

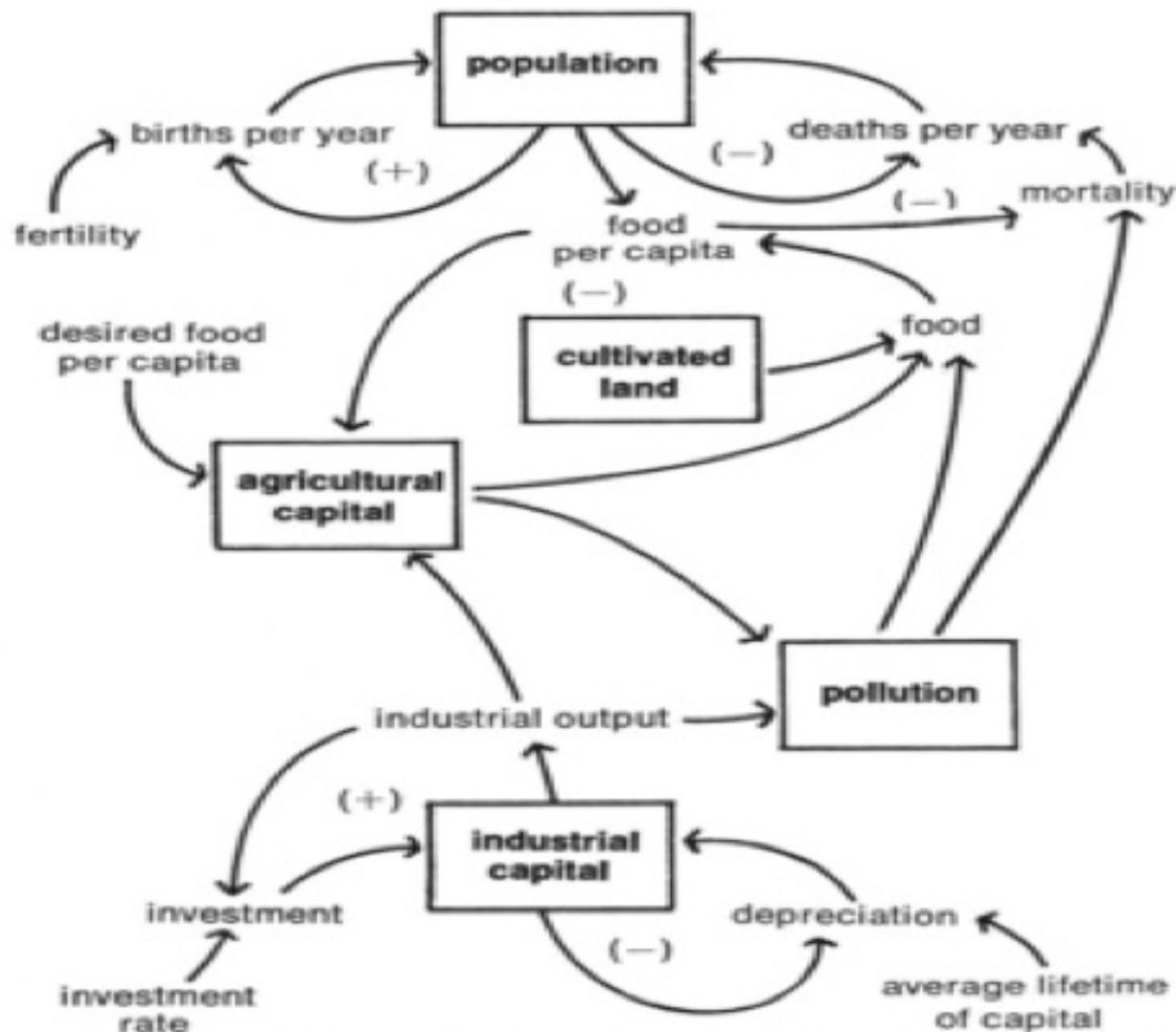
Manejo de residuos en la agricultura y silvopastoreo en la Región de Valparaíso.

Raul Cañas Cruchaga

Ingeniero Agrónomo, MgSc, PhD

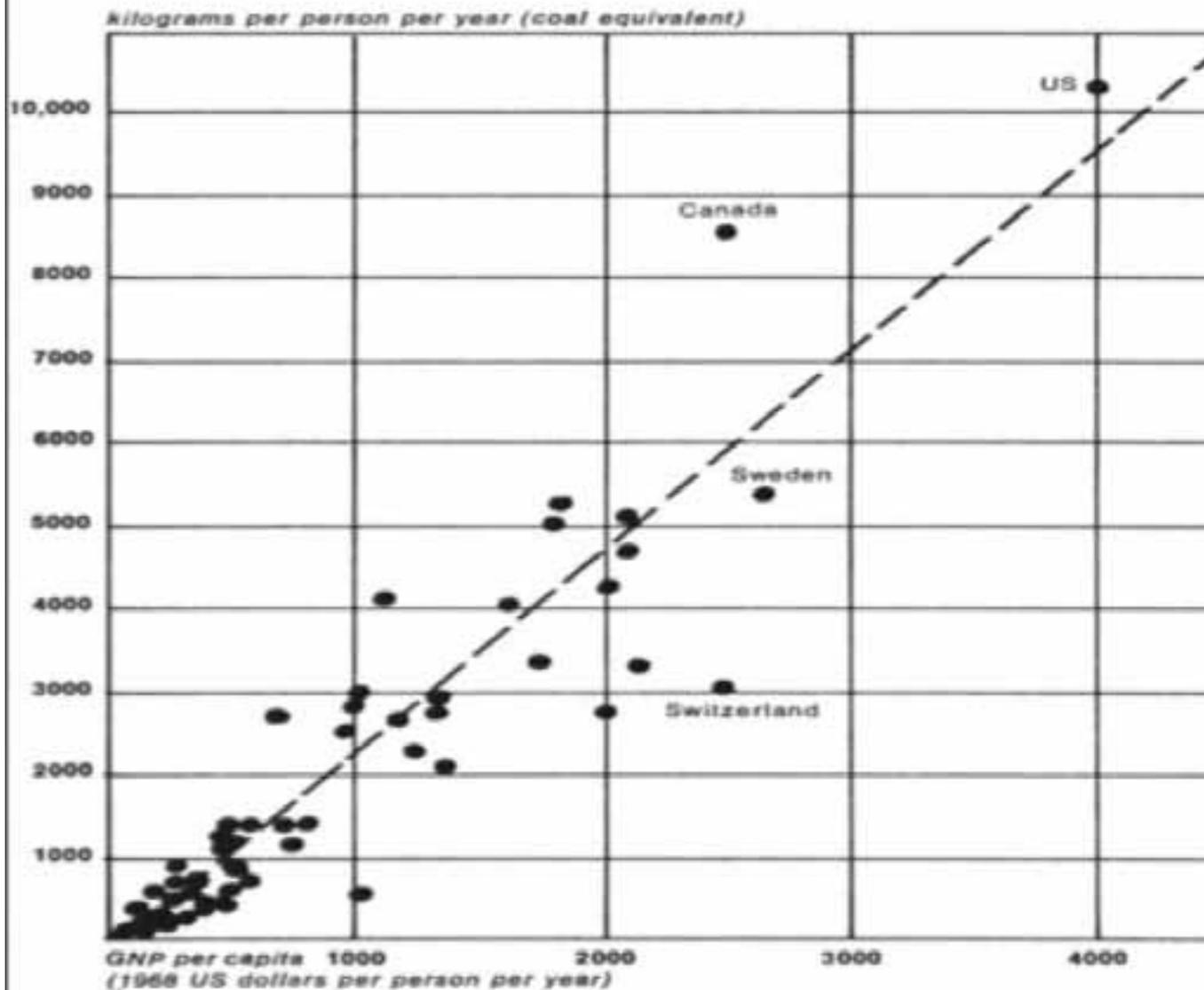


Figure 24 FEEDBACK LOOPS OF POPULATION, CAPITAL, AGRICULTURE, AND POLLUTION



Some of the interconnections between population and industrial capital operate through agricultural capital, cultivated land, and pollution. Each arrow indicates a causal relationship, which may be immediate or delayed, large or small, positive or negative, depending on the assumptions included

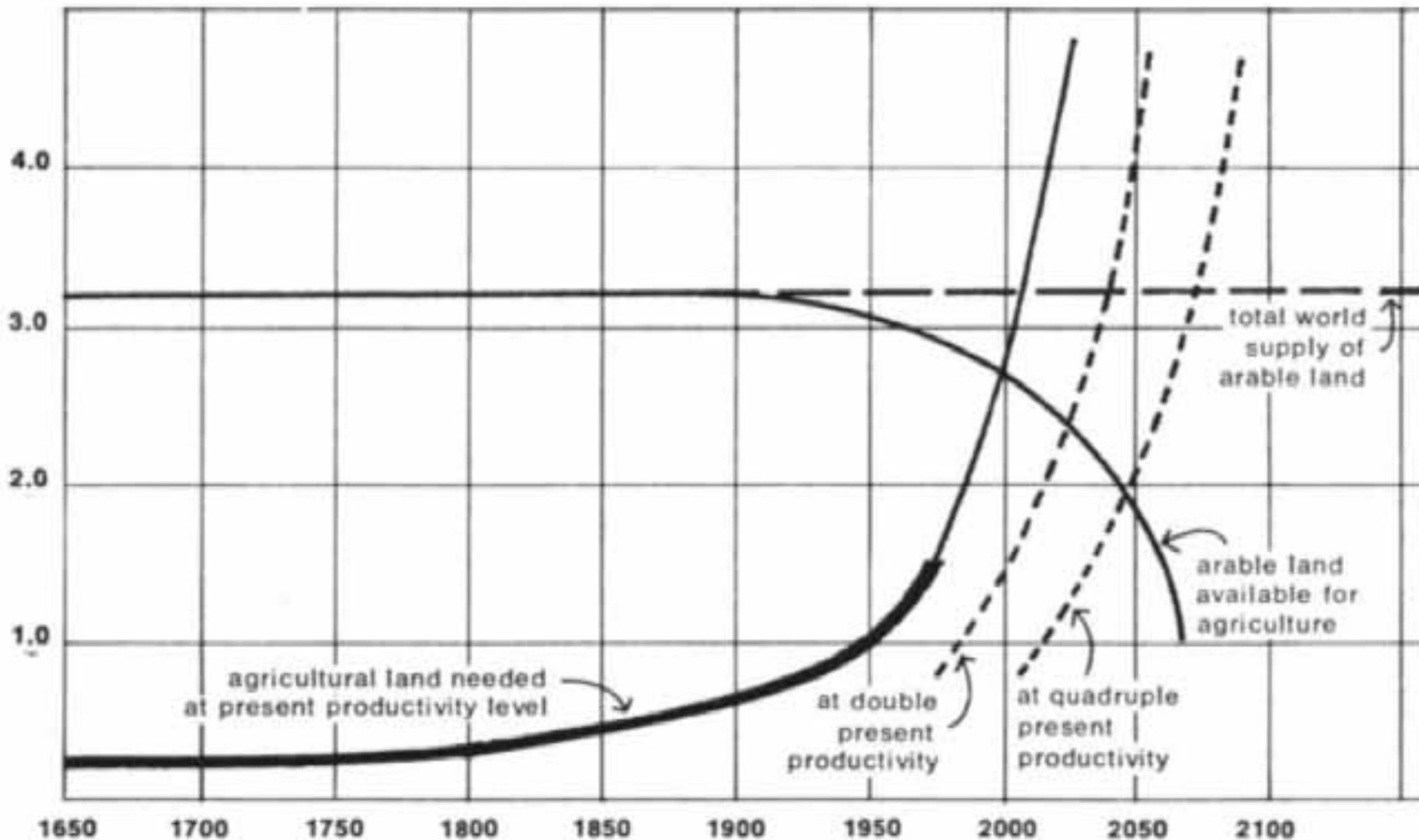
Figure 14 ENERGY CONSUMPTION AND GNP PER CAPITA



Although the nations of the world consume greatly varying amounts of energy per capita, energy consumption correlates fairly well with output per capita (GNP per capita). The relationship is generally

Figure 10 ARABLE LAND

billion hectares

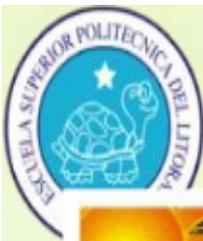


Desafíos de la ganadería en una agricultura sustentable.

- El creciente aumento de la población mundial y la globalización de la economía, ha generado cambios en los sistemas de producción animal. Estos, se deben a que para hacer sustentable los sistemas productivos, se hizo necesario aumentar los tamaños de explotaciones, con el propósito de obtener economías de escala y por ende reducir los costos unitarios.
- Para que un sistema productivo sea sustentable lo debe ser en lo ecológico y en lo económico.
- Las distintas industrias generan gran cantidad de Residuos Industriales Líquidos (RILES) los que al no ser adecuadamente tratados producen contaminaciones importantes, cambios climáticos, toxicidades con sus consiguientes problemas.

- Los Riles afectan la atmosfera.
- La *atmósfera*, está compuesta principalmente por **nitrógeno**, **oxígeno**, **dióxido de carbono** y **vapor de agua** que es el gas natural de invernadero más importante. El CO2 ocupa el segundo lugar en importancia y la ganadería es, en parte, responsable de su producción y por ende de los gases invernadero.
- Si no existiera ningún efecto invernadero, la temperatura media de la tierra sería unos 33°C menor; del orden de -18°C.
- Al aumentar el efecto invernadero, se producen cambios climáticos. Esto es lo que está ocurriendo y que veremos como disminuir, con la producción animal bien manejada.

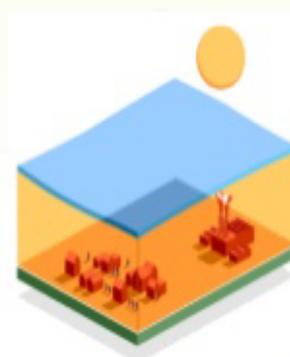
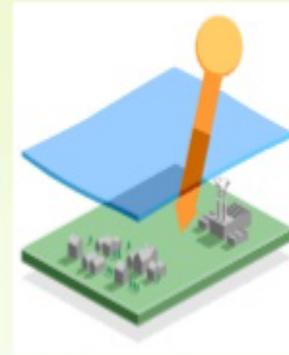
- El *efecto invernadero* es un proceso en el que la **radiación térmica**, emitida por la superficie planetaria, es absorbida por los **gases de efecto invernadero** (GEI) atmosféricos y es reirradiada en todas las direcciones.
- Parte de esta reirradiación es devuelta hacia la superficie y a la atmósfera, dando como resultado un incremento de la temperatura superficial media, respecto a lo que habría en ausencia de los GEI.



EFEECTO INVERNADERO



Efecto Invernadero



El efecto invernadero se produce en la atmósfera de forma natural debido a la presencia de vapor de agua, CO_2 y otros gases de efecto invernadero. Este efecto 'natural' es responsable de que la temperatura en la superficie de la tierra sea $30^\circ C$ superior a la que correspondería si no existiesen dichos gases.

Efectos de los animales en el medio ambiente

La animales producen un **aumento de gases de invernadero debido:**

- **Por respiración**, especialmente CO_2 y CH_4 .
- **Deyecciones**, contaminación de acuíferos, producción de CH_4 .
- **Pisoteo**, compactación del suelo.
- **Disminuye incendios** por efecto de reducir rastrojos y forraje seco, por el pastoreo.
- Contaminación por **animales muertos**.

¿Qué pasa con el CO₂?

- La concentración de CO₂ atmosférico se ha incrementado desde el año 1750 desde un valor de 280 ppm a aproximadamente 405 ppm en 2016.
- Se estima que 2/3 de las emisiones proceden de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) mientras un 1/3 procede del cambio en la utilización del suelo (Incluida la deforestación).
- Del total emitido solo el 45 % permanece en la atmósfera, sobre el 30 % es absorbido por los océanos y el restante 25 % pasa a la **biosfera** terrestre.
- Por tanto no solo la atmósfera está aumentando su concentración de CO₂, también está ocurriendo en los océanos y en la biosfera.

- *Protocolo de Kyoto*, difundió el concepto de **sumidero de carbono** y estos tienen como objetivo reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera.
- Antiguamente los principales sumideros fueron los procesos de producción de carbón, petróleo, gas natural, metano y las rocas calizas.
- Hoy día los sumideros mas importantes son los **océanos**, y la producción **vegetal**.
- La **fotosíntesis** es el principal mecanismo de secuestro de carbono. Las bacterias fotosintéticas y las plantas, son sumideros de carbono.

- A mayor intercepción de la luz por parte de la vegetación, mayor será la fotosíntesis, mayor es la cantidad de sumidero de CO₂ y mayor será la cantidad de O₂ producido.
- La intercepción de la luz por vegetales se mide por el **Índice de Área Foliar (IAF)**.
- Una pradera bien manejada tiene un IAF promedio anual de 3,0 a 3,5, el olivo (hoja perenne) es de 2,0 a 2,5, en cambio un almendro o nogal (hoja caduca), se estimó, mediante un modelo de simulación, entre 0,8 y 1,2. ***Una pradera es un sumidero de carbono, pero debe ser utilizada adecuadamente.***

Sumideros de Carbono



Dado lo antes planteado, parece lógico pensar que para lograr un adecuado sumidero de C, se requiere aumentar el IAF.

Una forma de hacerlo es combinar praderas con frutales, hortalizas y bosques lo que se llama en forma genérica silvopastoreo.

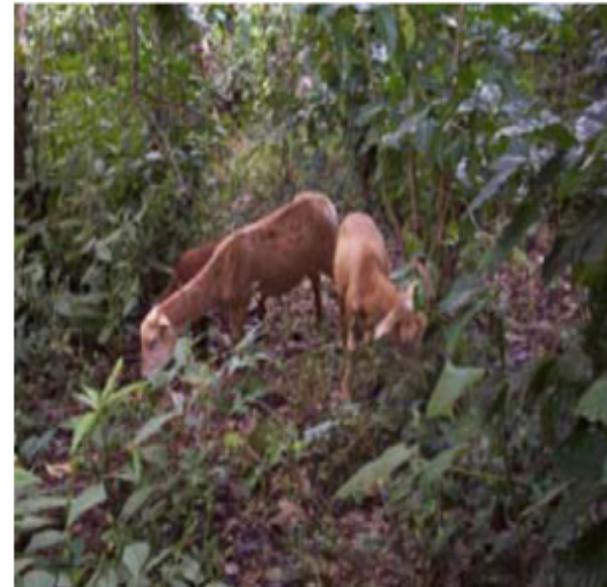
Algunos ejemplos exitosos de esto pueden ser:

Animales en horto y frutipastoreo.

- En las áreas de horto frutícola debe buscarse el animal adecuado para usar el forraje o maleza, entre las hileras del cultivo. En muchas hortalizas no se pueden incluir animales para el pastoreo a no ser que ya se haya cosechado sus frutos, donde los animales pueden hacer uso de los rastrojos.
- En cafetales se pueden usar ovinos, como desmalezadores, sin producir daños al cafetal.

Silvopastoreo con ovejas en cafetales

- Control de malezas (% de reducción): 34%.
- Vida en el suelo (% de aumento población lombrices de tierra): 80% (primeros 6 meses).
- Control de broca (Reducción % Incidencia de broca): 4%.
- Producción de carne.



Horti pastoreo de gansos en alcachofas y espárragos

Una opción alternativa para el control de malezas en alcachofas y espárragos, es el pastoreo con gansos.



Beneficios del sistema:

- Control de malezas en forma barata.
- Producción de carne, plumas y pate.
- Producción de guano repartido, aumentando la fertilidad
- Cuidadores de las hortalizas a hurtos.

Problemas:

- Necesidad de cuidado extra.

IAF en dos sistemas de manejo en almendros

Estado de un almendral durante el invierno, con uso de herbicidas.

IAF=0



Estado de un almendral durante el invierno, con una pradera de ballica.

IAF=4.0



Sistema integrado, ovinos en un nocal.

Usando herbicidas



Uso de ovinos. (6 ovinos/ha)



Silvopastoreo con gallinas



Arquitectura preocupada del calentamiento global



Capturar C en el suelo

- En el horizonte húmico del suelo, se acumula casi lo mismo cantidad de C que hay en la atmósfera.
- Por tanto, para disminuir el contenido de CO₂ atmosférico, una de las estrategias debería enfocarse hacia el acumulación de C como materia orgánica del suelo, procurando nuevos manejos, ampliando el regadío, adicionando residuos orgánicos de comprobada calidad como son las deyecciones de animales, mejor uso de los fertilizantes, selección genética, labranza reducida, etc.

Como lograr, del suelo, un sumidero de CO₂

Aumentando el contenido de humus del suelo.

- Esto se logra con la aplicación de materia orgánica, incluyendo deyecciones animales, mediante el uso de lombrices (*Eisenia foetida*).
- El requerimiento de estiércol, para lograr una buena cama para las lombrices, se estima en función al tamaño de la planta de producción del abono orgánico. La relación adecuada es de 70% de estiércol y 30% de rastrojo vegetal de cosecha de hortalizas.
- Otra alternativa de aumento del compost es el uso de compost.

Compostaje

- Es un proceso biológico **aeróbico**, (si el proceso es anaeróbico producirá CH_4) El O_2 produce la humificación de la materia orgánica. Es un nutriente para el suelo, mejora la estructura, ayuda a reducir la erosión y a la absorción de agua y nutrientes por las plantas.
- Las materias primas para su elaboración son restos de cosechas, restos de poda de frutales, hojas, restos de fruta y hortalizas, (el rastrojo de las 5000 ha de tomates en Valparaíso) restos de animales, complementos minerales, algas, **estiércol animal**.
- Debe preocuparse de tener un ambiente aeróbico, esto es que no se caliente, para esto es necesario darlo vuelta, la barda de materia orgánica y mantenerlo húmedo.

Equipos para airear el compostaje



- El cultivo del tomate, importante en la región de Valparaíso, genera aproximadamente 70 ton de residuos /ha, conformado tanto por **residuos orgánicos como inorgánicos en el caso de su producción en invernaderos.**
- Los **residuos orgánicos**, esa habitual la quema, esta práctica es contaminante.
- Los rastrojos deben ser reutilizados a través de la incorporación directamente al suelo una vez picados, mezclando con guano en proporción 50:50 y en dosis que van desde los 2,5 a 5 kg de la mezcla/m² o haciendo compost.

- En México existen trabajos que muestran que el rastrojo de tomate es una **fuentes de lignocelulósica específica** para la producción del hongo *Pleurotus* spp. de muy buen precio en los mercados.



Eliminación de productos inorgánicos asociados a los invernaderos

- Los **inorgánicos**, plásticos y envases de agroquímicos demandan de un cuidado especial ya que pueden ser considerados como residuos potencialmente peligrosos.
- Su quema produce **dioxina**, tremendamente venenoso.
- Actualmente equipo de científicos de la Universidad de Stanford en California, acaban de presentar un estudio que puede ser una solución en un futuro próximo. La clave está en una pequeña larva de escarabajo conocido como gusano de la harina (*Tenebrio molitor*).

(continuación)

Los investigadores encontraron que ella puede alimentarse de poliestileno, un plástico no biodegradable. Se está aislando la enzima que actúa en el intestino de la larva para luego posiblemente sintetizarlo. Estas larvas, al igual que otras como el gusano del tebo (*Chilecomadia valdiviana*), la polilla de la cera (*Galleria mellonella*), estas especies han demostrado, a nivel de laboratorio, ser larvas con la capacidad de consumir algunos tipos de plásticos, como dieta única e incluso lograr completar sus ciclos biológicos hasta el estado adulto.

Emisión de metano

- El metano es considerado un gas contaminante debido a su efecto invernadero contribuyendo con el 12 % al calentamiento global. El 20 de Sep 2016 el gobernador de California, Jerry Brown firmó la ley (*SB 1383*) que obligue a los productores de leche a reducir la emission del CH₄ en un 40% para el año 2030.

¿Cuanto se produce en la región de Valparaíso y como utilizarlo?

- La región cuenta con 110.000 bovinos, siendo la provincia de San Antonio con 33% de estos y donde el 50% de los ganaderos tienen los bovinos como única fuente de ingreso y el 45% son animales para engorda de temporada provenientes de Los Andes (Altos de Ahumada) alimentados en praderas naturales. Tiene 57.000 cabezas de ovinos, 2500 cerdas madres y 23 criadero de aves con 2.000.000 de aves de postura.

(continuación)

Según un modelo de simulación realizados para el CIP, cada Kg de animal genera aproximadamente 0,75 Lts de CH_4 al año. Si esto es así, en la región de Valparaíso se generan aproximadamente 30.000 m^3 de gas metano y de esto el 50% es producido en sistemas confinados, lo que permite aprovecharlo.

En el caso de los animales que están a pastoreo, se debe capturar el CH_4 a nivel ruminal lo que se puede hacer con el uso de ionosforos o aumentando la digestibilidad de los alimentos consumidos con uso de bloques alimenticios con agregados de CHO solubles y Urea.

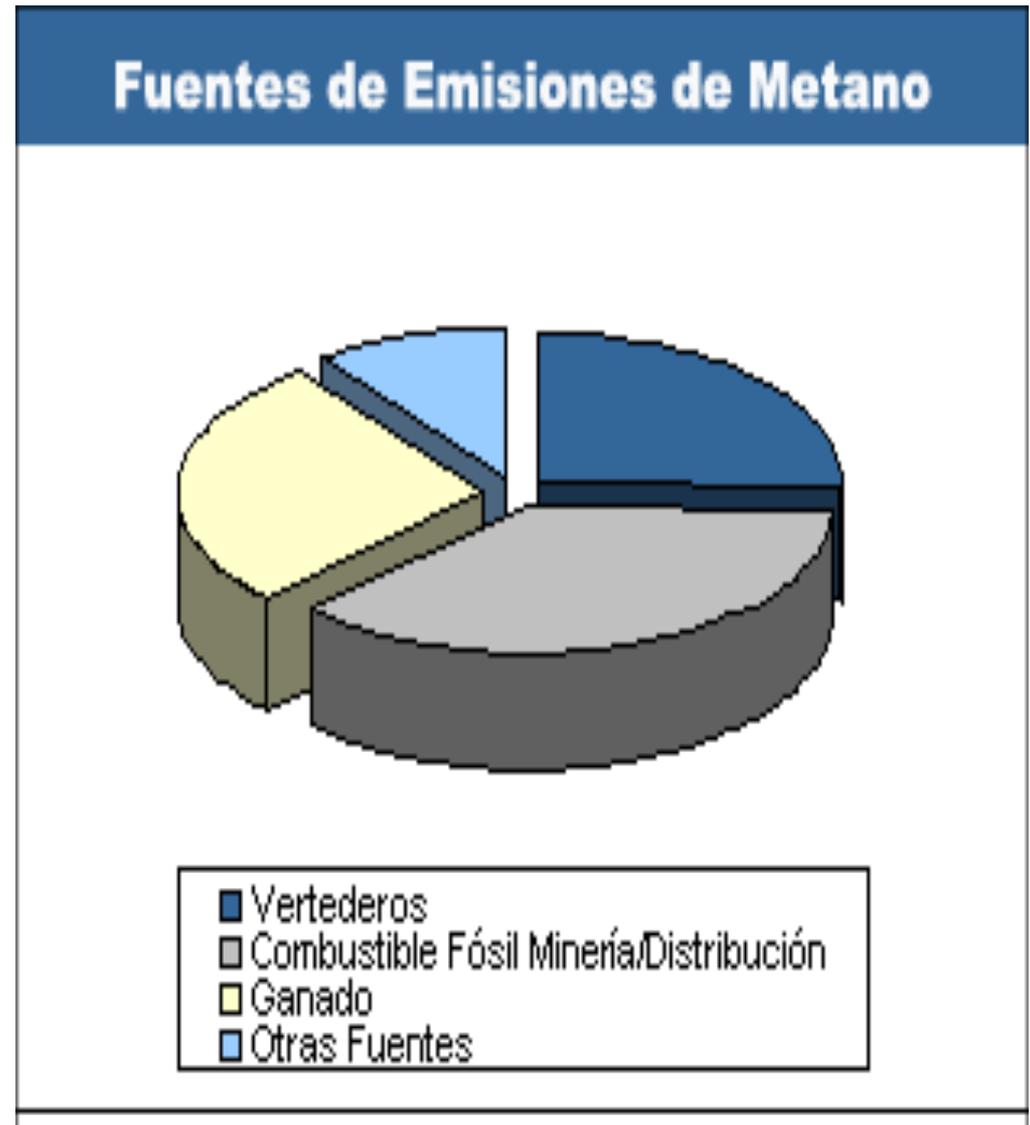


Emisores de CH₄

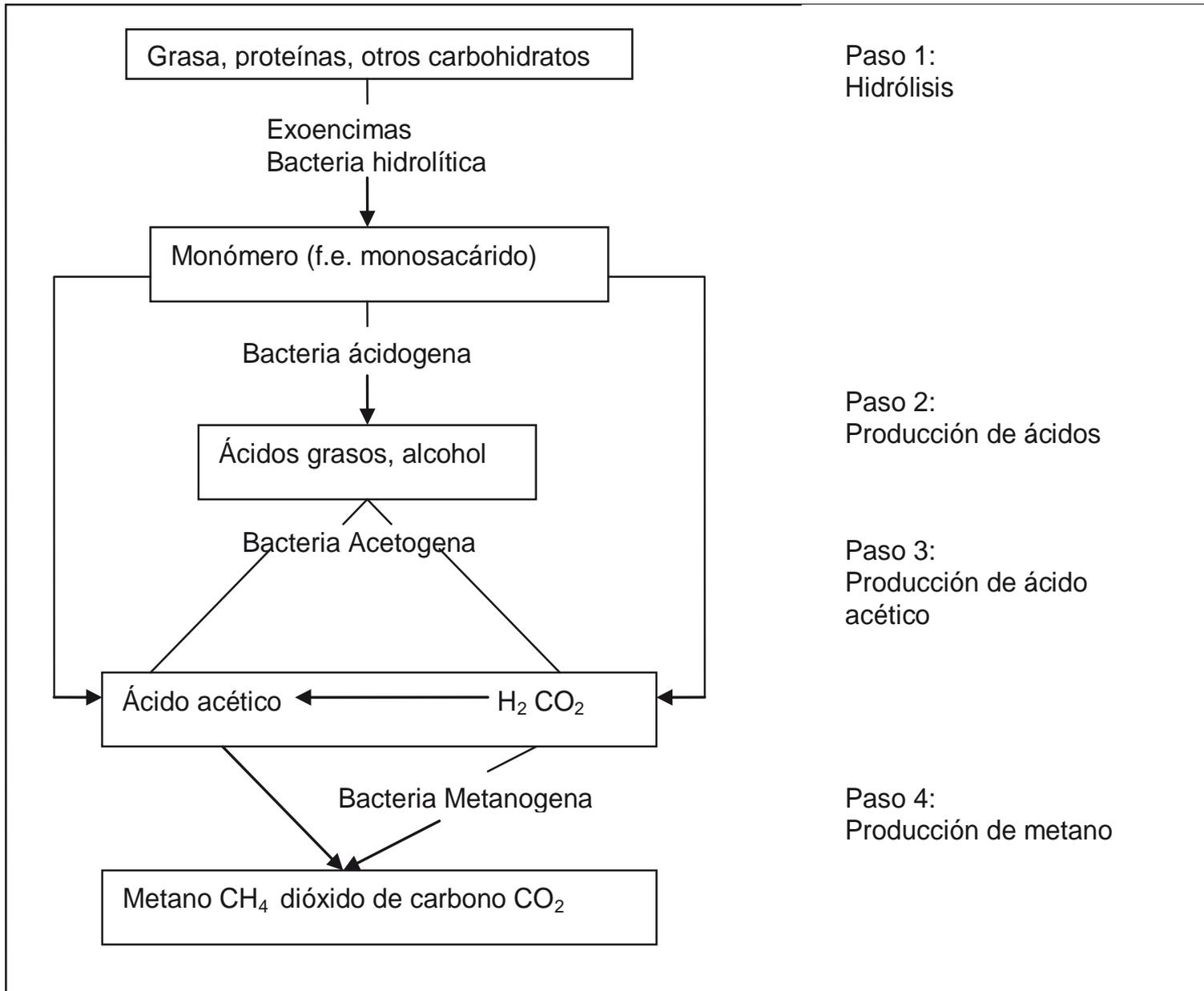
Metano (CH₄): Al igual que el CO₂, las fuente de metano pueden ser naturales o producto de *actividades humanas*.

La actividad humana es la que crea la mayor fuente de emisiones de metano, las 3 principales fuentes son:

- **Combustible fósil** (Carbón, petróleo y gas)
- **Vertederos**
- **Agrícola** (estiércol)



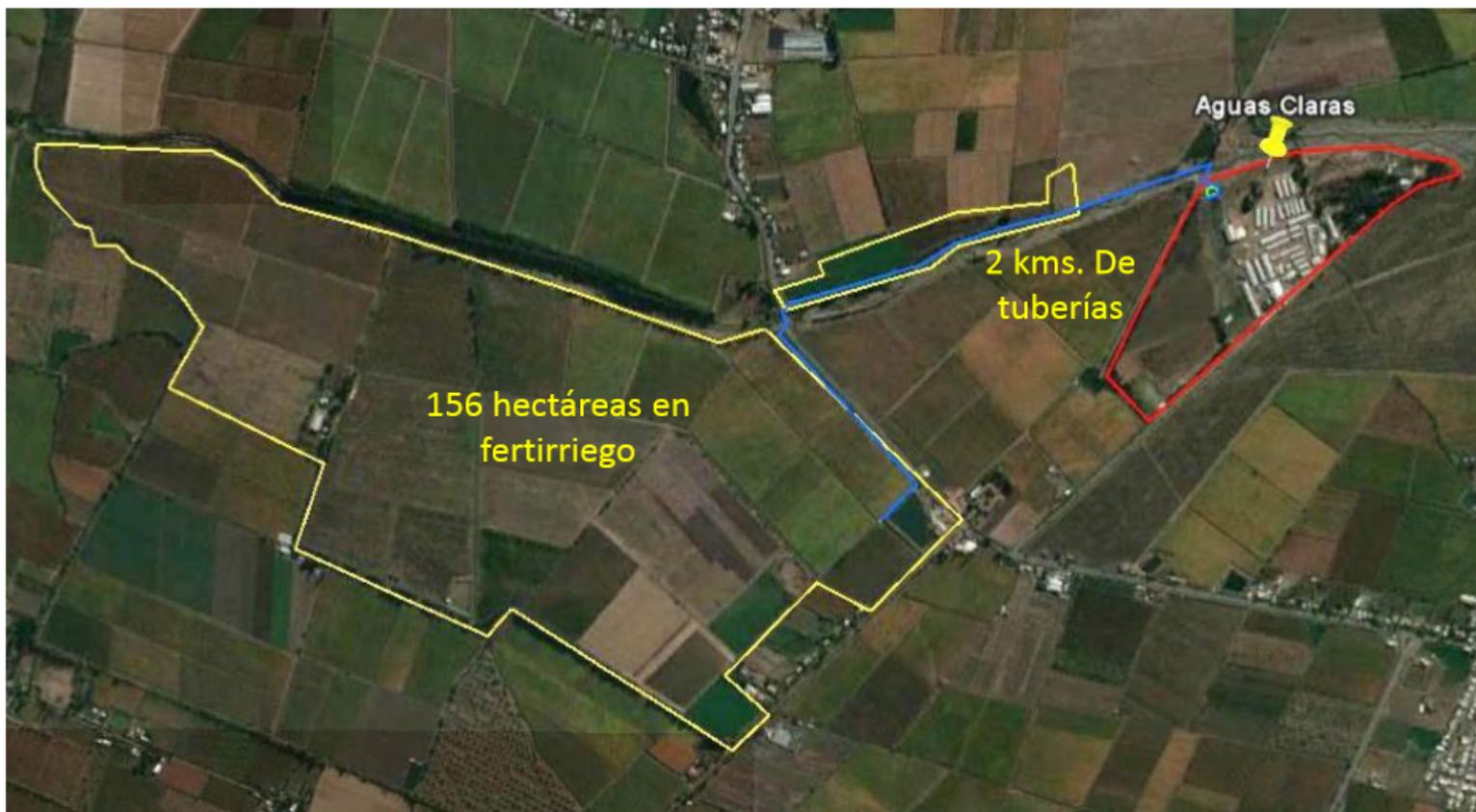
Producción de Biogas



¿Qué hacer en los sistemas de producción confinados? Piscinas cubiertas

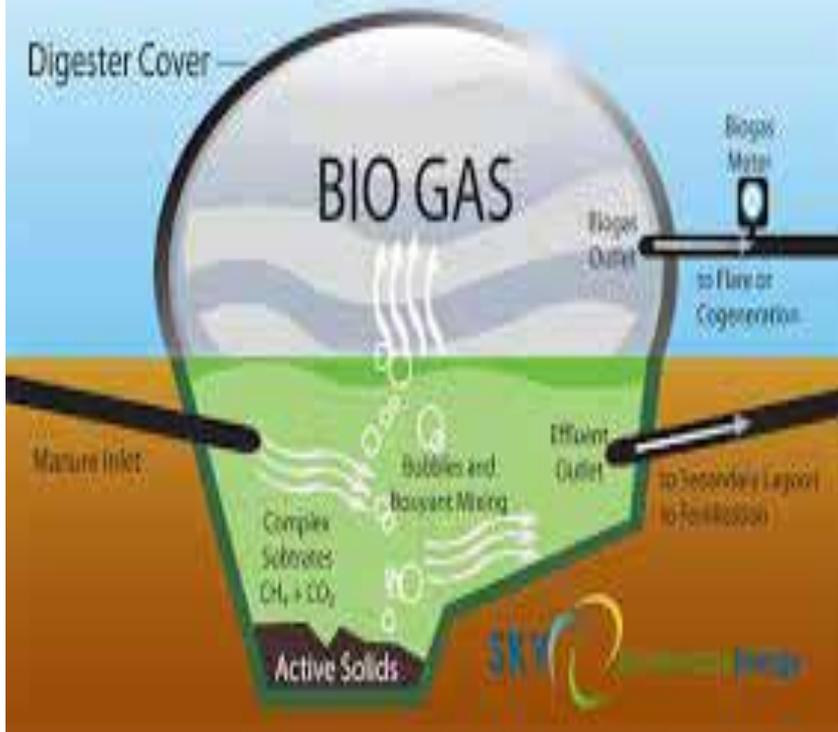


Plantel Aguas Claras



- El biogás, así obtenido, posee un potencial energético de unos 6,2 KWh/m³, suponiendo un contenido de metano de 60% aproximadamente. A modo de referencia, el contenido energético del diésel es de 10,68 KWh/m³.
- El biogás puede ser utilizado como reemplazante de la leña para cocinar, o para generar electricidad o usarlo como combustible para los motores de las hélices colocadas en huertos frutales para minimizar efecto de heladas, etc.

Anaerobic Digestion



Uso del metano en sistema que minimizan daños de heladas en huertos



Separación de sólidos y líquidos de las piscinas

- Uso de prensa (semejante a una prensa viñatera)
 - Sólido se usa como alimento animal (50% de la ración)
 - Líquido se pasa a un biofiltro

Prensa para separación de líquidos y sólido de deyecciones de cerdos (Jara 2015)



Uso del prensado

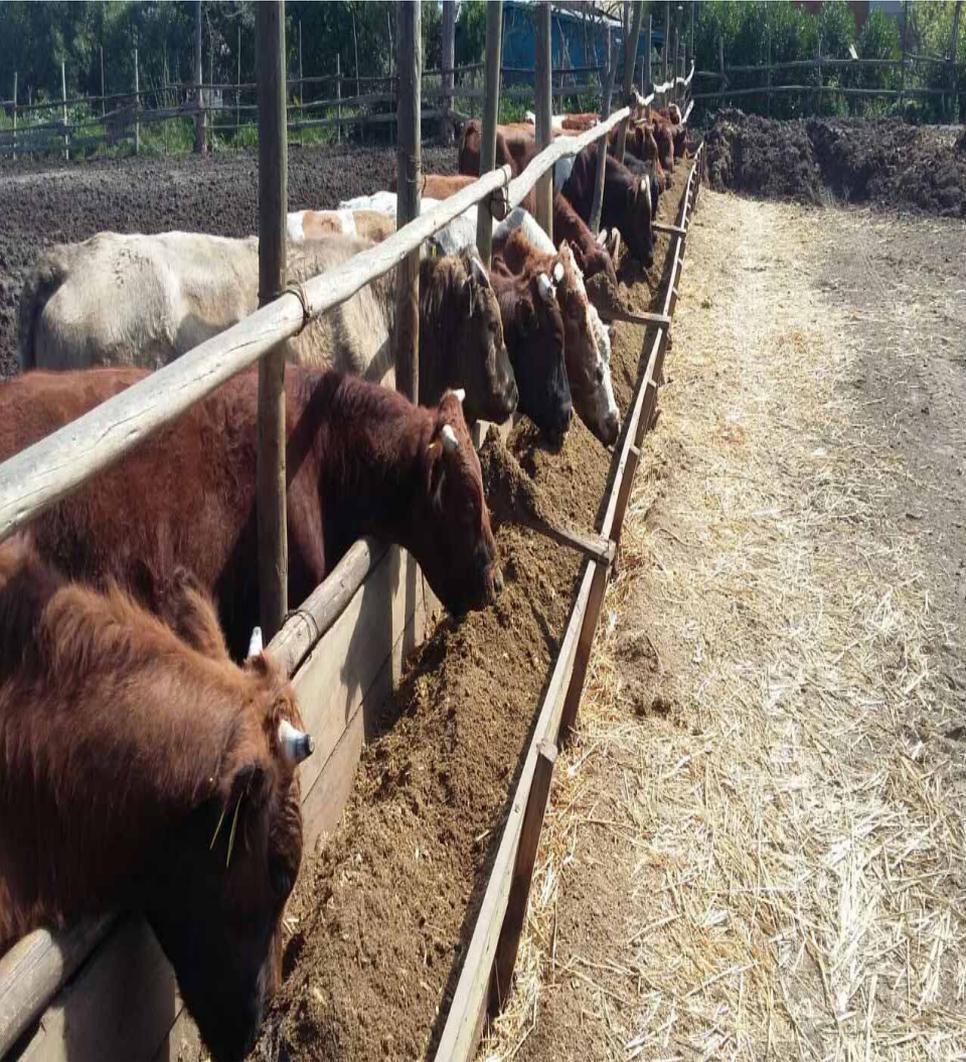
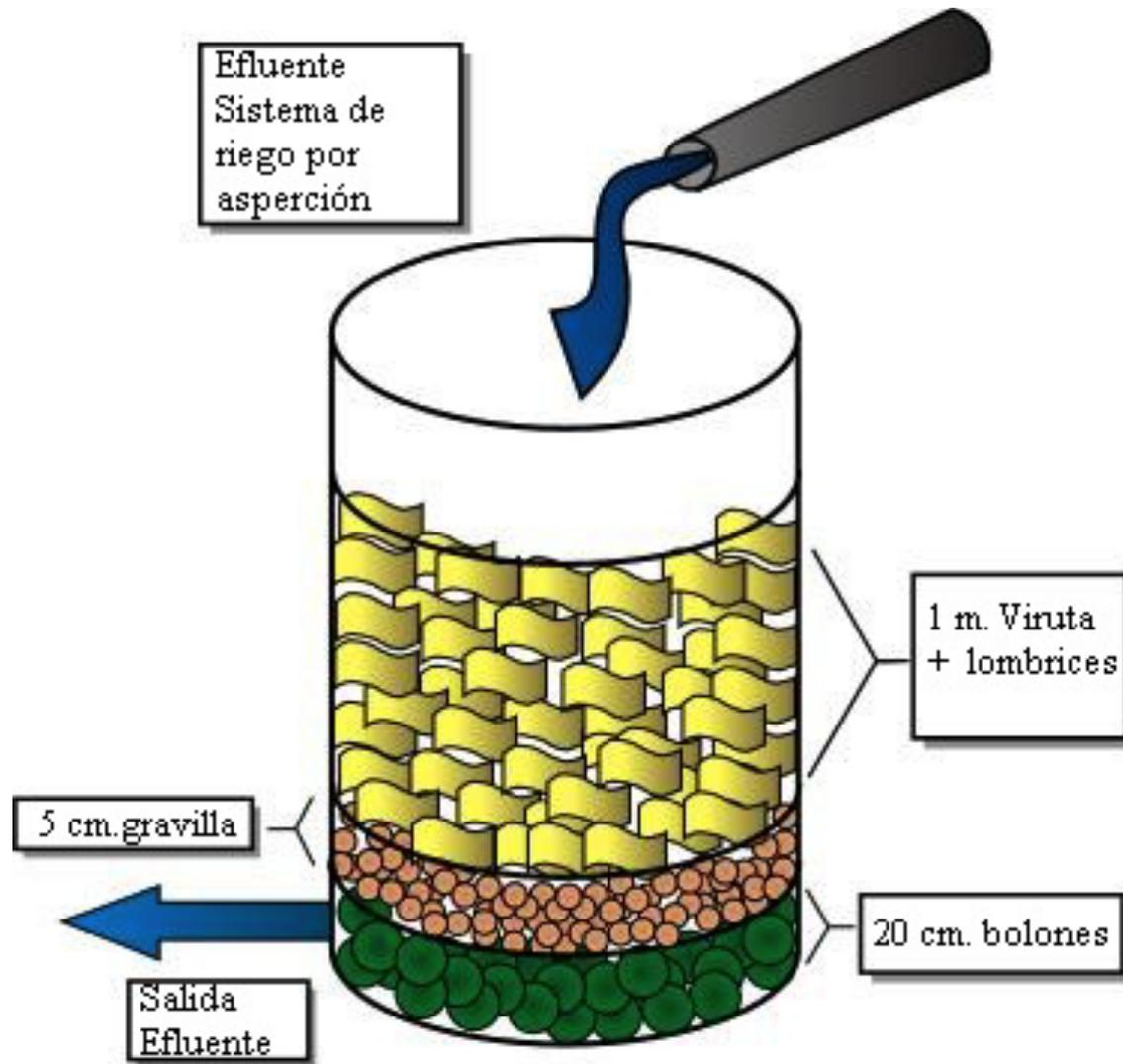


Figura N ° 3.3.1.3.2: Biofiltro desarrollado para limpiar el agua de prensa.



- Los altos niveles de patógenos que pueden existir en las aguas residuales, ya sean bacterias como *E. coli*, *Salmonella* o cualquier coliforme fecal, hoy son fácilmente controlados.
- Existe un procedimiento físico, que es barato, es mediante la irradiación con rayos Ultravioleta. (UV, 254 nm) lo que provocan una alteraciones y daños en la estructura del ADN que impiden la división celular y causan la muerte de los microorganismos y por ende el control sanitario de las aguas.

Cuadro N ° 3.3.1.3.2: Comparación de la carga contaminante del efluente de salida de la prensa, del efluente a la salida del biofiltro y de la carga contaminante permitida por la Norma Chilena.

Parámetros	Efluente Salida Prensa con filtro	Efluente salida Biofiltro	% Eficiencia Remoción	Norma Chilena
DBO ₅ (mg/l)	8.500	260	97%	1.000
Sólidos Totales (mg/l)	25.100	1596	94%	1.000
Sólidos Suspendidos (mg/l)	22.680	88	100%	100
P total (mg PO ₄ /l)	2,1	1.21	42%	1
N total (mg/l)	18,7	11.2	40%	10
pH	7,6	7.8		6 - 8

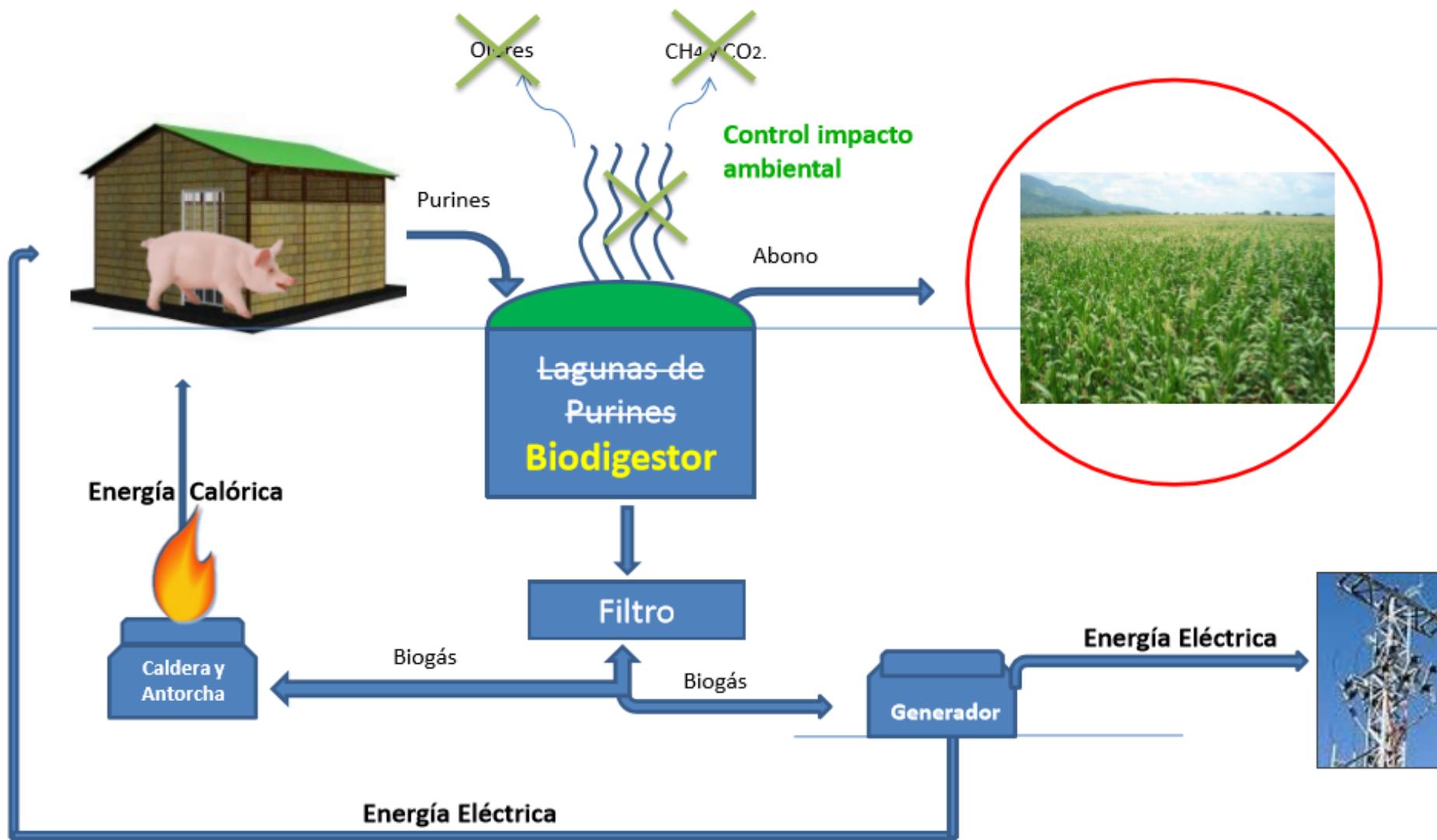
Cuadro N ° 3.1.5.1: Comparación de los niveles de contaminantes permitidos respecto a las normas Brasileñas, Chilenas, Estadounidense y Suizas.

Elemento	Brasil	Chile	USA	Suiza
DBO ₅ a 20°C	10 mg/l	35 mg/l	20 mg/l	1 a 4 mg/l
Sólidos <u>Suspensión</u>	Virtualmente Ausentes	100 mg/l	<u>s.i.</u>	20 mg/l
<u>Coliformes fecales</u>	4000 NMP/100ml	1000 NMP/100ml	Ausentes	Ausentes
Aceites-Grasas	50 / 20 ml/l *	50 mg/l	<u>s.i.</u>	<u>s.i.</u>
Nitrógeno Total	10 mg/l	10 mg/l	10 mg/l	5,6 mg/l
Fósforo Total	0,025 mg/l	1 mg/l	<u>s.i.</u>	<u>s.i.</u>
pH	5,0 – 8,0	6,0 – 8,0	8,5	6,5 – 9,0
Cadmio	0,01 mg/l	0,01 mg/l	0,0037 mg/l	0,0002 mg/l
Cromo hexavalente	0,05 mg/l	0,05 mg/l	0,015 mg/l	0,005mg/l
Cobre	0,5 mg/l	1 mg/l	0,017 mg/l	0,005 mg/l
Niquel	0,025mg/l	0,2 mg/l	1,4 mg/l	0,01 mg/l
Plomo	0,05 mg/l	0,05 mg/l	0.065 mg/l	0.01mg/l
Zinc	5 mg/l	5 mg/l	0,11 mg/l	0,02 mg/l

Uso del líquido como fertilizante

- El amonio y los nitratos son directamente utilizados por la planta cuando la capacidad de aire en suelo es de al menos 10%.
- En suelos bien drenados, el riego con riles animales puede ser una buena alternativa, donde los microorganismos del suelo transforman el amonio y nitritos en nitratos enriqueciendo el suelo y aumentando su producción en forma orgánica.

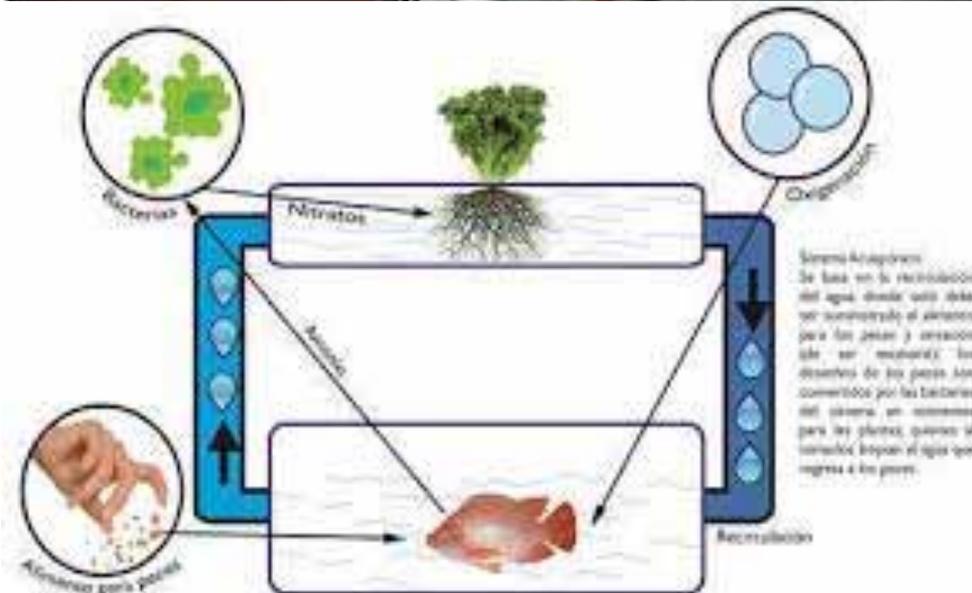




Acuaponía



- Se conoce como **acuaponía** al sistema sustentable de producción de plantas y peces que combina la [acuicultura](#) tradicional (cría de animales acuáticos) como lo son el pescado, el cangrejo de río y los camarones; con la [hidroponía](#) (cultivo de plantas en agua) en un medioambiente [simbiótico](#).



Eliminación de desechos de la faena y muerte de animales

- Eliminación de animales muertos en fosas con cal viva.
- Eliminación de residuos de la pesca y acuicultura. (Rio Blanco y pescaderías). Uso de Proteasas, siendo el caso del ensilaje de pescado. Se logra con la adición de ácido bajando el pH de los desechos a 4,5 (2,5% de ácido fórmico) manteniendo la mezcla a 22°C. Con esto se activan las endo enzimas presente en las vísceras. Las proteínas del animal son hidrolizadas a péptidos y aminoácidos libres, las grasas ($\Omega 3$) son separadas de la proteína y del agua formando un caldo estratificada.
- Los residuos de matadero (frigorífico La Calera) se pasan por la prensa ya mencionada, el agua se puede filtrar en el biofiltro (uso en fertirrigación) y al solido se le agrega proteasas (endógenas o exógenas) para la producción de péptidos y aminoácidos para la alimentación de mascotas.

Producción de ensilaje de pescado



¿Qué hacer con los péptidos y las grasas del ensilaje de pescado?

- Grasas:
 - Producción de Omega 3
 - Producción de Biodise
- Péptidos y aminoácidos
 - Aminofertilizantes foliares

Soluciones generales

- Debería plantearse sistemas agrícolas integrados (holístico) en donde se incluyan la producción vegetal y animal para lograr una artificialización de la agricultura mas sustentable.
- Las Ciencias Agropecuarias tiene soluciones adecuadas para lograr sistemas integrados sustentables, se hace necesario intensificar su uso.
- La unidad de la agricultura no debería ser el árbol frutal ni el animal, es el predio en si integridad.

- **Esto mediante:**
 - Sumideros de C con aumentos de IAF de la cubierta del suelo con uso de silvopastoreo.
 - Uso de compostaje con el aprovechamiento de las deyecciones de animales y los rastrojos de hortalizas.
 - Utilización de lombrices para la producción de humus y su posterior aprovechamiento en cultivos.
 - Producción y uso de biogás y biofertilizantes a partir del CH₄ producido por animales en confinamiento.
 - Mejorar la dieta de los animales a pastoreo para reducir la fermentación ruminal con las consiguientes emisiones de metano.
 - Mejorar la eficacia de los sistemas de riego y utilizar las aguas filtradas en fertirrigación.

Para lograr una
agricultura realmente
sustentable se debe
incorporar la producción
animal bien manejada.

Gracias.