

Seminario Taller
Gestión del Riesgo y Restauración
De Ecosistemas Acuáticos Continentales
22 al 25 de Abril de 2015
Universidad del Cauca
Popayán



Aspectos de Contaminación y Control del Recurso Hídrico en el cultivo de Trucha

J. E. Fernández Mera, Ph.D.

Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca,
jefernandez@unicauca.edu.co

J.R. Caicedo Bejarano, Ph.D.

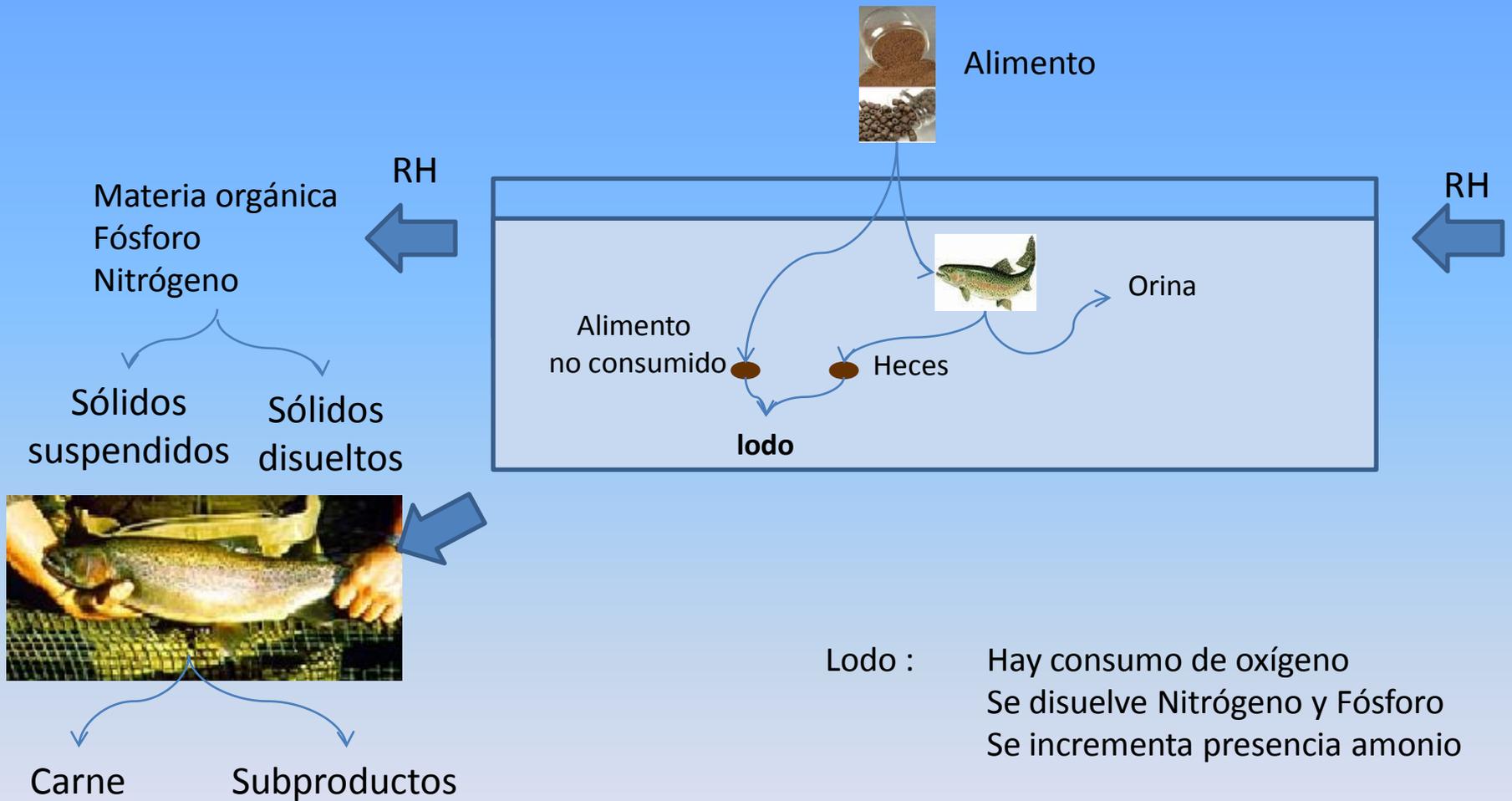
Escuela de Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR)-Facultad de Ingeniería,
Universidad del Valle, julia.caicedo@correounivalle.edu.co

C.A. de la Cruz García, Ing. Ambiental, Esp.

Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca CREPIC, cadlc331@crepic.org.co

Introducción

- El cultivo de trucha tiene altos requerimientos de agua en calidad y cantidad.
(30 a 150 m³/h.ton-pezu)
- Efecto sobre grandes flujos de agua.
- Efluente con concentraciones diluidas de los contaminantes.
- Dificultad para su tratamiento con los métodos convencionales para aguas residuales.



Introducción

- En Estados Unidos alcanzar estándares de calidad en fósforo y nitrógeno en los efluentes tratados, presenta limitaciones de costo.
- Necesidad de más investigación al respecto.
- En Colombia el control de la contaminación producida por las granjas piscícolas necesita ser desarrollado.
- El país requiere conocer cuáles son las características de sus efluentes piscícolas, e iniciar la búsqueda, adaptación o desarrollo de sus propias alternativas de control.

Objetivo

- Presentar los resultados de la caracterización realizada a los efluentes 10 piscícolas de trucha y el resultado al seguimiento de la piscícola de mayor producción ubicada en el Departamento del Cauca, Colombia, además de realizar algunas consideraciones para el control de la contaminación generada

Metodología

Caracterización de las 10 piscícolas

- Información recogida en un inventario de las piscícolas de trucha ubicadas en el departamento del Cauca (Unicauca *et al*, 2010).
- Criterios de selección tamaño de producción y las características de los estanques.
- Se evaluó la cantidad y calidad del agua a la entrada y salida de la piscícola
- La calidad de agua se midió en términos de sólidos suspendidos, Oxígeno disuelto, DBO_5 , Fósforo y Nitrógeno total.
- Se determinaron la forma de operación y mantenimiento de los estanques.

Metodología

El seguimiento a la piscícola de mayor producción fue desarrollado en la estación piscícola de Trucha El Diviso

- Una producción permanente.
- efluente de lavado separado del efluente principal.
- facilidad de acceso para la toma de muestras.
- Presenta las condiciones más normalizadas de operación.



Metodología

- Seguimiento durante 6 meses.
- Calidad y cantidad del agua a la entrada y salida de la piscícola.
- Se caracterizaron los sólidos suspendidos:
 - Distribución de masa por tamaño (850, 425, 150, 75, 45 y 3 μm).
 - Sedimentabilidad de las partículas.

Parámetro	Método	Frecuencia Semanal	
		Entrada	Salida
Caudal	Molinete*	2	2
Oxígeno disuelto	Hach 156	2	2
Sólidos Suspendidos	2540-B/1997	2	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	4500-Norg B	1	1
Nitratos	4500/2000	2	2
Nitrógeno Amoniacal Total	4500-NH ₃	1	1
Fosfatos	4500-P/2000	2	2
Fósforo Total	4500-PH	1	1
DQO	5220-B/2000	2	2
DBO ₅	5210-B/2000	2	2
pH	Metroh 744	2	2
Temperatura	Hach 156	2	2

Metodología

- Se determinó la materia orgánica presente en la columna de agua del estanque, como las fracciones disuelta y suspendida, usando los parámetros DBO_5 y DQO.
 - Las muestras extraídas del estanque fueron filtradas a través de un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro de $3\ \mu\text{m}$
 - tanto a la muestra extraída como a la filtrada se les determinó la concentración de materia orgánica.
 - La diferencia entre los dos resultados se consideró como la fracción de materia orgánica suspendida y la filtrada como la disuelta.

Resultados

Evaluación a 10 piscícolas

Cantidad de recurso hídrico utilizado

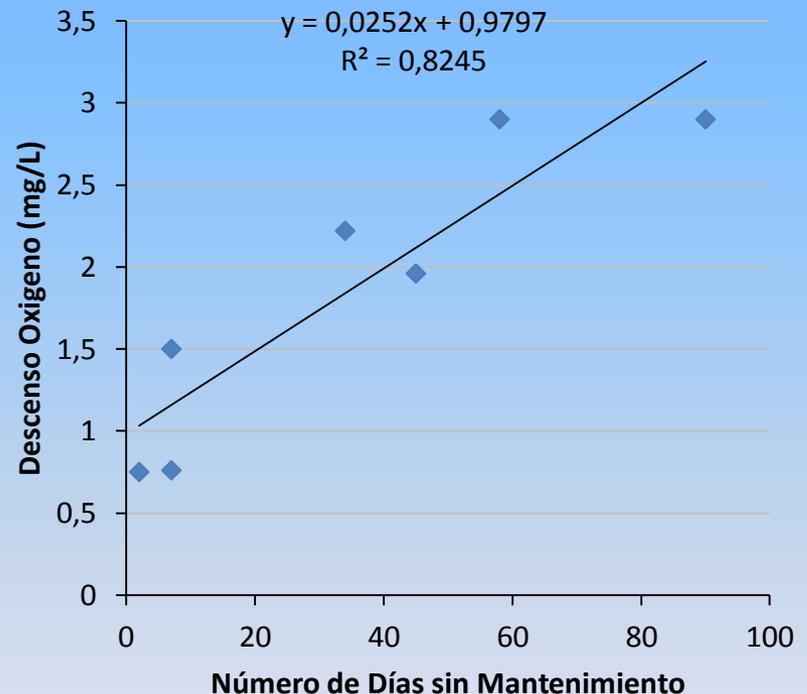
- Caudales entre 40 y 460 L/s
- Pequeñas piscícolas realizan un mayor uso de agua para la producción 433 m³/h*ton-pez.
- En Canadá y Noruega 36 –150 m³/h*ton pez reportados por Bergheim & Brinker (2003) True *et al.* (2004)



Resultados

Evaluación a 10 piscícolas

El mayor uso de recurso hídrico en las piscícolas más pequeñas está relacionado la poca posibilidad de lavar los estanques con alta frecuencia.



Resultados

Evaluación a 10 piscícolas Calidad de agua

Parámetro	Entrada	Salida
DBO5 (mg/L)	<2	5.7
SST (mg/L)	7.7	15.7
NTK (mg/L)	0.45	0.80
PT (mg/L)	0.28	0.63

Piscícola	Cargas Contaminantes (kg/mes)			
	DBO ₅	Sólidos Susp.	Fósforo Total	Nitrógeno Total
Total 10 Piscícolas	7.890	17.708	768	1.896
Total Depto.	11.403	25.593	1.111	2.740
Equivalente # personas	9378	21853	34308	25670

- Concentraciones de materia orgánica y nutrientes son bajas, sin embargo la contaminación generada no es despreciable.

Resultados

SEGUIMIENTO A LA PISCÍCOLA DE MAYOR PRODUCCIÓN

Calidad de agua entrada y salida de la piscícola

PARÁMETRO	ENTRADA		SALIDA	
	PROMEDIO	DES. ESTAND.	PROMEDIO	DES. ESTAND.
Caudal (L/s)	455	54.5	447	65.6
Oxígeno disuelto (mg/L)	7.81	0.68	6.17	0.28
Sólidos suspendidos (mg/L)	4,6	2,3	6,7	3,3
Nitrógeno Amoniacal Total (mg/L)	0.09	0,15	0,34	0,33
Nitratos (mg/L)	0,4	0,39	0,66	1,01
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/L)	1,0	046	2,1	0.96
Fósforo total (mg/L)	0,12	0,15	0,29	0,33
DBO ₅ (mg/L)	4,7	1,40	5,9	0,36
DQO (mg/L)	14,1	3,5	14,5	3,8

Resultados

- Recurso hídrico utilizado
32,8 m³/h.ton-pep con densidades de cultivo en el rango 30-35 Kg/m³.

Se considera bajo comparado con reportes de 36–150 m³/h.ton-pep y densidades de cultivo 27 y 51 Kg/m³. Bergheim & Brinker (2003) y True *et al.* (2004).

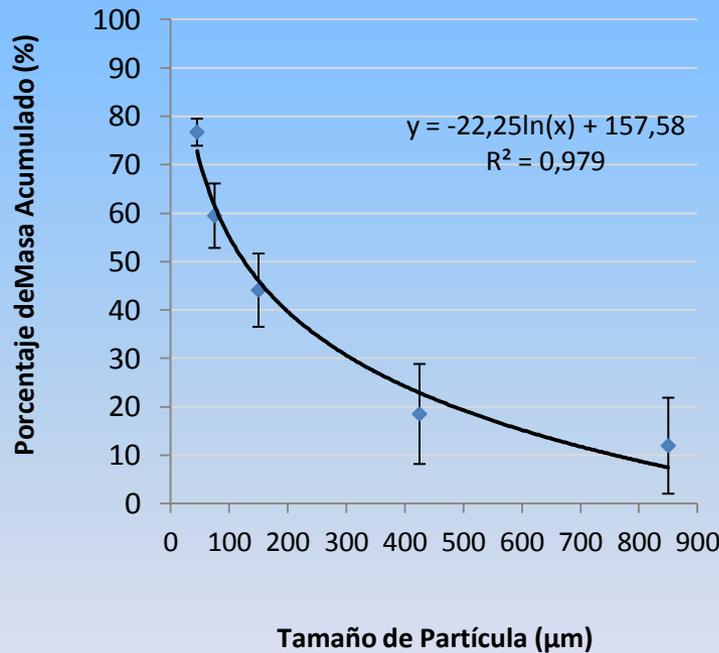
Esto puede ser explicado por:

- La reutilización del agua.
- El uso de estructuras de control de flujo.
- La alta frecuencia de mantenimiento de los estanques, en particular el retiro de los sólidos sedimentados en los estanques, dos veces por semana.

- De la comparación estadística de los resultados de calidad entre afluente y efluente:
Con base en pruebas de hipótesis ($\alpha=0.05$)
 - No existen diferencias significativas en los parámetros: Caudal, pH, temperatura y nitratos.
 - Existen diferencias significativas en los parámetros: DBO₅, DQO, SST, NTK, PT, NAT y O₂.
- Relación DBO₅/DQO = 0.41 limitaciones para el tratamiento por procesos biológicos.
- **Concentraciones diluidas con limitaciones para su tratamiento por sistemas convencionales de Tratamiento de aguas residuales**

Características de los sólidos

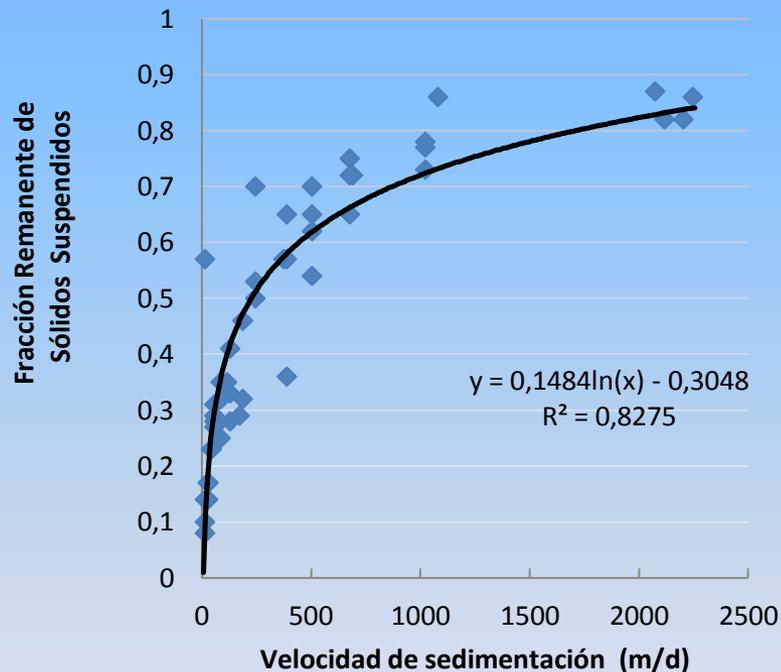
Distribución de masa por tamaño de partícula.



- El 77% de la masa presenta tamaños superior a 45 µm.
- Valores similares son reportados por True *et al.* (2004): 69% de la masa de sólidos presenta tamaños mayores a 53 µm.
- Estos resultados indican que la mayor parte de la masa cuenta con partículas de tamaños que pueden ser removidos con el uso de filtros mecánicos.

Características de los sólidos

Curva de sedimentabilidad de partículas en la columna de agua



- Partículas con velocidades de sedimentación 30 a 2000 m/d, indicando partículas con gran tamaño.
- Velocidades de sedimentación del orden de 30 m/d, eficiencia de remoción en sólidos suspendidos mayor al 80%.
- Partículas son altamente sedimentables y como consecuencia la **SEDIMENTACION SIMPLE** podrían ser utilizados para su remoción.

Características de los sólidos

- Partículas con tamaños y velocidades de sedimentación que permiten su retención al interior del estanque.
- Sedimentación al interior del estanque es indeseable
- Genera limitaciones en agua del cultivo causadas por la degradación de los componentes orgánicos sedimentados.
- Consumo de oxígeno, disolución de subproductos principalmente el amonio y el dióxido de carbono.

Materia orgánica disuelta y suspendida

Parámetro	Total	Disuelta	Suspendida
	Promedio \pm Desviación Estándar		
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	6.5 \pm 1.8	4.7 \pm 0.6	1.8 \pm 1.3
DQO (mg.L ⁻¹)	26.4 \pm 4.2	10 \pm 1.9	16.4 \pm 4.5
DBO ₅ /DQO	0.25 \pm 0.07	0.47 \pm 0.05	0.12 \pm 0.1

Las bajas relaciones DBO₅/DQO y la menor concentración de DBO₅ encontrada en la fracción disuelta, indican que la MO suspendida corresponde a compuestos de más difícil biodegradabilidad y que toman un tiempo mayor a 5 días para su descomposición.

Conclusiones

- Las características del efluente de producción de trucha en términos de calidad y cantidad de agua utilizados indican que este tipo de efluente presenta limitaciones para su tratamiento por procesos convencionales de aguas residuales.
- Las concentraciones encontradas son bajas pero la carga contaminante generada no debe ser despreciada.

Conclusiones

- Las piscícolas más pequeñas requieren de mayor capacitación e implementar cambios tecnológicos particularmente en estructuras de control de flujo y adecuación estanques piscícolas que faciliten los procesos de extracción del lodo.
- La distribución de masa por tamaño de partícula y las características de sedimentabilidad indican que estas pueden ser retenidas eficientemente por procesos como sedimentación o filtración mecánica.

Conclusiones

- Se debe explorar la opción de **permitir la sedimentación** de las partículas en el estanque y realizar su extracción antes que se inicie el proceso de disolución y degradación.
- Esto podría ser una forma efectiva de controlar la contaminación suspendida generada durante la producción de trucha.
- La relación DBO_5/DQO del material suspendido indican que el proceso de degradación del lodo sedimentado es lento, facilitando su acumulación antes de iniciar movilización de compuestos hacia la fracción disuelta.

Agradecimientos

- A la Estación Piscícola “El Diviso”, por las instalaciones y los insumos (peces) en fase experimental, a la Universidad del Cauca por los espacios de laboratorio prestados para llevar a cabo la investigación, a la Universidad del Valle por el suministro de los equipos de campo, a la Cadena Piscícola del Cauca y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación.