

# Los sistemas de bajo recambio en acuicultura

Dr. Manuel Segovia  
Diseño y Desarrollo de Tecnología  
Departamento de Acuicultura  
CICESE

# Introducción

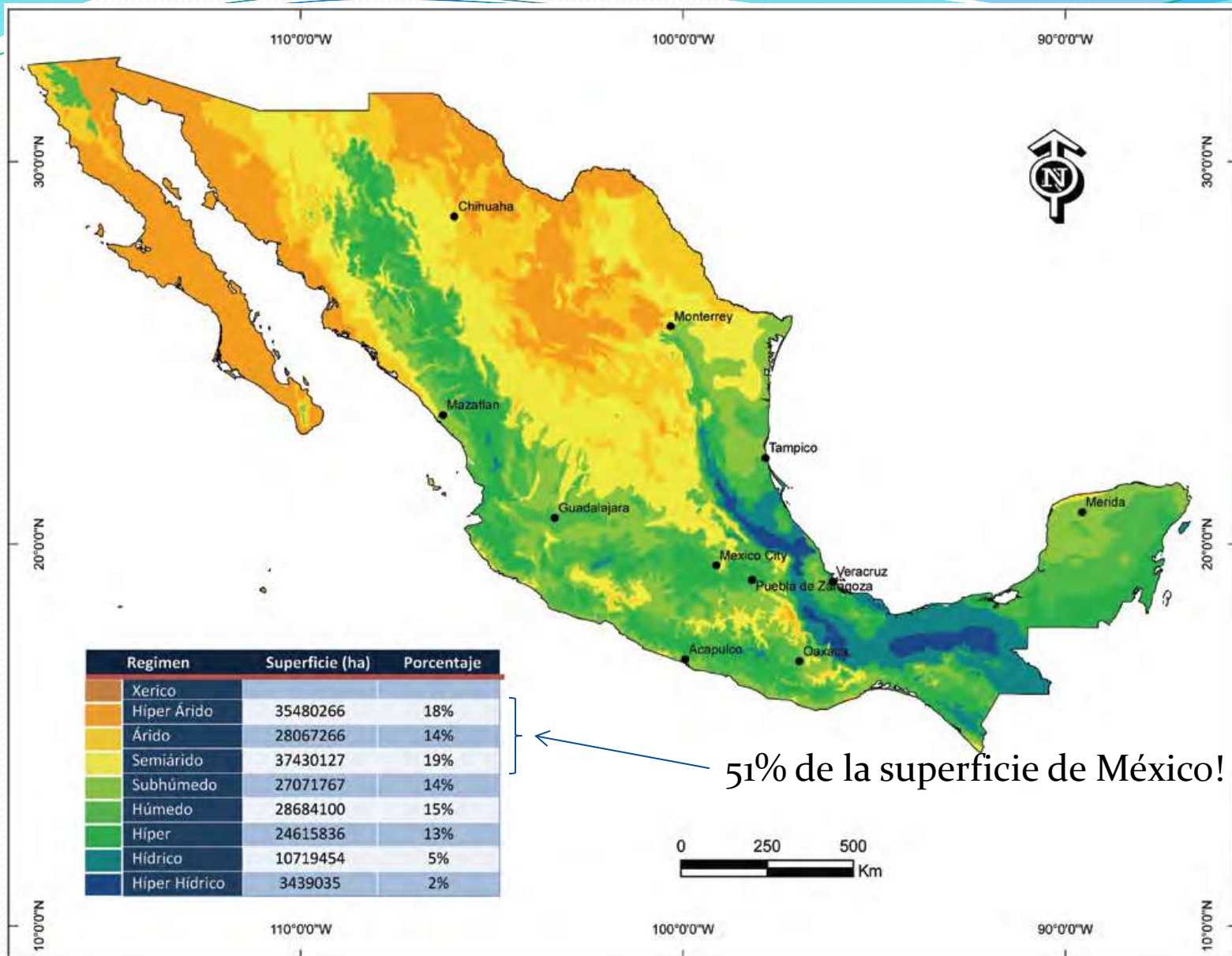
7 billones de personas

3 objetivos principales de la acuicultura

1. Mayor producción
  1. Superficie
  2. Agua
2. Desarrollo de acuicultura sustentable
3. Construir o diseñar sistemas => relación costo beneficio equitativa
  1. Sustentabilidad económica y social

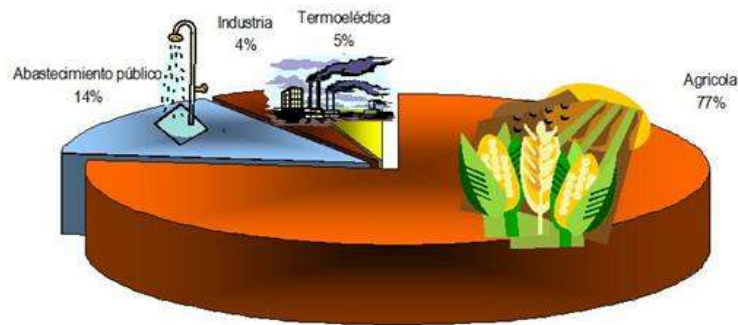


# México y el agua



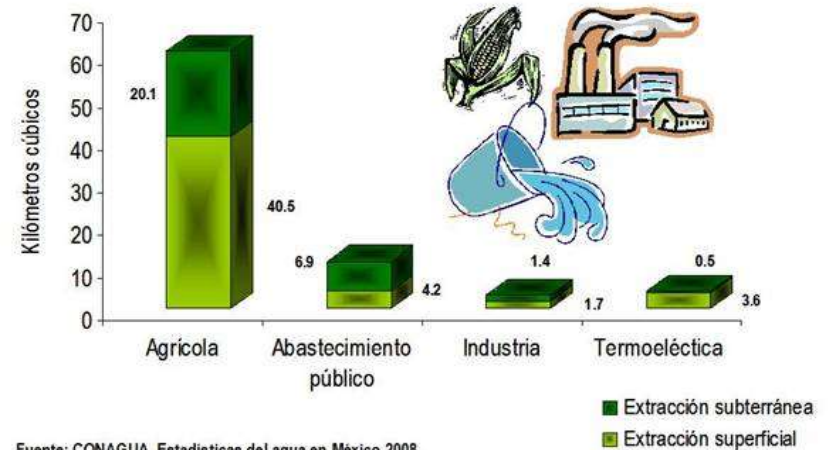
# Recurso hídrico

Usos consuntivos del agua en México

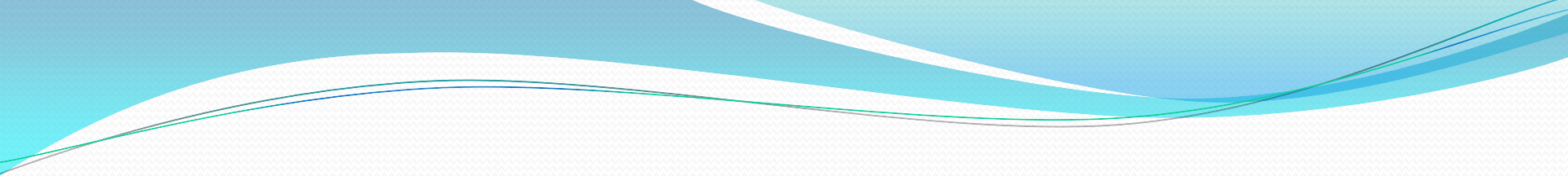


Fuente: SEMARNAT. Informe de la situación del medio ambiente en México 2008.

Usos consuntivos según tipo de extracción en México



Fuente: CONAGUA. Estadísticas del agua en México 2008.



# Opciones para la acuicultura en las zonas áridas de México

# Los sistemas de bajo recambio

- Sistemas de recirculación
- Sistemas de crecimiento suspendido
- Sistemas estáticos

# Alguna definición?

- Recambio diario menor al 10% del volumen total
- Control de sólidos?
- Control de la calidad de agua
- C/N
  - Sistema autótrofo
  - Sistema heterótrofo
  - Sistema fotótrofo



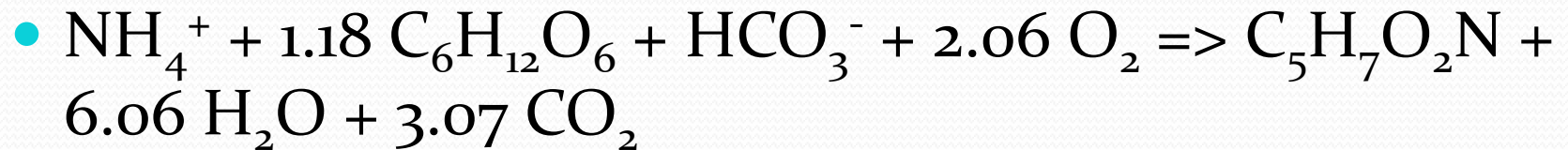


# Sistemas autótrofos

- $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
- $\text{NH}_4^+ + 1.83 \text{ O}_2 + 1.97 \text{ HCO}_3^- \Rightarrow 0.0244 \text{ C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N} + 0.976 \text{ NO}_3^- + 2.90 \text{ H}_2\text{O} + 1.86 \text{ CO}_2$

Consumibles	Estequiometria	Consume (g)
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$		1.0
Alcalinidad	7.05 g alk/g N	355.3
Oxigeno	4.18 g $\text{O}_2$ /g N	210.7
Productos	Estequiometria	Produce (g)
VSS	0.20 g VSS/g N	10.1
$\text{NO}_3^- - \text{N}$	0.976 g $\text{NO}_3^- - \text{N}$	0.976
$\text{CO}_2$	5.87 g $\text{CO}_2$ /g N	294.8

# Sistema heterótrofo (aeróbico)



Consumibles	Estequiometria	Consume (g)
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$		1.0
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	15.17 g CHO's/g N	15.17
Alcalinidad	3.57 g alk/g N	3.57
Oxigeno	4.71 g $\text{O}_2$ /g N	4.71
Productos	Estequiometria	Produce (g)
VSS	8.07 g VSS/g N	8.07
$\text{CO}_2$	9.65 g $\text{CO}_2$ /g N	9.65

# Sistema fotótrofos

- $16 \text{ NH}_4 + 92 \text{ CO}_2 + 92 \text{ H}_2\text{O} + 14 \text{ HCO}_3^- + \text{HPO}_4^{-2} \Rightarrow \text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P} + 106 \text{ O}_2$
- $16\text{NO}_3^- + 124 \text{ CO}_2 + 14\text{H}_2\text{O} + \text{HPO}_4^{-2} \Rightarrow \text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P} + 138 \text{ O}_2 + 18 \text{ HCO}_3^-$

Consumibles	Estequiometria	Consume (g)
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$		1.0
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	18.07 g CHO's/g N	18.07
Alcalinidad	3.13 g alk/g N	3.13
Productos	Estequiometria	Produce (g)
$\text{VSS}_{\text{algas}}$	15.85 g VSS/g N	15.85
$\text{CO}_2$	15.14 g $\text{CO}_2$ /g N	15.14



?

# Consideraciones de...

- Especie y estadio
- Manejo de los sistemas
  - Estrategia de alimentación (frecuencia e intensidad)
  - Calidad y cantidad de alimento
- Densidades
- Manejo de la calidad de agua
- Manejo de sólidos
- Recambio de agua

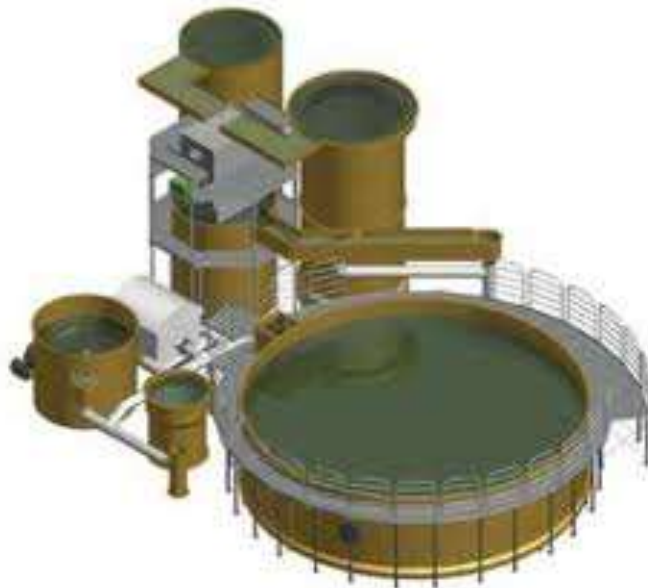
# Los sistemas de recirculación

- Cinco operaciones unitarias
  1. Circulación
  2. Remoción de sólidos
  3. Filtración biológica
  4. Desgasificación
  5. Aireación y/o oxigenación
- Baja densidad
- Alta densidad
- Inversión y operación

# Los sistemas de recirculación

- Tecnología
- Complejidad
- Manejo de gases
- Calidad de agua
  - Sistema de alcalinidad,  $\text{CO}_2$  y pH
  - C/N
- Filtración biológica ineficiente
- Bajar montos de inversión y operación
- Escalamiento







# Sistemas de crecimiento suspendido

- Mezcla heterogénea de microorganismos (formadores de agregados y bacterias filamentosas), partículas coloidales, polímeros orgánicos, cationes y células muertas
- Por composición
  - 2-20% fracción orgánica (microorganismos)
  - 60-70% materia orgánica
  - 30-40% materia inorgánica total
- Tamaño y forma irregular
- Altamente porosos (99%)

# Sistemas de crecimiento suspendido

- Relación C/N
- pH
- Temperatura
- Velocidad de agitación



# Otros parámetros operacionales...

Parámetro	Parámetro del floc influenciado	Posibilidades de manipulación	Relacionado a
Intensidad de mezcla	Estructura y tamaño del floc	Selección de energía (W/m <sup>3</sup> ) Equipo de aireación	Oxígeno disuelto
Fuente de carbono orgánico	Composición química del floc (proximal) Composición del floc bacteriano Composición química del floc bacteriano	Tipo de carbono  Estrategia de alimentación (continua o intermitente)	Carga de C orgánico Oxígeno disuelto Oxígeno disuelto
OD	Composición del floc bacteriano Estructura y volumen	Selección de energía (W/m <sup>3</sup> ) Produce en el tanque o externo	Intensidad de mezcla Carga de C orgánico
Temperatura	Estructura y actividad del floc	Aumentar o disminuir temperatura	Oxígeno disuelto Tasa metabólica
pH/composición iónica	Estabilidad del biofloc	Manejo de pH Manejo de iones mono o polivalentes	Alcalinidad conductividad

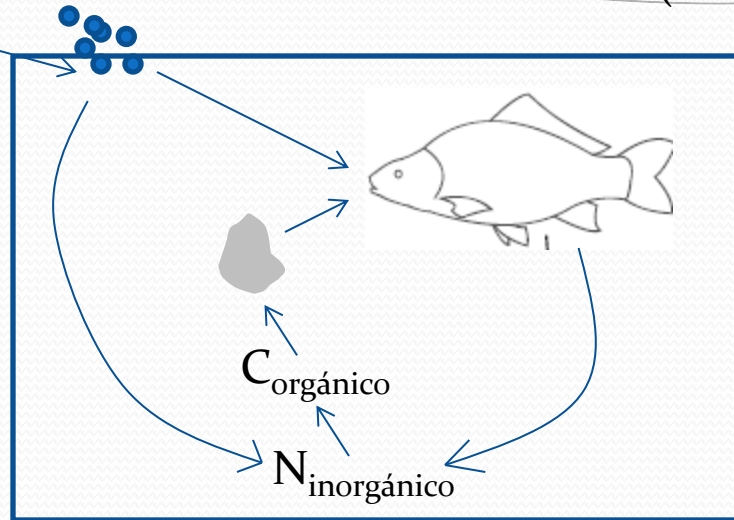
# Los retos

- Selección y posicionamiento de aireadores
- Integración a sistemas existentes
- Identificación de microorganismos con características benéficas
- Desarrollo de técnicas de monitoreo
  - Características y composición
- Optimización de la calidad nutricional
  - a.a., ácidos grasos, contenido vitamínico
- Determinación del impacto de la fuente de  $C_{org}$ 
  - Características del biofloc

Alimento  
balanceado

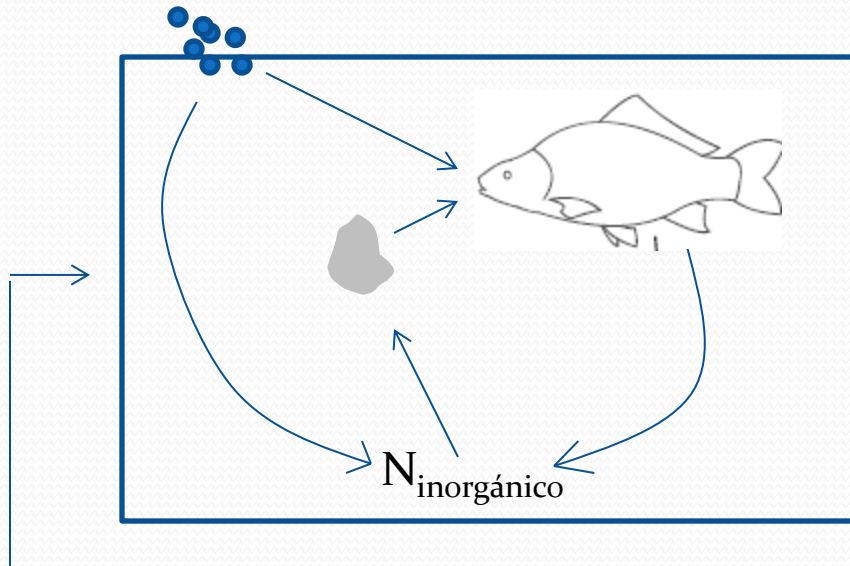
+  
fuente de  
 $C_{org}$

UNIDAD DE CULTIVO (+ AIREACION Y MEZCLA)

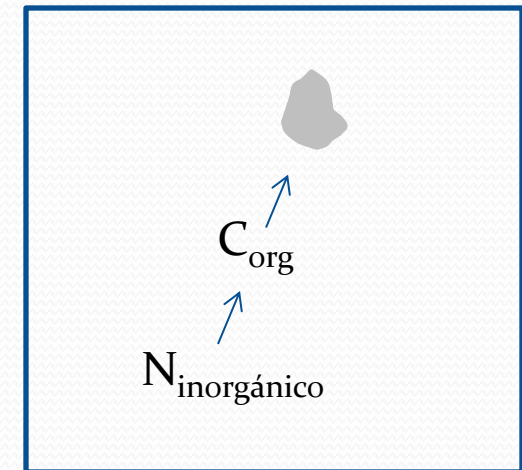


UNIDAD DE CULTIVO

BIOREACTOR (AIREACION + MEZCLA)

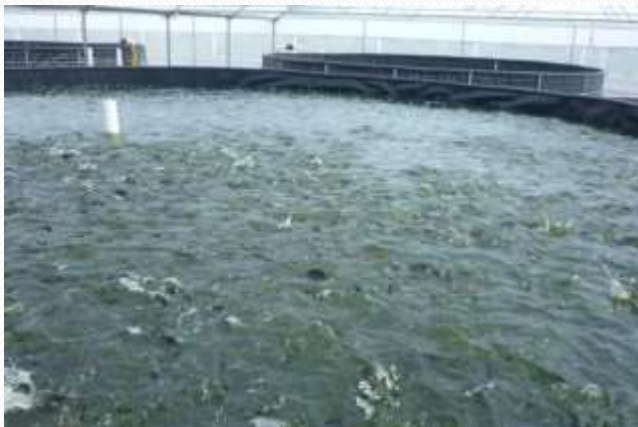
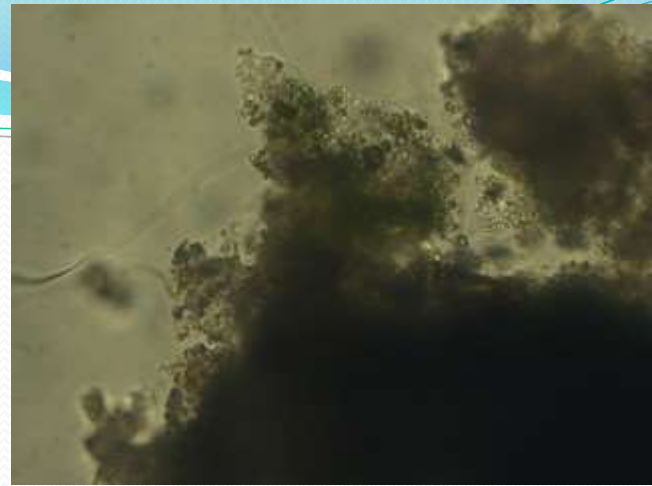


fuentes de  
 $C_{org}$



# Los retos

- Manejo patrones circulación
- Forma y tamaño de las unidades de cultivo
- *Macrobrachium rosenbergii*
- *Litopenaeus vannamei*
- *Oreochromis niloticus*







# Los sistemas estáticos

- Columna vertebral acuicultura social en México
- Tanques de geomembrana
  - 6 – 10 metros diámetro
- Aireación
- Manejo de aireación
  - Transferencia de gases (potencia)
  - Manipulación velocidades de agua
  - Concentración de sólidos
- Manejo de sólidos
- Volumen de recambio





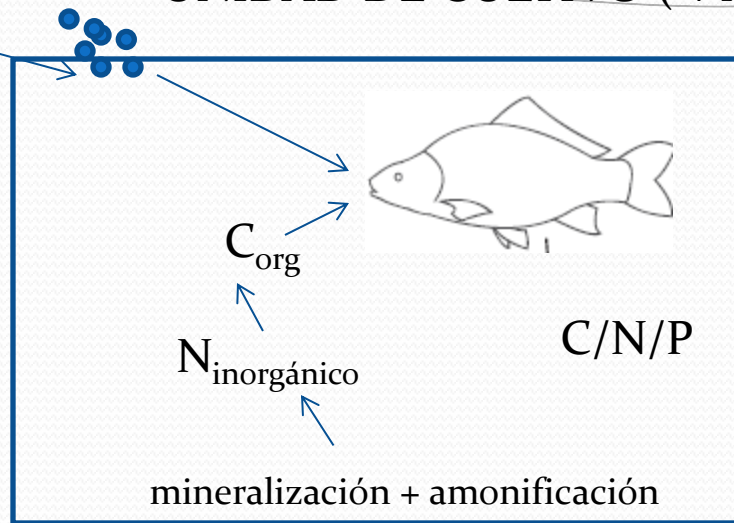
# Los sistemas estáticos

- Calidad de agua
- C/N/P (manipulación comunidades fitoplanctónicas)
- Afloramientos
  - Microalgas
  - Diatomeas
- Potencia aireador = transferencia de oxígeno =  $K_L a$
- $\text{Kg O}_2/\text{kw-h}$  y  $\text{Kg O}_2/\text{h}$
- $K_L a$  = densidades = capacidad de carga
- Tiempo de residencia hidráulica

Alimento  
balanceado

## UNIDAD DE CULTIVO (+ AIREACION Y MEZCLA)

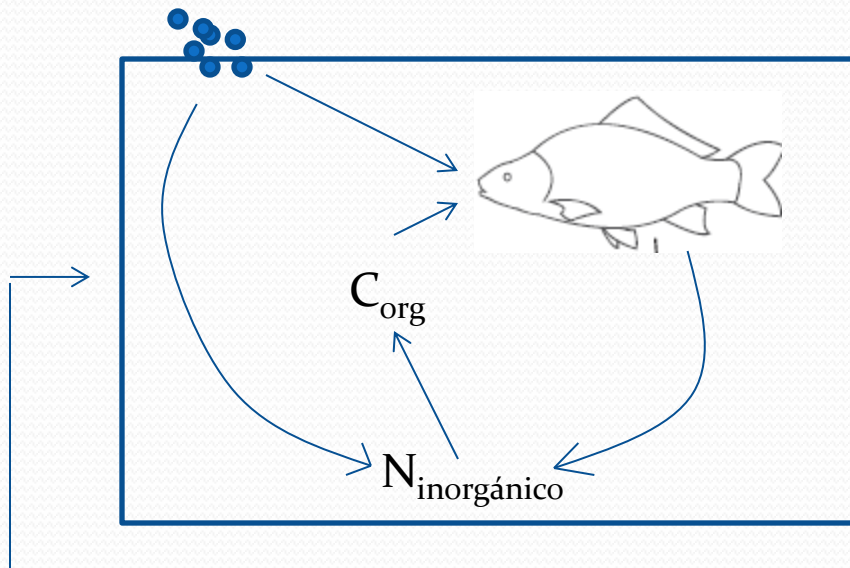
recambio



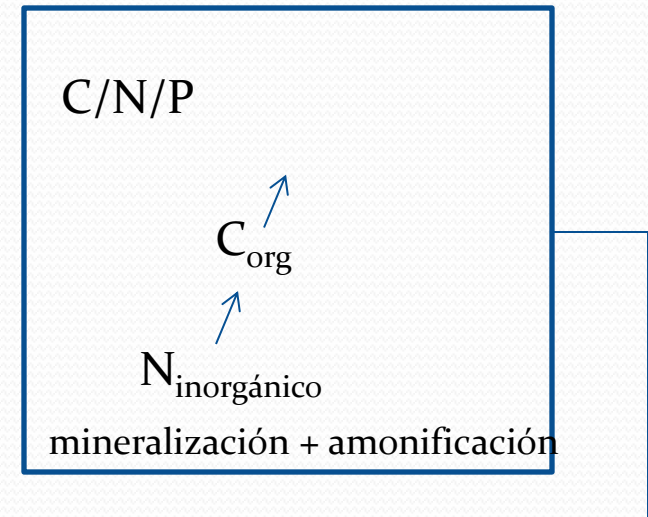
recambio

## UNIDAD DE CULTIVO

## BIOREACTOR (AIREACION + MEZCLA)



→





# Tres diferentes tipos de opciones

# Tres diferentes tipos de opciones

- Diferente contexto socio-económico
- Diferente tipo de tecnología
- Nivel de inversión
- El reto
  - Determinar capacidad de carga máxima
  - Operar a capacidad de carga máxima
- Balance iónico
- Transferencia de gases



# Sistemas de bajo recambio

- Sustentable





# Sistemas de bajo recambio

- Sustentable
- Presupuesto hídrico



Gracias!