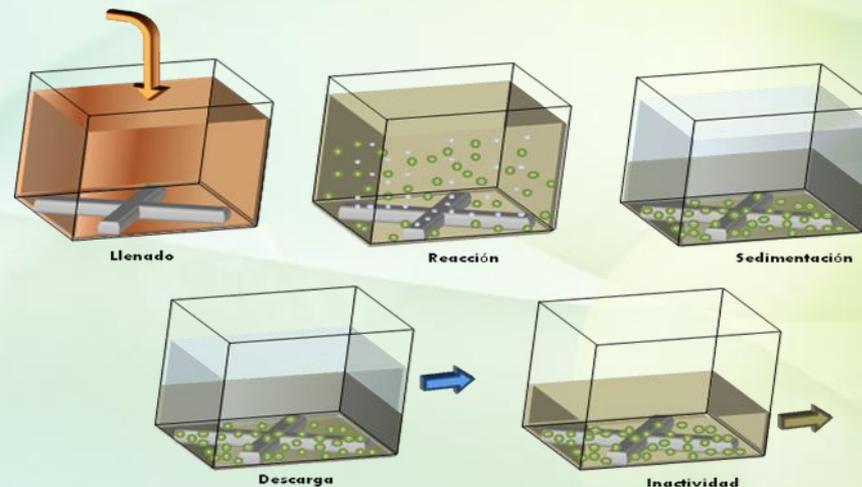
Según Brett (2002) “Gerard Kiely determinó que la duración del ciclo puede variar entre 4 y 48 horas, el tiempo de retención hidráulico (TRH) está entre 15 y 80 día y la relación F/M, para el caso de plantas tipo SBR, puede rondar entre los 0,03 y 0,18 d⁻¹.”



ETAPAS SBR

Capítulo II
Marco referencial

La publicación de la EPA (1999) explica detalladamente las etapas del proceso de un reactor secuencial por cargas, las cuales fundamentalmente son: inactividad, llenado, reacción, sedimentación y descarga.



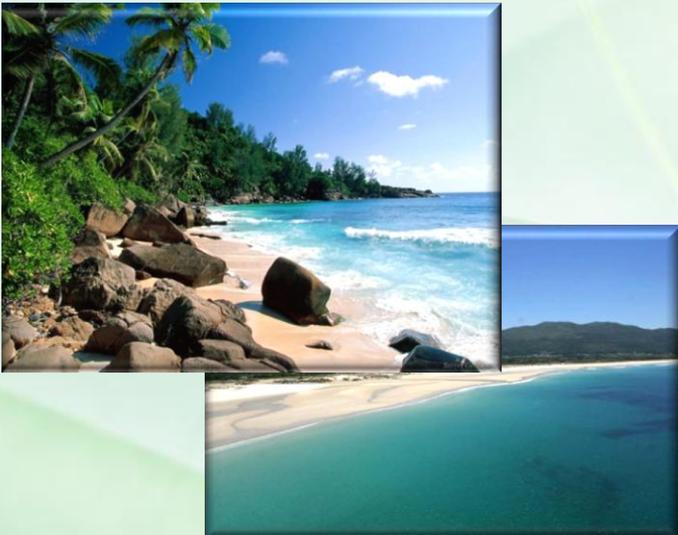
Etapas del proceso de un SBR típico

Fuente: Lippo y Lorenzo, 2008.

EFFECTIVIDAD DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

El tratamiento biológico de aguas residuales salinas generalmente resulta en una baja remoción de DBO / DQO debido a los malos efectos de la sal sobre la flora microbiana.



Investigadores han estudiado dichos efectos en la bioactividad de los microorganismos y encontraron que los altos niveles de salinidad provocaban efectos adversos en el tratamiento. (Uygur, 2006).

EFFECTIVIDAD DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

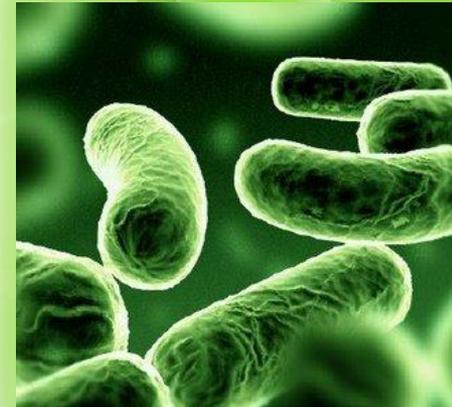
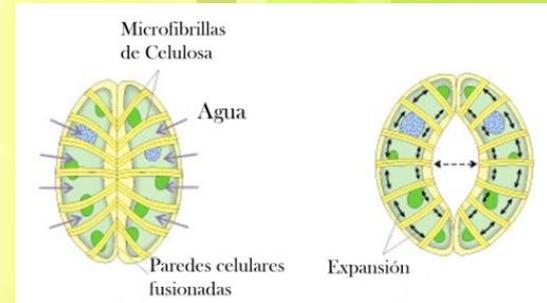
La turgencia determina el grado de rigidez de una célula, en este fenómeno las células intentan absorber agua alcanzando mayores proporciones e incrementando la tensión de la membrana celular por la presencia del contenido salino.



La inhibición celular es la pérdida de la estructura y parte de la desnaturalización de las enzimas, lo cual trae como consecuencia la pérdida de actividad celular.



La semipermeabilidad de la membrana citoplasmática y la permeabilidad de la pared celular en los microorganismos originan, entre otros, el fenómeno de plasmólisis.

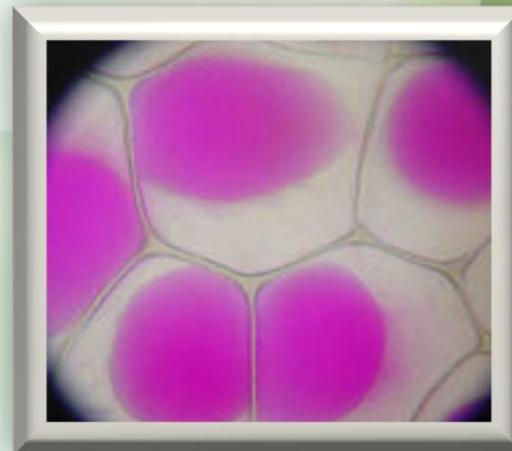


EFFECTIVIDAD DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

Plasmólisis

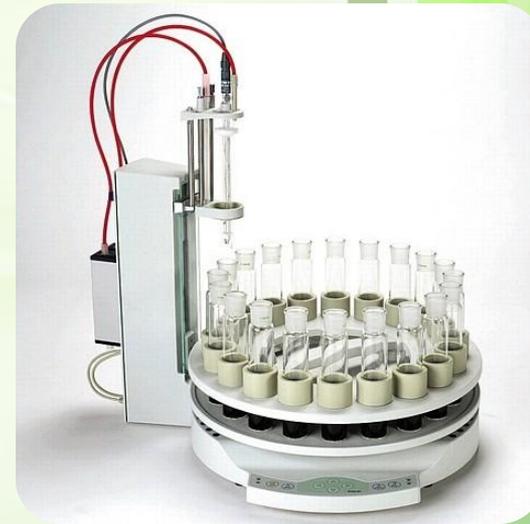
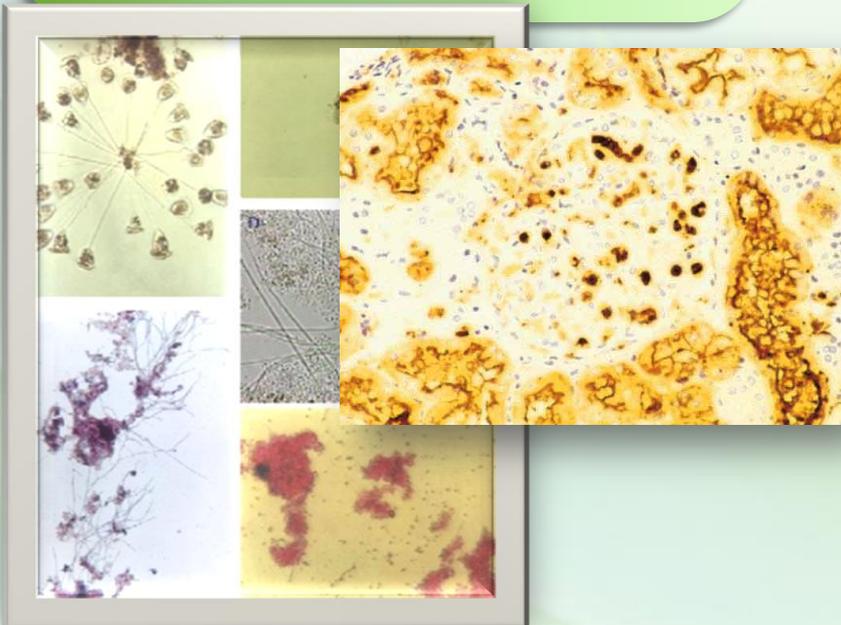
El agua que hay dentro de la membrana celular sale al medio hipertónico por ósmosis y la célula se deshidrata ya que pierde el agua que la llenaba



EFFECTIVIDAD DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

El flóculo es la unidad ecológica y estructural del lodo activo formada por una agrupación de bacterias y otros microorganismos que permiten la oxidación de la materia orgánica.



El porcentaje de la remoción de nutrientes (DQO, $\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{PO}_4\text{-P}$) disminuye con el aumento en las concentraciones del contenido salino debido a la plasmólisis y la pérdida de las actividades de los organismos.

EFFECTIVIDAD DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

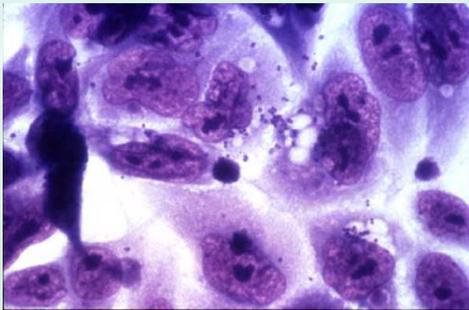
Las características de sedimentación de los lodos también se ven afectadas por los contenidos de sal resultando en altos valores del Índice Volumétrico de Lodos (IVL). El valor de IVL aumentó de 50 ml/g en el 0,5% de sal a cerca de 97 ml/g a 6% de sal. Otros efectos son las bajas concentraciones de biomasa en el licor mezclado.



EFFECTIVIDAD DE UN SBR

Capítulo II
Marco referencial

Los microorganismos luchan en primer lugar para resistir la presión osmótica para lograr la retención de agua en sus células y en segundo lugar para degradar el sustrato.



El consumo de oxígeno es utilizado para sobrevivir más que para la degradación y la sal acumulada en las células reduce la eficiencia en la utilización del oxígeno.



Rene, Kim y Park concluyeron de su estudio en el 2007 que la inhibición que produce la sal puede ser reducida significativamente después de la aclimatación de la biomasa.



La Aclimatación es posible

- ✓ Naturaleza de la Biomasa
- ✓ Adaptación progresiva de lodos
- ✓ Dinámica
- ✓ Diversidad de Ecosistemas

Se ha demostrado que los tratamientos industriales de aguas residuales hipersalinas podrían ser similares a los tratamientos de aguas residuales comunes (Lefebvre et al. 2007).

MARCO METODOLÓGICO

Capítulo II
Marco referencial

Revisión bibliográfica

Se realizó un estudio comprensivo y minucioso de la bibliografía a fin de recabar y profundizar en todo lo referente al tratamiento de aguas residuales mediante sistemas SBR.



Así como también
de la estructura
de los equipos.

Se llevó a cabo una
revisión de la descripción
de todo el sistema
operativo

MARCO METODOLÓGICO

Capítulo II
Marco referencial

Se procedió a estudiar todo lo relacionado con el equipo SBR puesto en marcha en la PETA (Planta Experimental de Tratamiento de Aguas), ubicada en la Universidad Central de Venezuela

Evaluación del sistema SBR

En la evaluación del sistema estuvieron involucradas 3 fases principales:

- ✓ Primera fase es la adaptación del sistema
- ✓ Segunda es la caracterización de las cargas
- ✓ Por último la optimización de los tiempos de operación.



METODOLOGÍA

Capítulo III
Marco metodológico

Adaptación	✓ Agua Residual ✓ Agua Residual/Melaza ✓ Agua Residual /Melaza/Salina (Diferentes Porcentajes)	➤ Controlada con la remoción de materia orgánica biodegradable
Caracterización	✓ Agua Residual ✓ Agua Residual/Melaza ✓ Agua Residual /Melaza/Salina (Diferentes Porcentajes)	➤ DBO ➤ DQO ➤ Sólidos Sedimentables ➤ Sólidos Suspendidos ➤ Oxígeno Disuelto Licor Mezclado
Optimización	✓ Tiempo de retención ✓ Mínima DBO	

METODOLOGÍA

Capítulo III
Marco metodológico



Adaptación del sistema

Se puso en marcha con la alimentación del efluente que proviene del Colector Marginal Izquierdo del Rio Valle, a fin de lograr la presencia de biomasa.



Biomasa

METODOLOGÍA

Capítulo III
Marco metodológico

Se preparó la mezcla de agua residual con melaza diariamente en el tanque de premezclado, este hecho aseguró una alimentación con una $DBO_{5,20}$ en el orden de 300 mg/l, obteniendo así afluentes similares a aguas residuales de islas e islotes. Finalmente se estudió la estabilidad del sistema a través de la eficiencia de remoción de materia orgánica en función de la $DBO_{5,20}$, alcanzada la misma se procedió con la siguiente fase.



METODOLOGÍA

*Capítulo III
Marco metodológico*



La adaptación o estabilización del sistema fue necesaria durante cada etapa, tanto para la generación de biomasa como para la caracterización de las cargas y siempre que se realizó un cambio en alguna condición de operación y en cada caso fue evaluada de manera similar a lo expresado anteriormente.

METODOLOGÍA

Capítulo III
Marco metodológico

Caracterización de las Cargas

Adición gradual de agua de Mar a la mezcla afluyente del sistema.



Para cada valor de concentración de mezcla salina operada con el reactor SBR, se realizaron análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos en sus diferentes formas, presencia de Cloruros, Conductividad y Oxígeno Disuelto, según las normas estandarizadas

METODOLOGÍA

Capítulo III
Marco metodológico

Se variaron las concentraciones de contenido salino en el afluente de manera sistemática desde 1,4% aumentándola hasta un 75%. La mezcla afluente se preparó en el tanque de mezcla previo al reactor, controlando el contenido salino mediante la conductividad específica. De igual manera para cada cambio de salinidad en la entrada del sistema, se determinó la estabilidad del mismo y seguidamente se procedió a caracterizar la carga específica.

Finalmente gracias a los datos arrojados por el proceso y el posterior análisis de los mismos, se logró evaluar el efecto de la salinidad respecto a la tasa de rendimiento del sistema.





Optimización de los Tiempos de Operación

Verificar valores de remoción de materia orgánica biodegradable óptimos en función al tiempo de retención en el reactor.

Seguidamente se evaluó el sistema para cargas orgánicas menores, hasta valores de $DBO_{5,20}$ en el orden de 20 mg/l. Para variar la carga orgánica se fue eliminando progresivamente la cantidad de melaza añadida al agua residual.

Una vez evaluado el sistema en un 75% de contenido salino se procedió a optimizar el tiempo de reacción, cambiándolo de 10 horas a 4 horas que fue un valor óptimo determinado en el Trabajo Especial de Grado de Azuaje y Muñoz en el 2006.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA

*Capítulo IV
Discusión de
resultados*

ESQUEMA DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Adaptación

- ✓ Agua Residual
- ✓ Agua Residual/Melaza

Caracterización

- ✓ Simulación del agua residual salina
- ✓ Estabilización
- ✓ Caracterización

Optimización

- ✓ Tiempo de reacción
- ✓ Mínima DBO del afluente

ADAPTACIÓN DEL SISTEMA

Capítulo IV
Discusión de
resultados

Representación del crecimiento de la biomasa en la etapa de adaptación

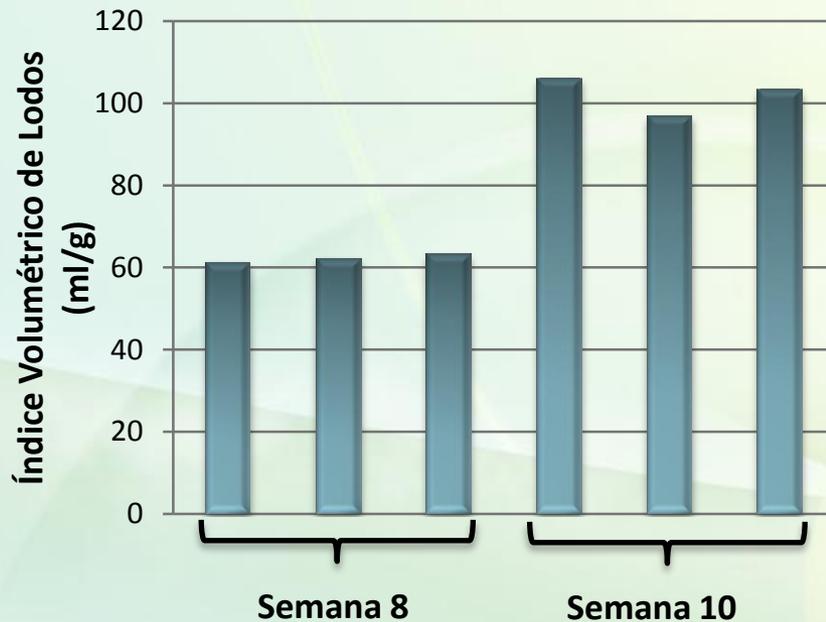


En la semana 10 se alcanzó un valor de sólidos sedimentables de 425 ml/l, operando el SBR con agua residual procedente del colector.

ADAPTACIÓN DEL SISTEMA

Capítulo IV
Discusión de
resultados

Índice Volumétrico de Lodos en el período final de generación de biomasa

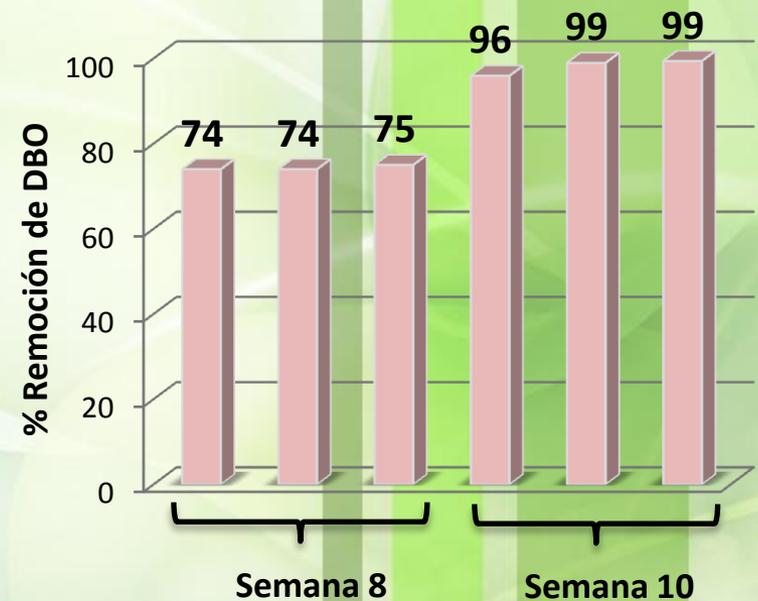
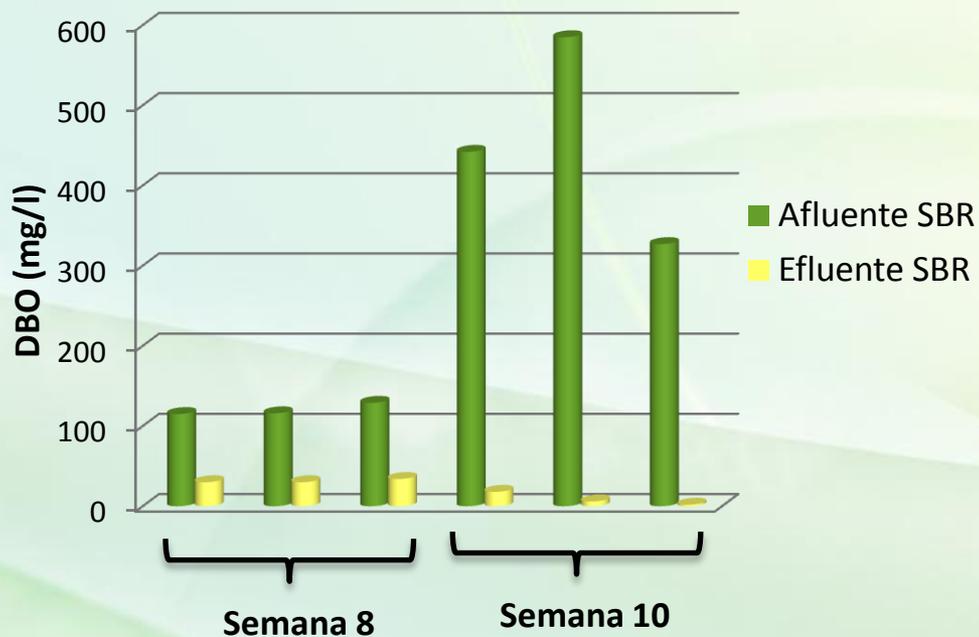


Valores de IVL en el orden de 100 ml/g son recomendables y es indicativo de una sedimentación adecuada.

ADAPTACIÓN DEL SISTEMA

Capítulo IV
Discusión de
resultados

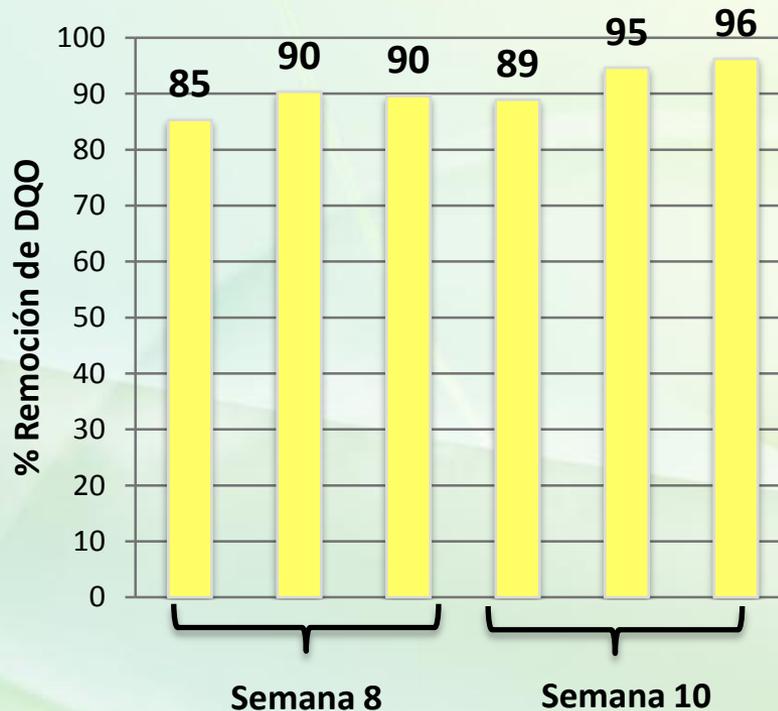
Valores de DBO en los afluentes y efluentes en el período final de generación de biomasa y porcentaje de remoción.



ADAPTACIÓN DEL SISTEMA

Capítulo IV
Discusión de
resultados

Porcentajes de remoción en términos de DQO para el período final de generación de biomasa

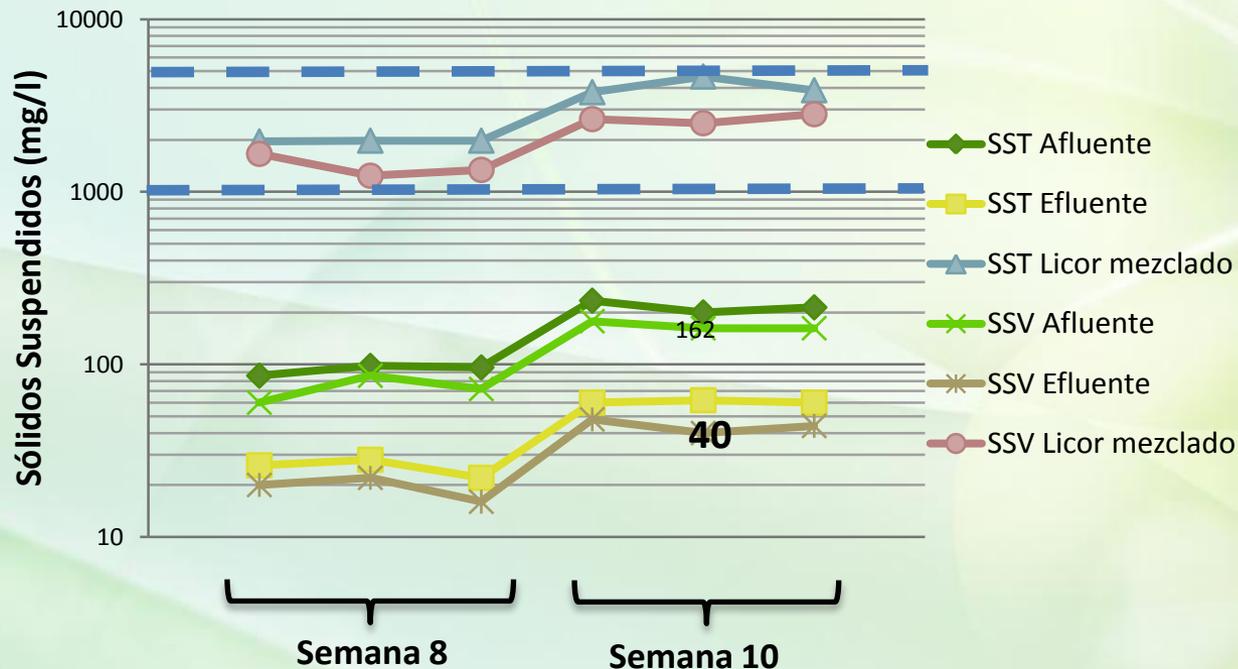


Los resultados reflejan el buen funcionamiento del proceso sin embargo no son estables.

ADAPTACIÓN DEL SISTEMA

Capítulo IV
Discusión de
resultados

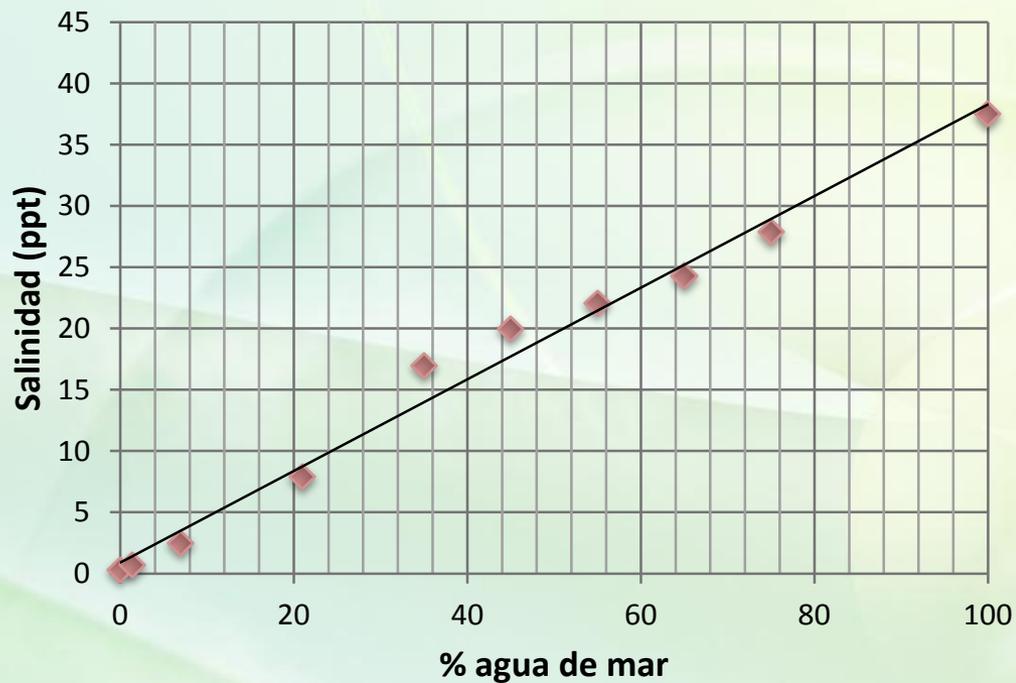
Variación de los Sólidos Suspendidos en el afluente, efluente y en el licor mezclado para el período final de generación de biomasa



CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

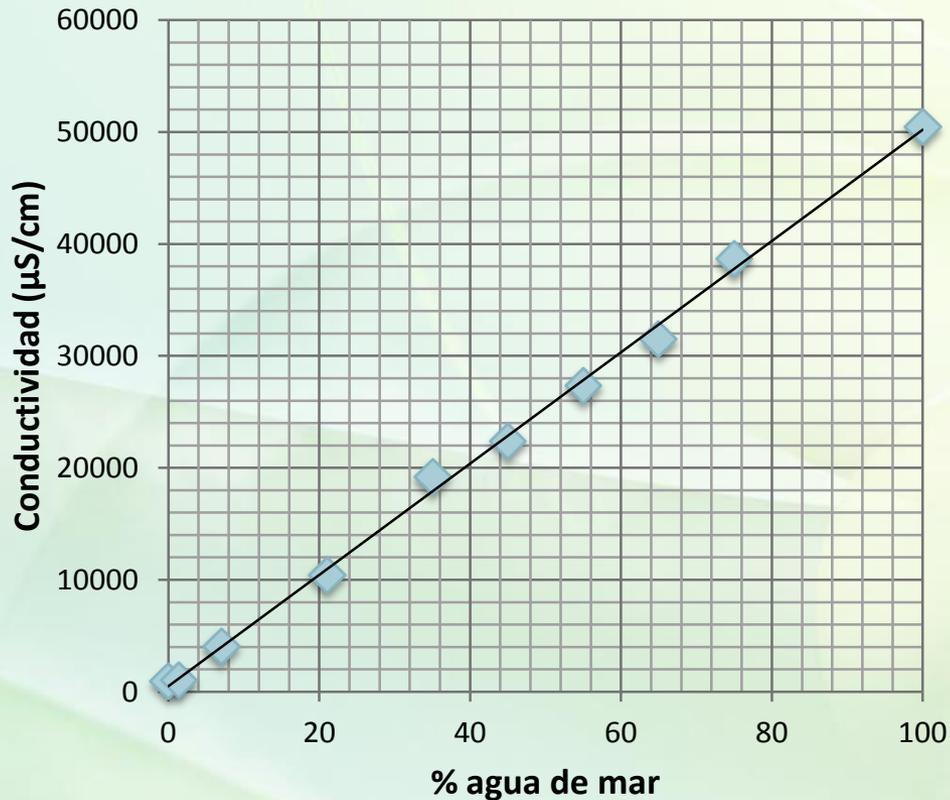
Salinidad del agua residual para los diferentes porcentajes de contenido salino



CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

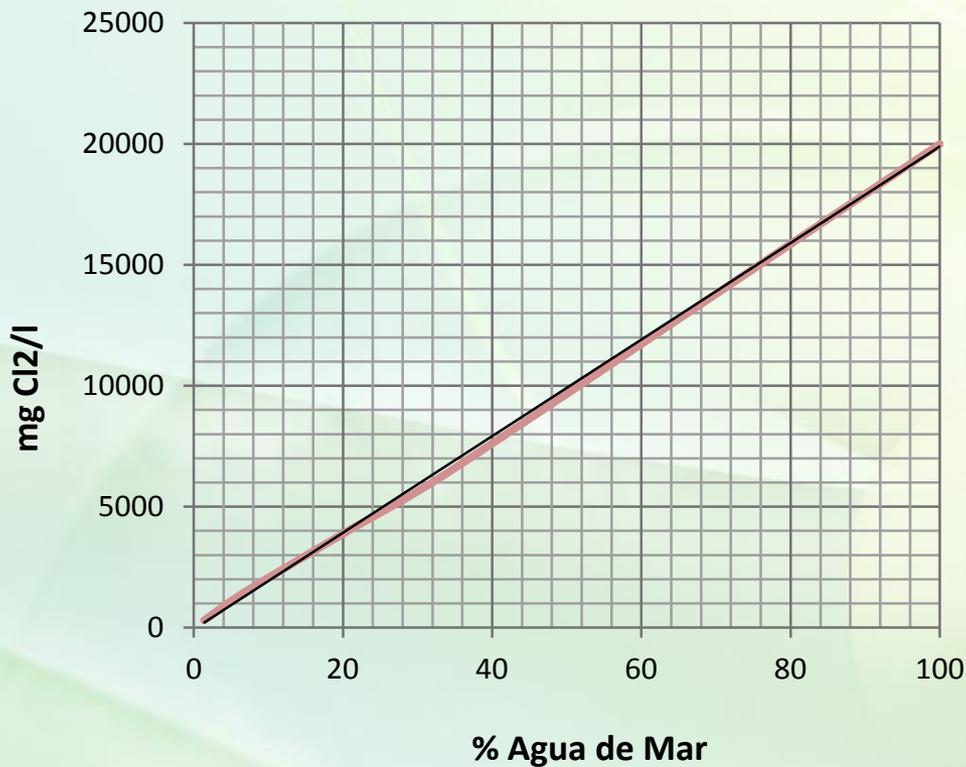
Conductividad del agua residual al incrementarse el contenido salino



CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

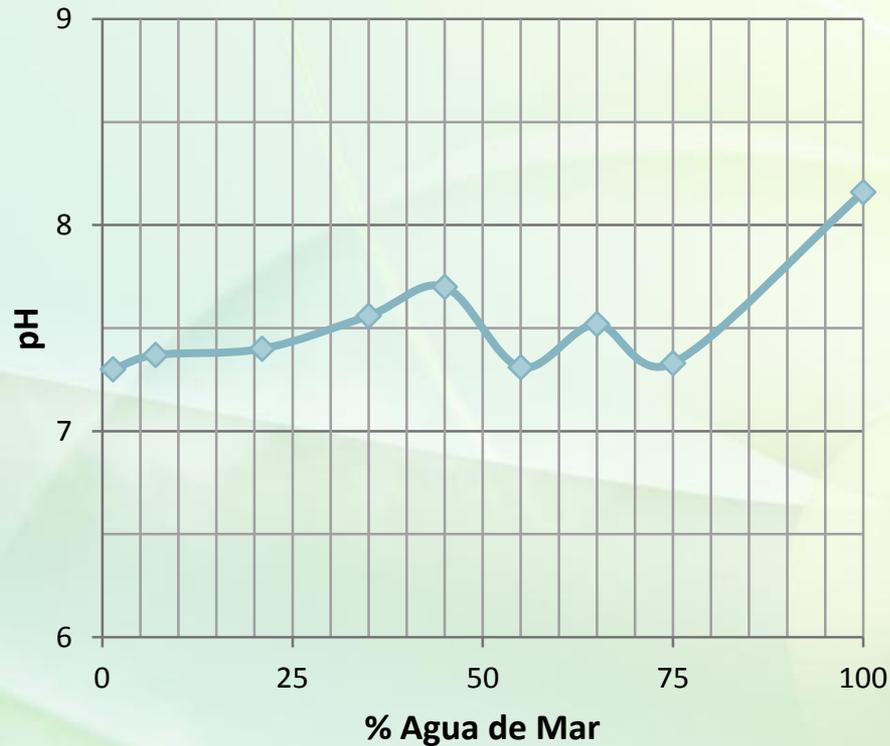
Presencia de Cloruros en el agua residual para los diferentes porcentajes de contenido salino



CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

Valores de pH del agua residual para los diferentes porcentajes de contenido salino

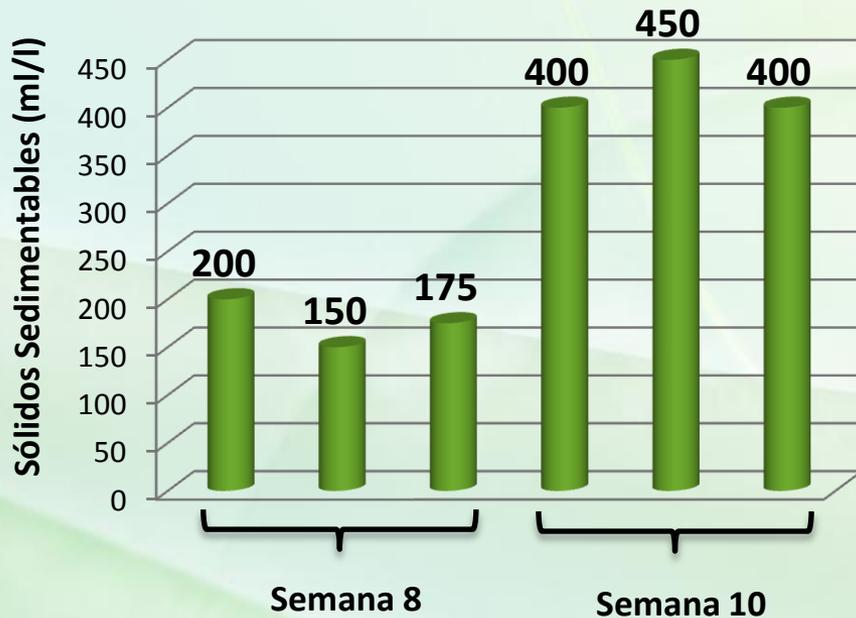


CARACTERIZACIÓN

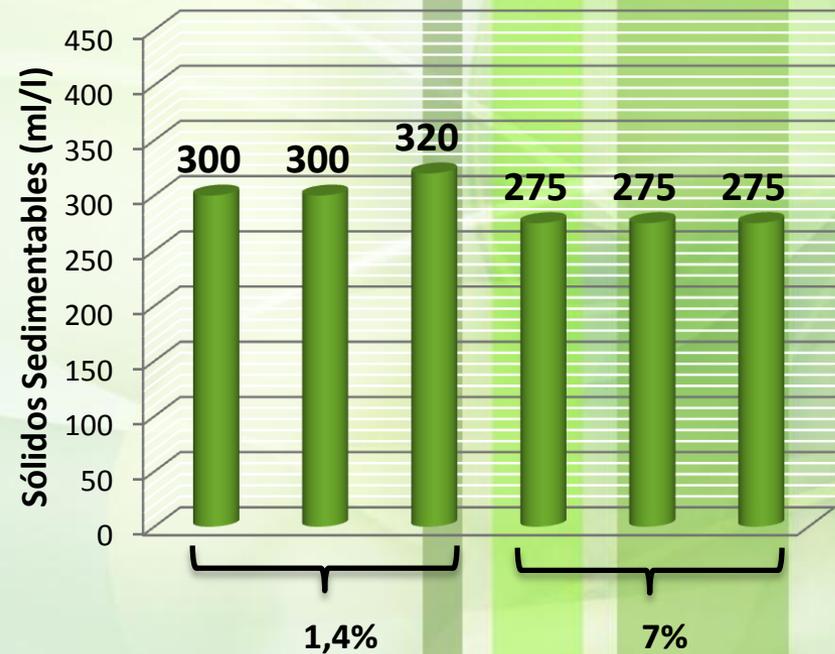
Capítulo IV
Discusión de
resultados

Variación de los Sólidos Sedimentables en el licor mezclado para la etapa inicial de aclimatación con contenido salino

Adaptación del sistema



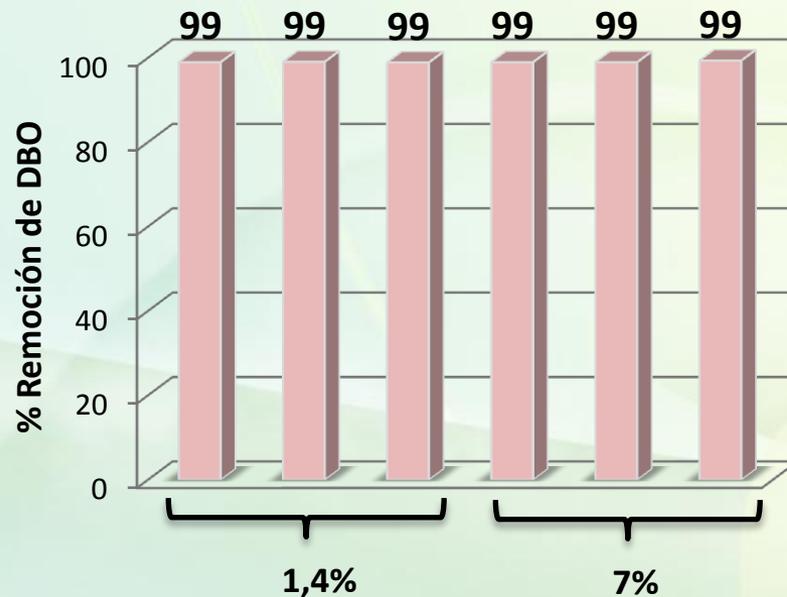
Inicio de la aclimatación



CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

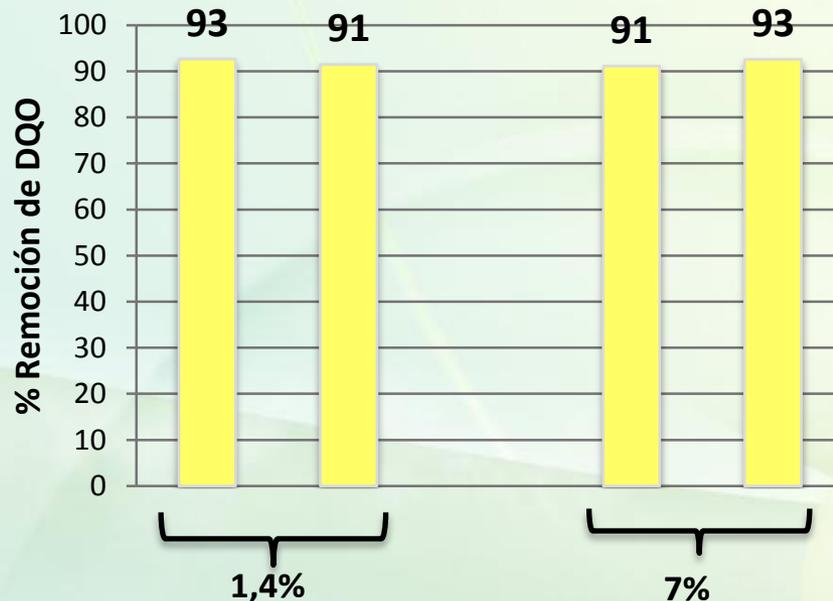
Porcentaje de remoción en términos de DBO para la etapa inicial de aclimatación con contenido salino



A pesar del efecto adverso de la sal sobre los microorganismos, el sistema continuó operando de manera exitosa

CARACTERIZACIÓN

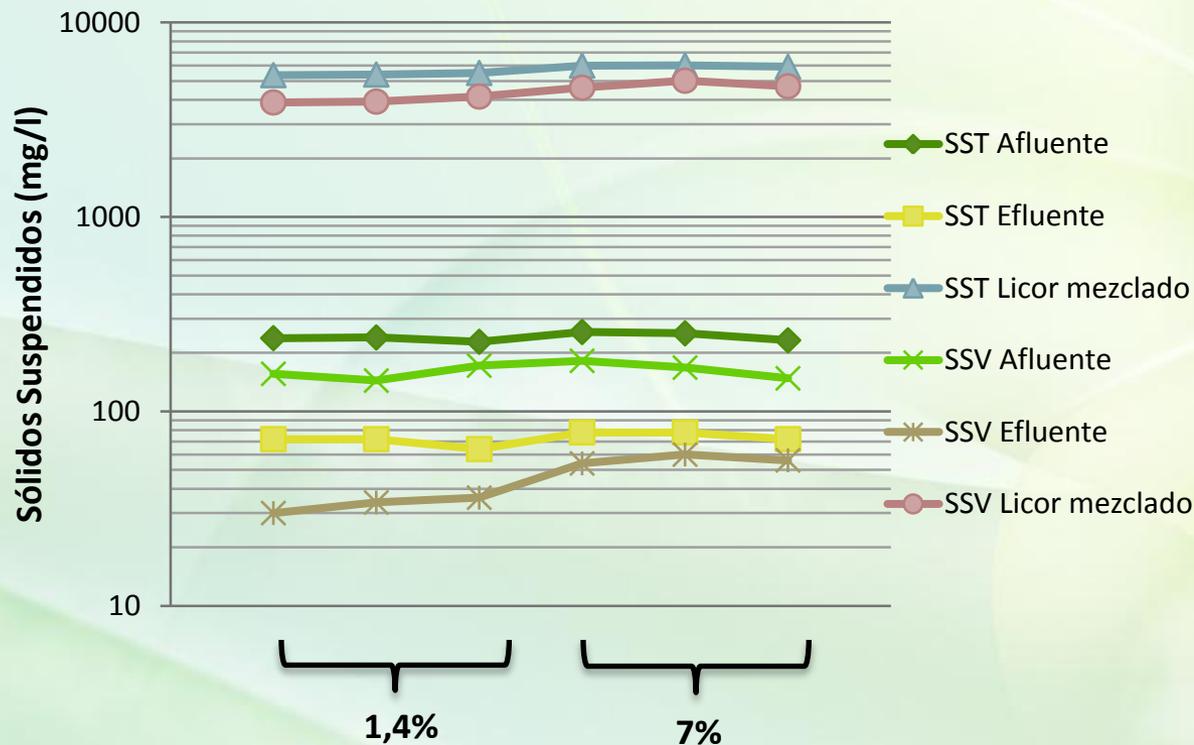
Porcentajes de remoción en términos de DQO para la etapa inicial de aclimatación con contenido salino



Para el agua residual con contenido salino inferiores al 10% la cantidad de cloruros en las muestras no supera los 2.000 mg/l, valor límite que permite determinar la demanda química de oxígeno sin interferencia.

CARACTERIZACIÓN

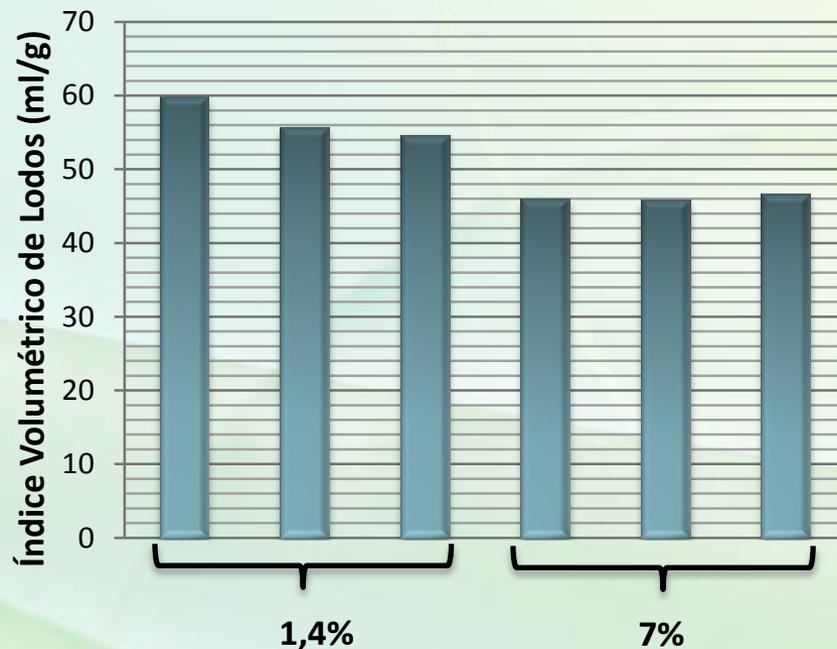
Variación de los sólidos suspendidos en la etapa inicial de aclimatación con contenido salino.



Los SST Reflejan un ligero aumento en la cantidad de sólidos suspendidos totales y volátiles en el licor de mezcla, esto debido al peso que suman las partículas de sal disueltas en el agua de mar.

CARACTERIZACIÓN

Variación del Índice Volumétrico de Lodos para la etapa inicial de aclimatación con contenido salino



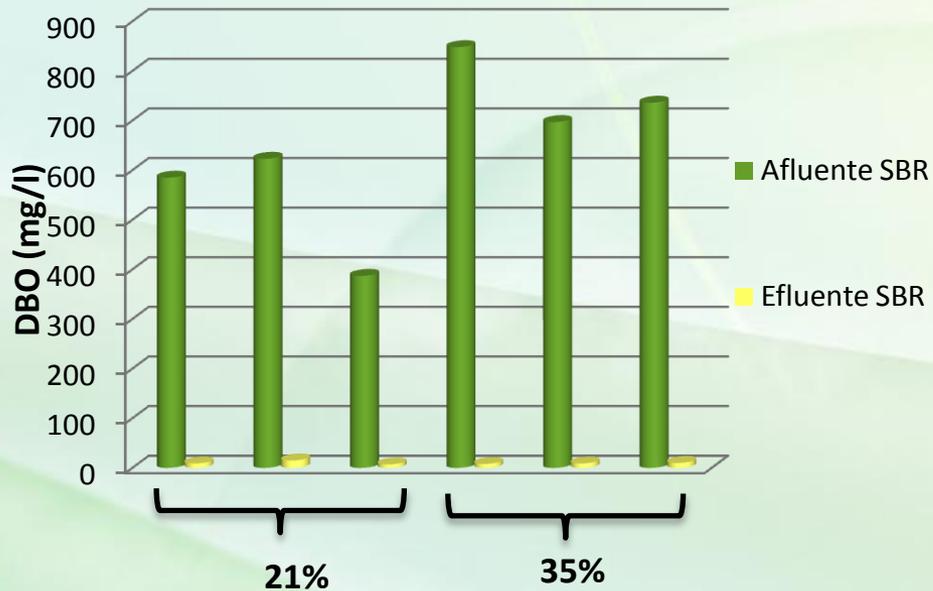
Su disminución se debe a la interferencia de las sales en la determinación de los sólidos suspendidos totales, puesto que

$$IVL = \frac{SS \left(\frac{ml}{l} \right)}{SST \left(\frac{g}{l} \right)}$$

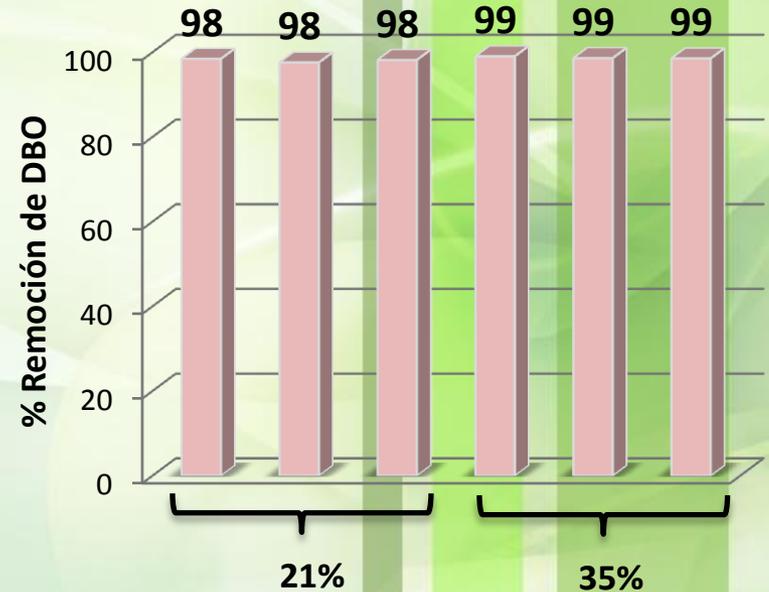
CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

Valores de las $DBO_{5,20}$ en los afluentes y efluentes



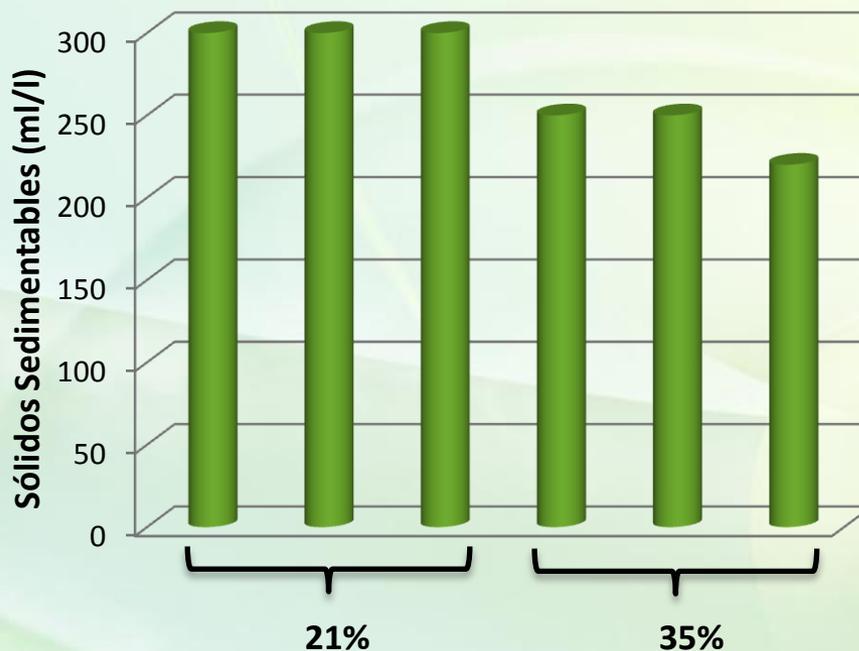
Porcentajes de remoción en términos de $DBO_{5,20}$



CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

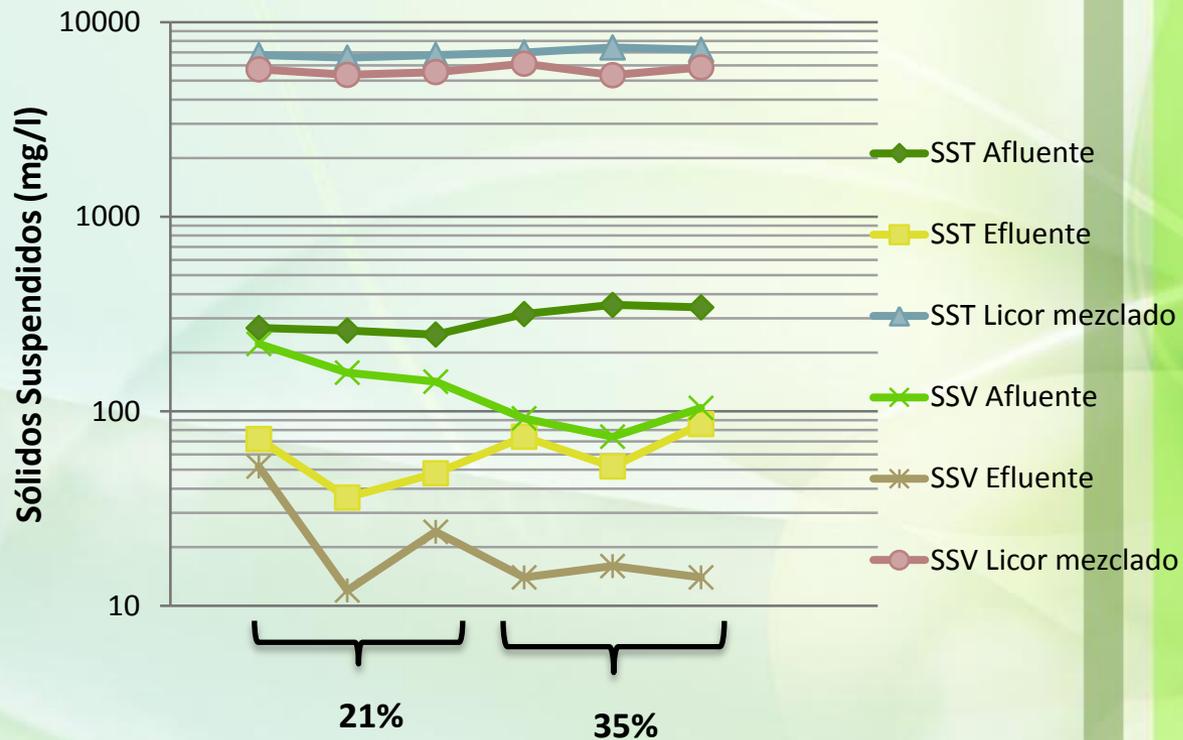
Variación de los Sólidos Sedimentables para el 21% y el 35% de contenido salino



Una disminución gradual a medida que se aumentó el nivel de salinidad en el agua residual, se debió a la no tolerancia de los microorganismos al medio hipertónico

CARACTERIZACIÓN

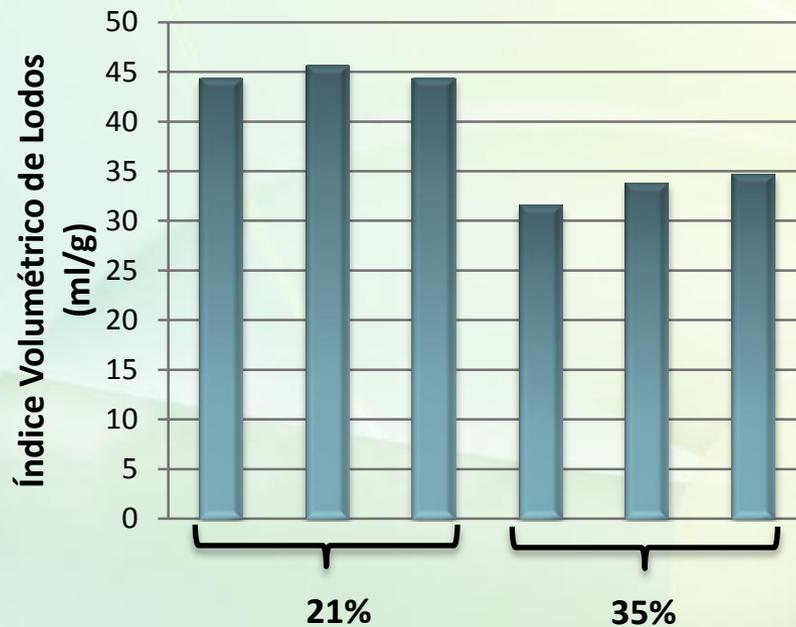
Sólidos suspendidos en los afluentes, efluentes y licores de mezcla para el 21% y 35% de contenido salino



CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

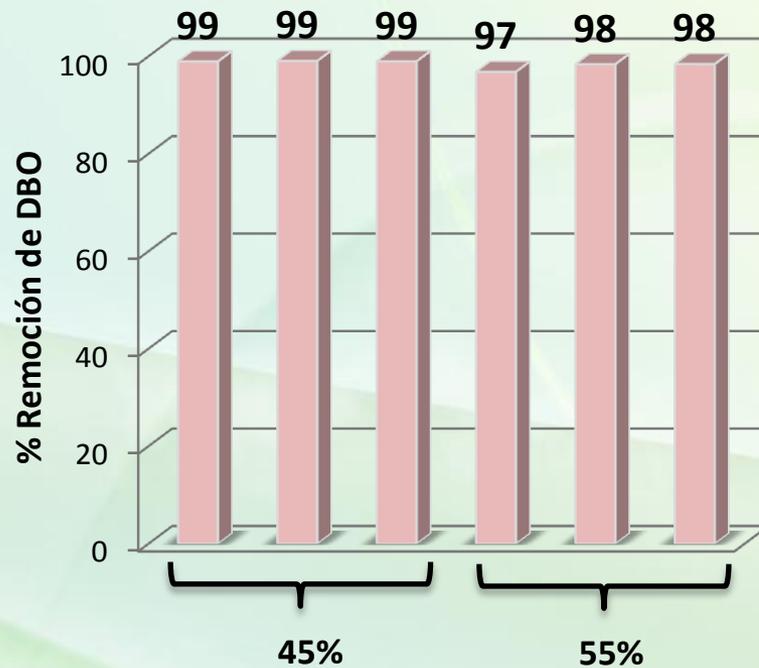
Variación del Índice Volumétrico de Lodos para el 21% y 35%
de contenido salino



A pesar de la disminución progresiva del IVL, análisis indicaron que el proceso mantenía su efectividad

CARACTERIZACIÓN

Porcentajes de remoción en términos de $\text{DBO}_{5,20}$ para el 45% y el 55% de contenido salino

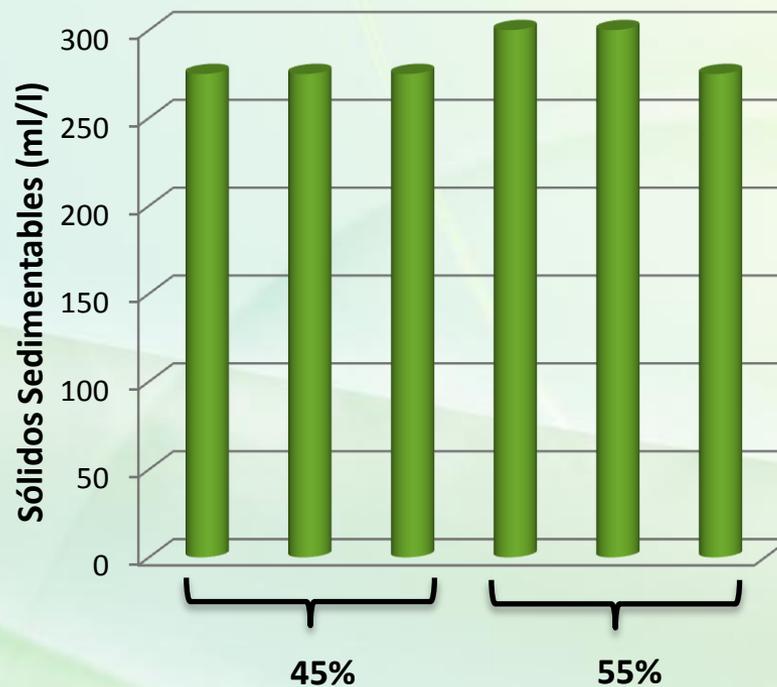


A pesar del efecto adverso de los cloruros sobre los microorganismos, la biomasa aclimatada continua respondiendo favorablemente, logrando remover materia orgánica biodegradable con una eficiencia superior al 95%.

CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

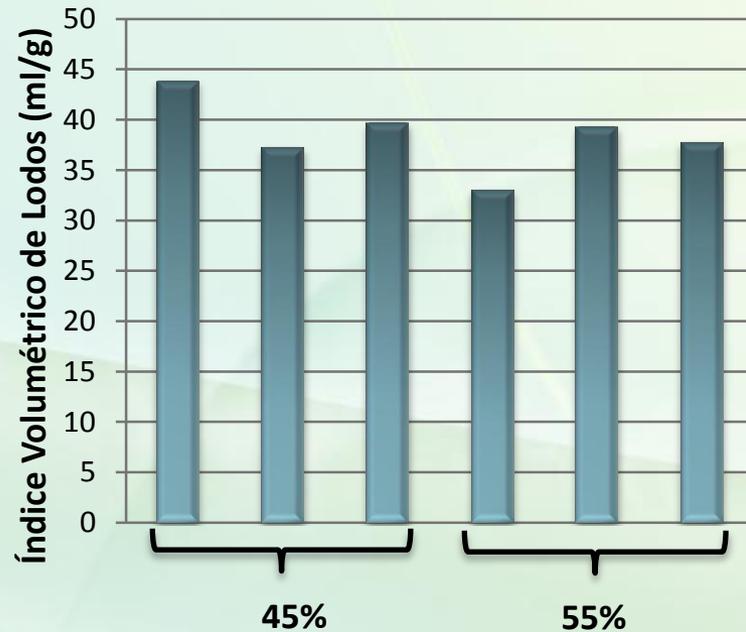
Variación de los Sólidos Sedimentables para el 45 % y el 55% de contenido salino



El incremento es positivo ya que refleja un crecimiento de la población orgánica en el licor mezclado

CARACTERIZACIÓN

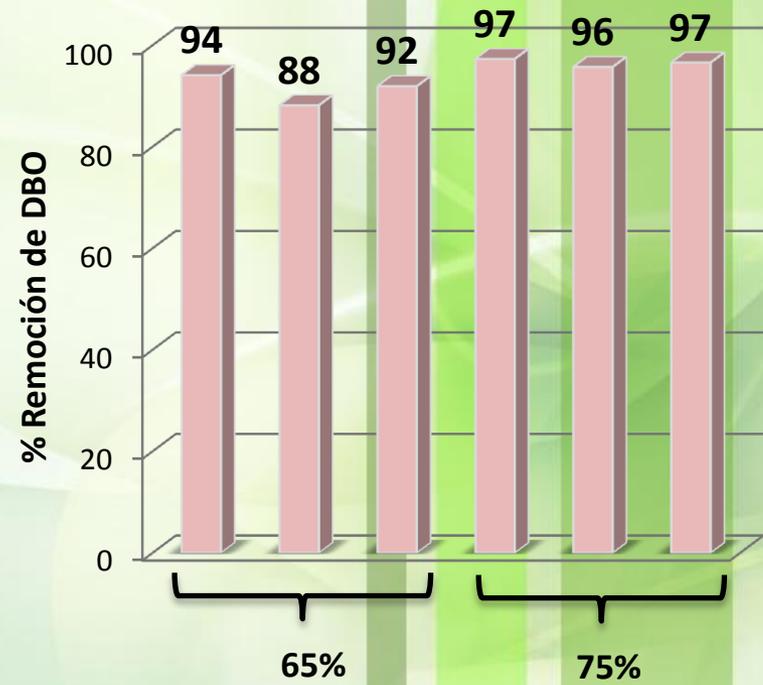
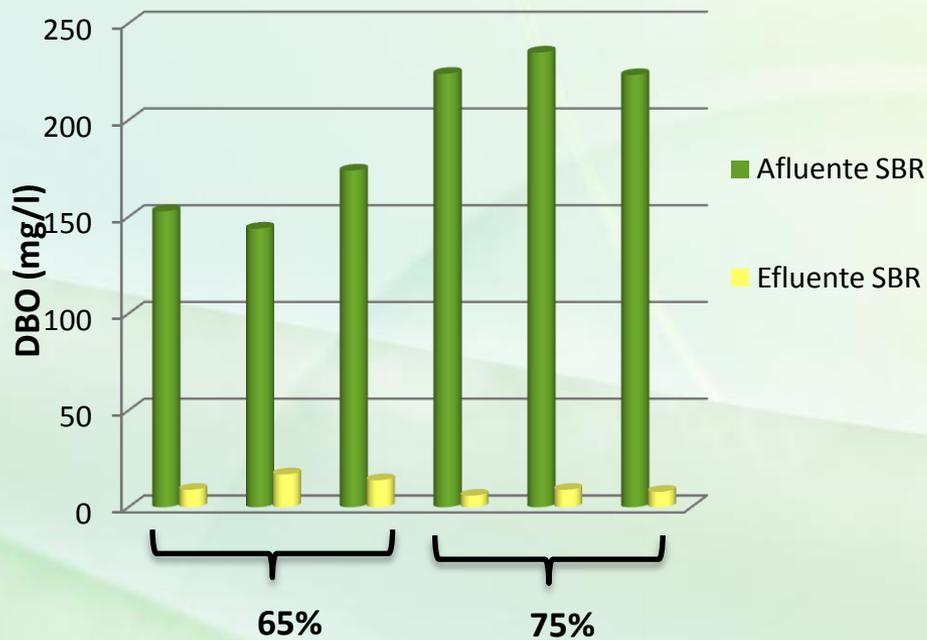
Variación del Índice Volumétrico de Lodos para el 45% y el 55% de contenido salino



Valores de IVL que oscilan en el rango que se observa en la figura, permite obtener eficiencias en el sistema superiores al 95%

CARACTERIZACIÓN

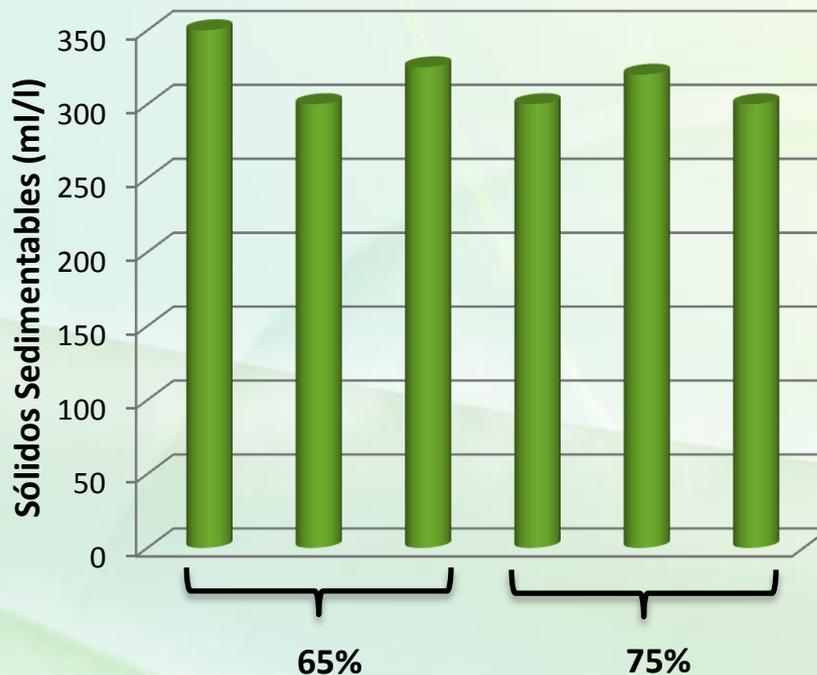
Valores de las $DBO_{5,20}$ de los afluentes y efluentes y de los porcentajes de remoción para la etapa final de aclimatación con contenido salino



CARACTERIZACIÓN

Capítulo IV
Discusión de
resultados

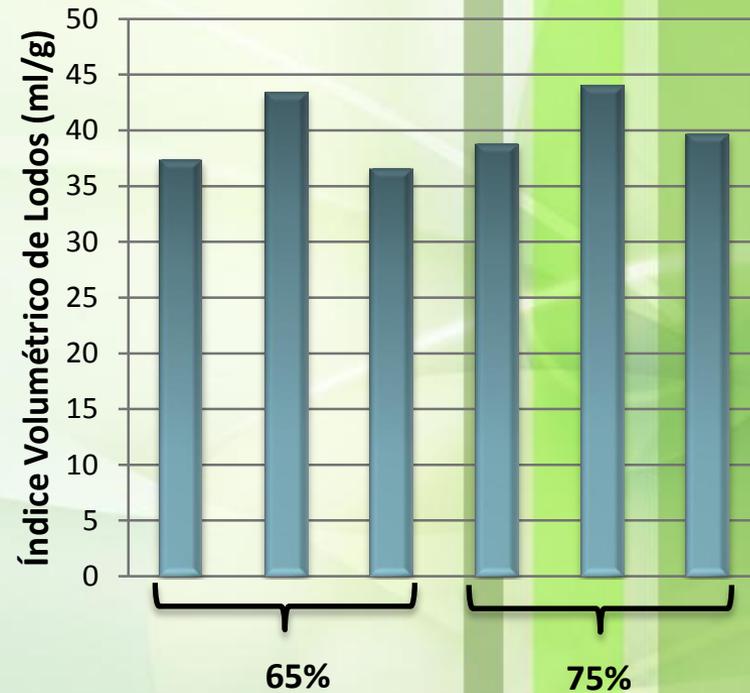
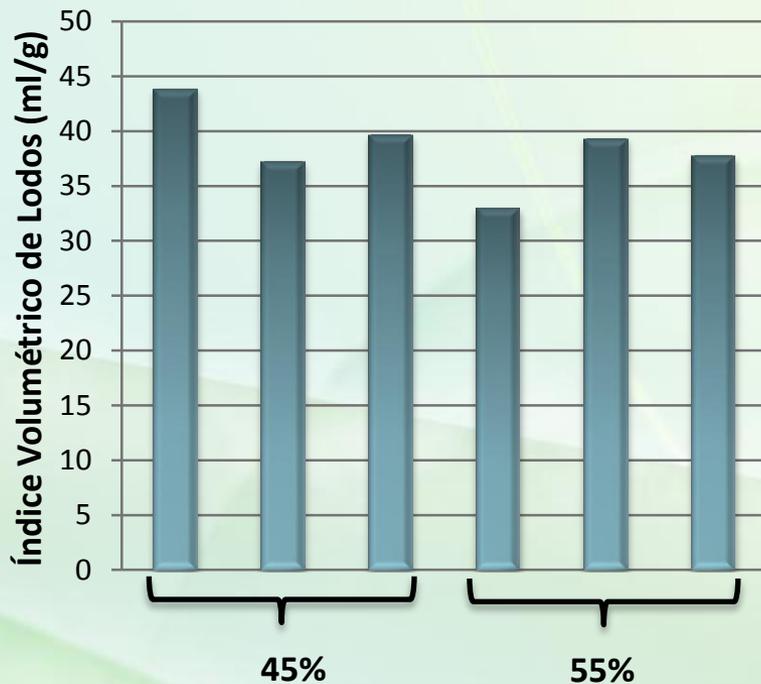
Variación de los Sólidos Sedimentables en la etapa final de aclimatación con contenido salino



Se estabilizaron en un rango entre 300 y 350 ml/l, lo cual significa que la biomasa se adaptó a las condiciones fisicoquímicas del agua residual salina

CARACTERIZACIÓN

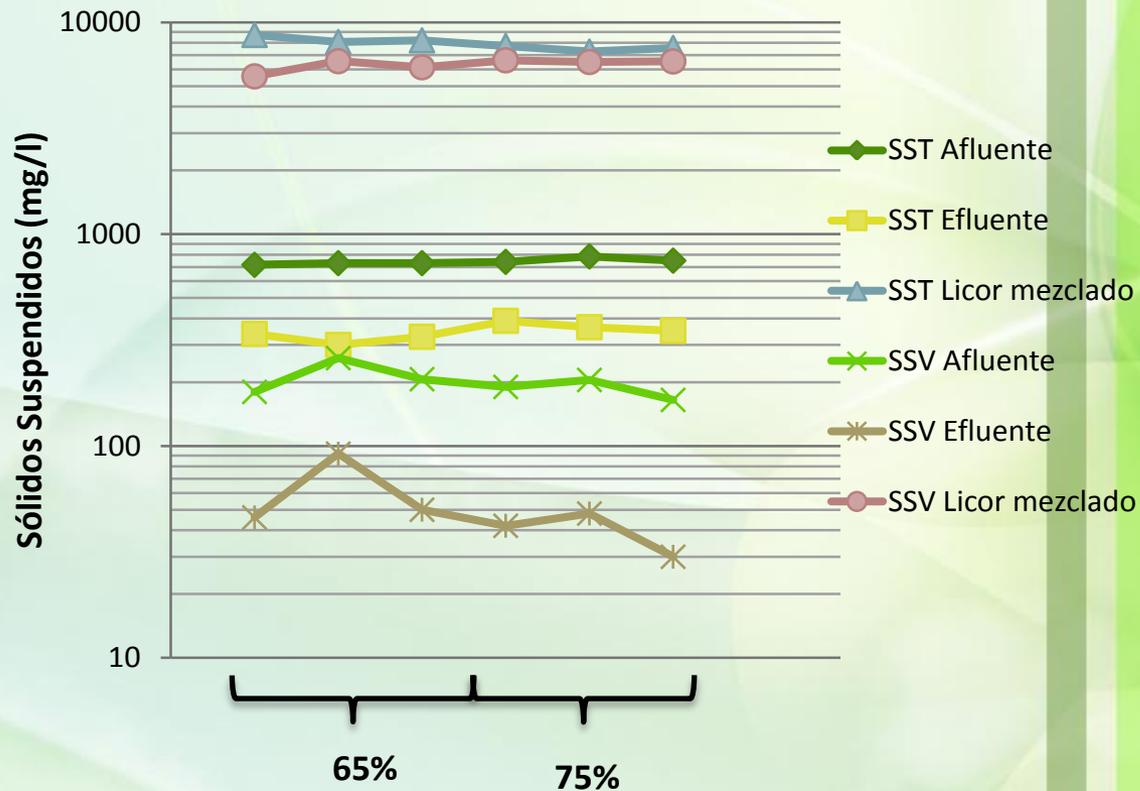
Variación del Índice Volumétrico de Lodos en la etapa final de aclimatación con contenido salino



Los efectos que se apreciaron en la ligera disminución de la eficiencia no fueron apreciables en éste parámetro.

CARACTERIZACIÓN

Variación de los Sólidos Suspendedos en la etapa final de aclimatación con contenido salino



DOS FASES

```
graph TD; A[DOS FASES] --> B[Optimizar el tiempo óptimo de reacción]; A --> C[Determinar la mínima DBO en el afluente capaz de procesar el SBR de forma efectiva]; B --> D[Variando el tiempo de la etapa de aireación de 10 horas a 4 horas, óptimo determinado por Azuaje y Muñoz (2006)]; C --> E[Disminuyendo la carga orgánica en el afluente para evaluar el porcentaje de remoción];
```

Optimizar el tiempo óptimo de reacción

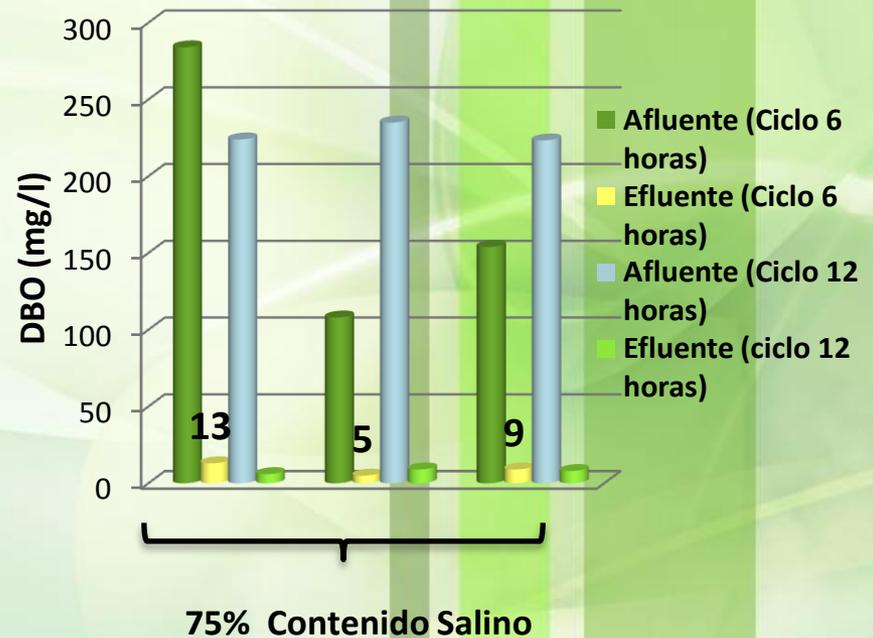
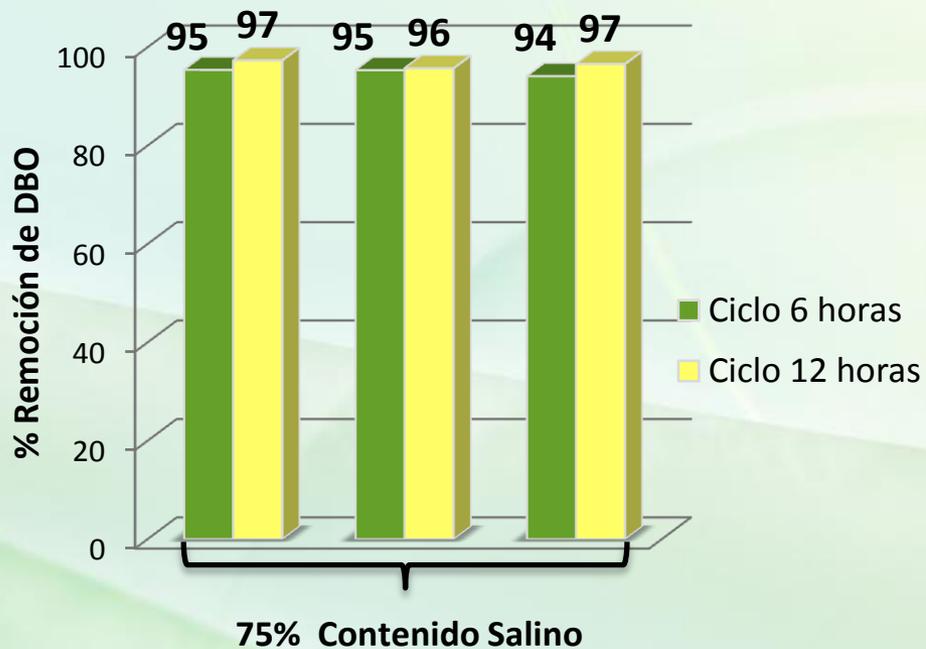
Determinar la mínima DBO en el afluente capaz de procesar el SBR de forma efectiva

Variando el tiempo de la etapa de aireación de 10 horas a 4 horas, óptimo determinado por Azuaje y Muñoz (2006)

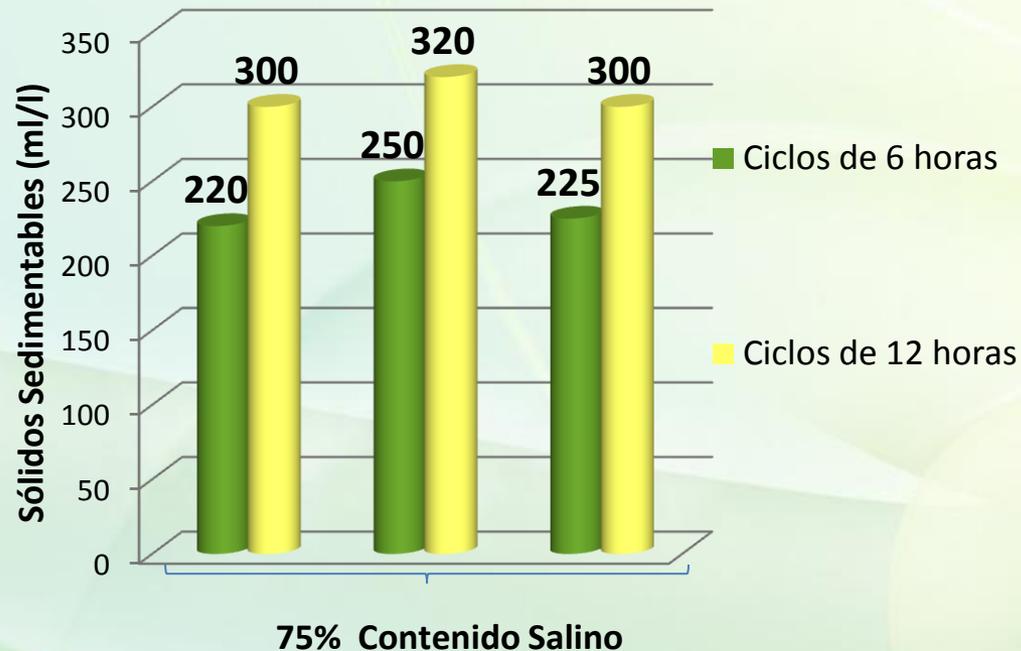
Disminuyendo la carga orgánica en el afluente para evaluar el porcentaje de remoción

ÓPTIMIZACIÓN

Porcentajes de remoción en términos de $DBO_{5,20}$ para la optimización del tiempo de reacción

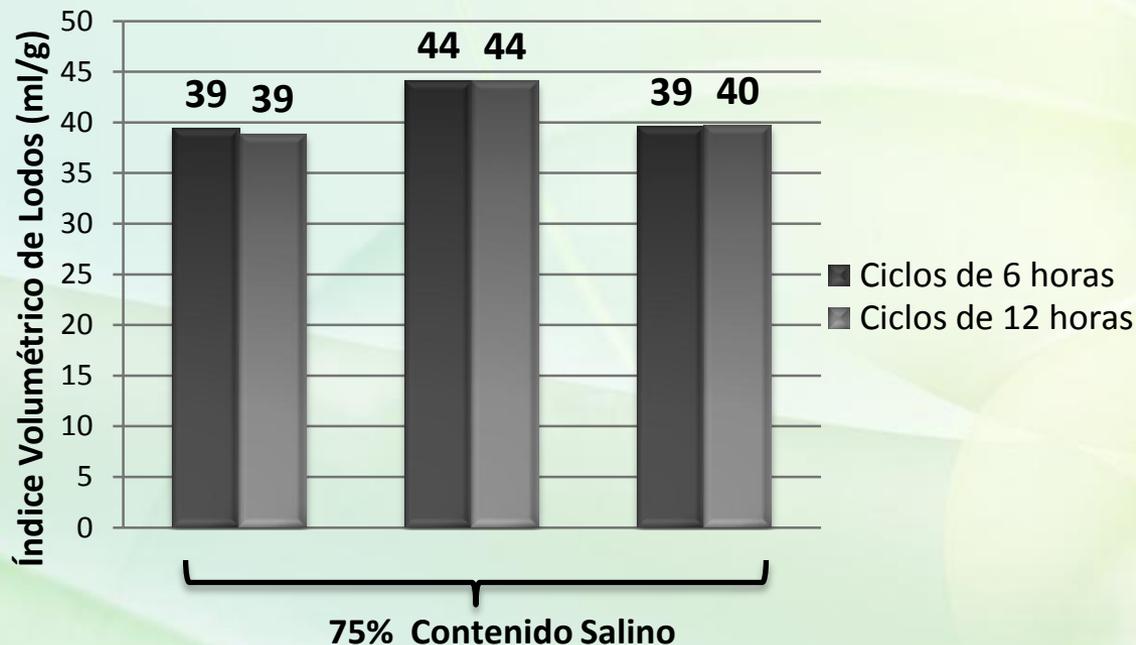


Sólidos Sedimentables en el licor de mezcla para la optimización del tiempo de reacción



Prevalece el hecho de poder operar el sistema con 4 ciclos al día en vez de 2 ciclos, con una eficiencia por encima del 94% a pesar de que los sólidos sedimentables en el licor mezclado hayan disminuido de 300 ml/l a 238 ml/l.

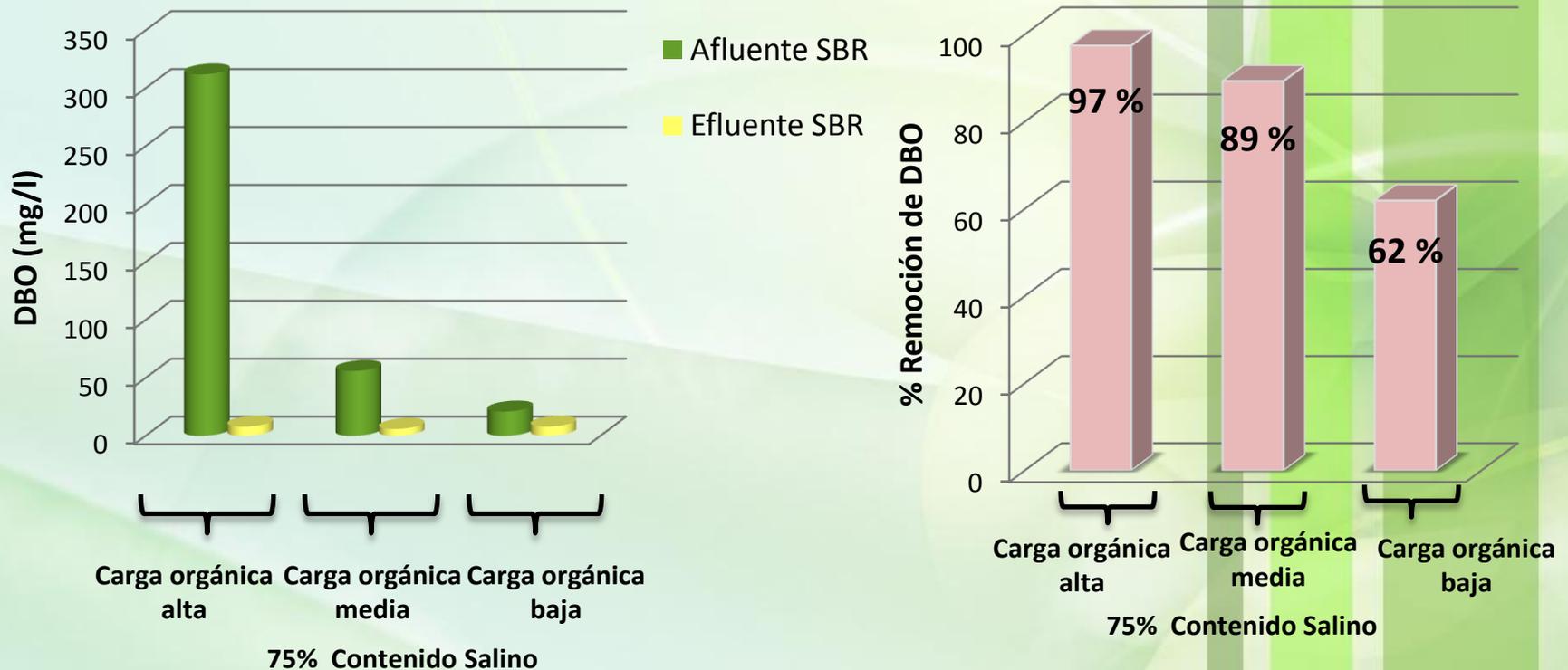
Variación del Índice Volumétrico de Lodos en la optimización del tiempo de reacción



El IVL no fue concluyente para la optimización de los tiempos. No obstante es un parámetro necesario más no suficiente en la evaluación de este tipo de sistemas.

ÓPTIMIZACIÓN

Valores de la $DBO_{5,20}$ para el afluente y efluente en la optimización de la carga orgánica y porcentaje de remoción en términos de $DBO_{5,20}$



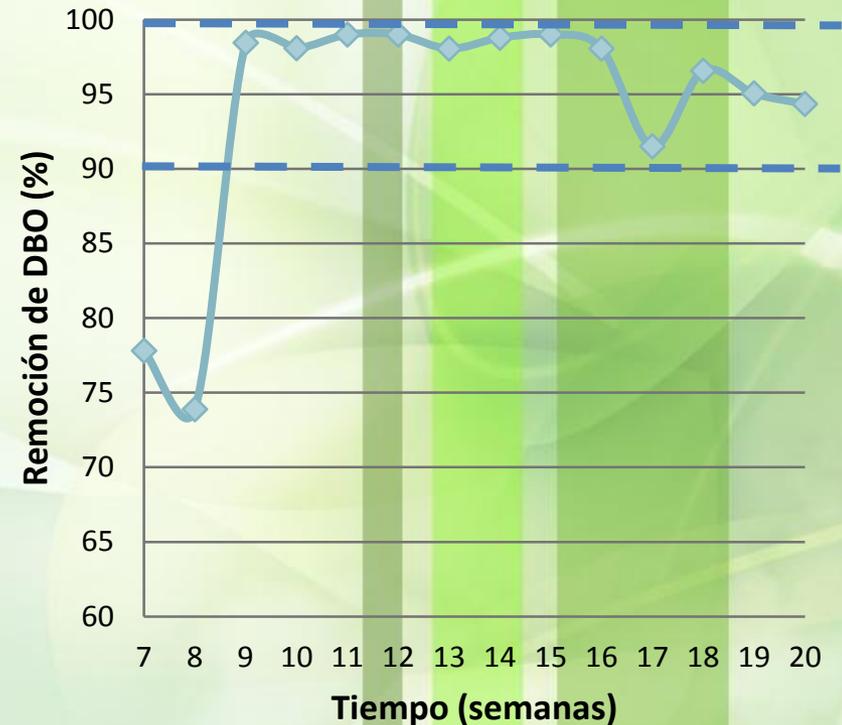
EFFECTIVIDAD DEL SBR

Capítulo IV
Discusión de
resultados

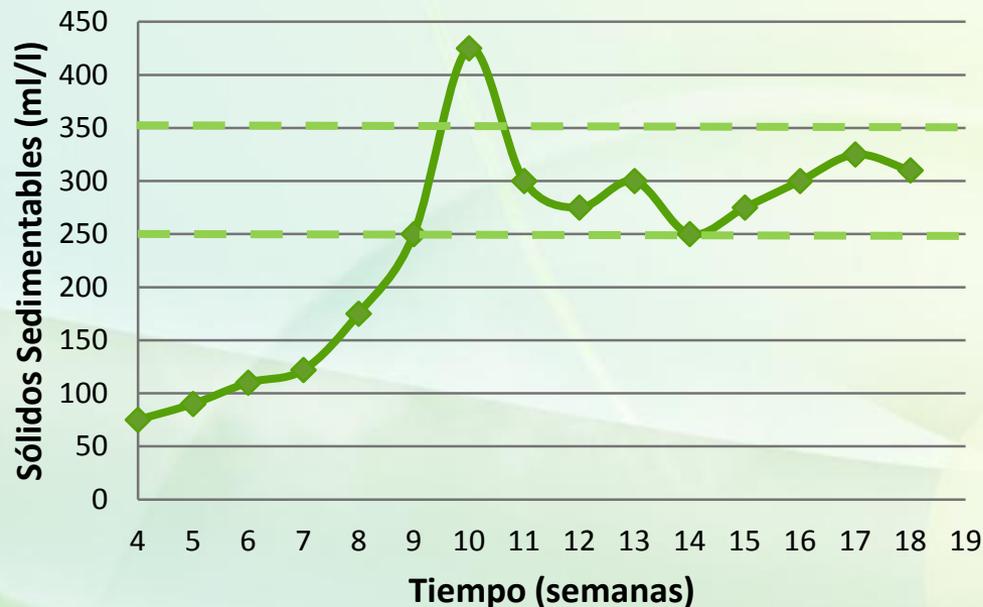
Valores de la $DBO_{5,20}$ y porcentajes de remoción en función al tiempo total de operación del sistema



- DBO en el afluente en función al tiempo
- DBO en el efluente en función al tiempo



Variación de los sólidos sedimentables en el tiempo total de operación del sistema

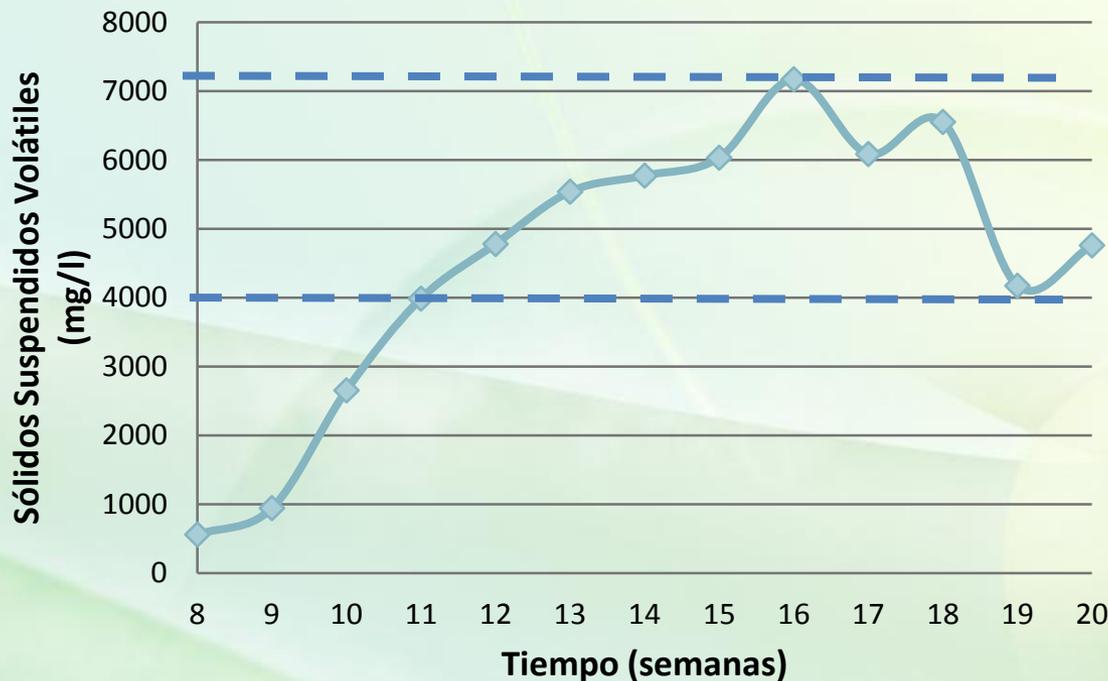


La concentración de biomasa disminuyó debido a la pérdida de microorganismos que no toleraron la presencia de cloruros, sin embargo pese a la influencia de las sales los sólidos sedimentables se mantuvieron entre 250 y 350 ml/l.

EFFECTIVIDAD DEL SBR

Capítulo IV
Discusión de
resultados

Variación de los Sólidos Suspendidos Volátiles en el licor de mezcla para el tiempo total de operación del sistema

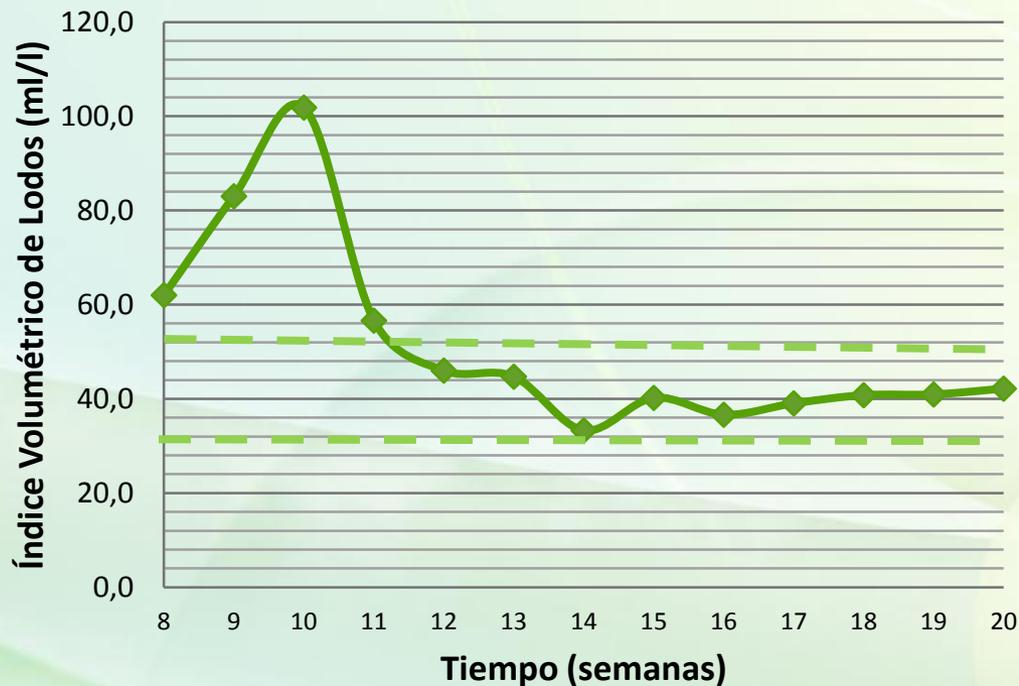


Se evidenció una disminución originada por el grado de salinidad. No obstante el sistema se adapta a las condiciones y a pesar de las fluctuaciones continúan dentro de un rango de 4.000 – 7.000 mg/l, lo cual es producto de la aclimatación al medio salino

EFFECTIVIDAD DEL SBR

Capítulo IV
Discusión de
resultados

Variación del índice volumétrico de lodos para el tiempo total de operación del sistema



Queda demostrado que para el tratamiento de aguas residuales salinas el IVL no tiene que estar en el orden de 100 ml/l.

Es recomendable promover una evaluación mediante microscopía electrónica de los lodos activados.

- Se logró la generación de alta carga orgánica en el afluente al sistema de reactor biológico secuencial gracias al aporte de nutrientes adicionales proporcionado por la melaza.
- Se generó la biomasa y se estabilizó el sistema operando con agua residual doméstica procedente del Río Valle, alcanzando valores de eficiencia hasta del 99% en función de la $DBO_{5,20}$, ratificando los resultados obtenidos por Azuaje y Muñoz (2006) y Lippo y Lorenzo (2008).
- Se logró la adaptación de la biomasa al medio salino, mediante la aclimatación progresiva del sistema, lo cual hizo posible operar él mismo con porcentajes de contenido salino en el agua residual hasta de un 75%.

CONCLUSIONES

- Se demostró la efectividad de los sistemas SBR para tratamientos de aguas residuales domésticas propias de comunidades ubicadas en islas e islotes, obteniendo eficiencias de remoción en función a la $DBO_{5,20}$ de 99%, 98% y 97% para aguas residuales con contenido salino de un 35%, 55% y 75% respectivamente.
- Se optimizó el tiempo de reacción del reactor secuencial por cargas para tratamiento de aguas residuales salinas, en un valor de 4 horas con una duración total del ciclo de 6 horas.

CONCLUSIONES

- Se demostró que para aguas residuales con una $DBO_{5,20}$ inferiores a los 70 mg/l la eficiencia del proceso se encuentra por debajo del 90%.
- La evaluación de la remoción de materia orgánica en función a la DQO fue inviable debido a la interferencia de contenidos de cloruros superiores a los 2.000 mg/l en el afluente y efluente.

RECOMENDACIONES

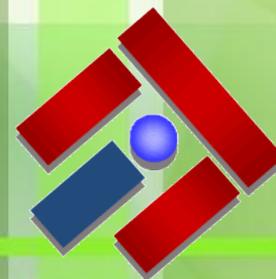
*Capítulo VI
Recomendaciones*

- Realizar una evaluación de las aguas residuales domésticas con contenido salino propias de islas e islotes a modo de compararlas con las aguas residuales simuladas en este estudio.
- Evaluar el sistema SBR para tratamiento de aguas residuales salinas para determinar remoción de fósforo y nitrógeno.
- Realizar análisis de microscopía para evaluar el comportamiento de los lodos bajo efecto de la sal, para verificar si las desmejoras en el proceso se deben a los fenómenos de plasmólisis, turgencia e inhibición celular en los microorganismos.
- Estudiar la influencia de los cloruros en la determinación de la demanda química de oxígeno, cuando superan el límite de 2.000 mg/l, para lograr estudiar el tratamiento de aguas residuales salinas con dicho análisis.

¡GRACIAS!



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



*EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE
REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL
A ESCALA PILOTO PARA
TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN MEDIO SALINO
OPERANDO CON ALTA CARGA
ORGÁNICA*

Tutor:

Ing. María Rincones

Presentado por:

Aurimar Marchena

Jonathan Godoy

Caracas, Noviembre 2009