

BIOMASA RESIDUAL

MARGARITA ENID RAMÍREZ CARMONA, Ph.D

margarita.ramirez@upb.edu.co

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

2017



BIOMASA

**MATERIAL
RENOVABLE
DERIVADO DE
ORGANISMOS VIVOS**

PLANTAS

ANIMALES

MICROORGANISMOS

RESIDUALES

NO
RESIDUALES



Potencial de la biomasa desde los procesos biológicos

PROCESO BIOLÓGICO

BIOMASA / SUSTRATO

TRANSFORMADA

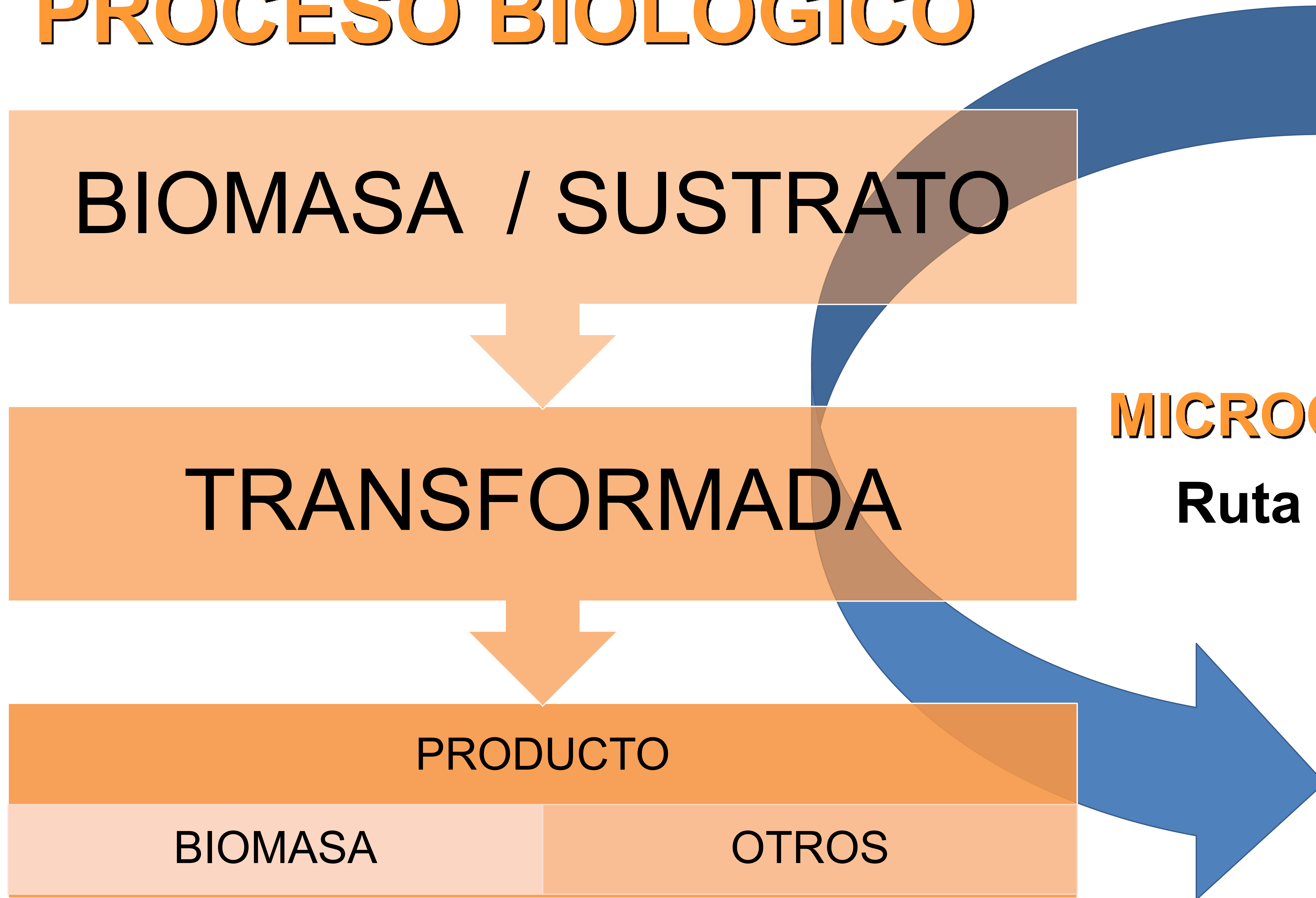
PRODUCTO

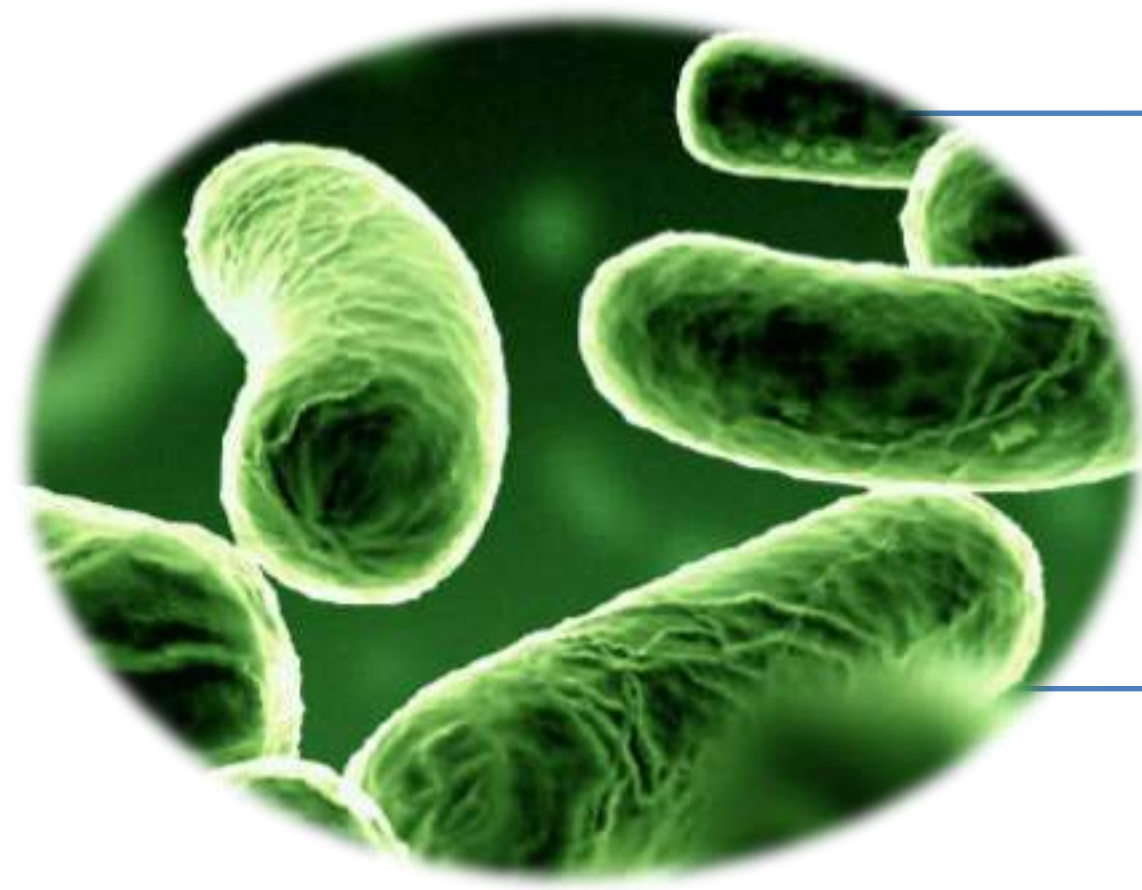
BIOMASA

OTROS

MICROORGANISMO

Ruta Metabólica





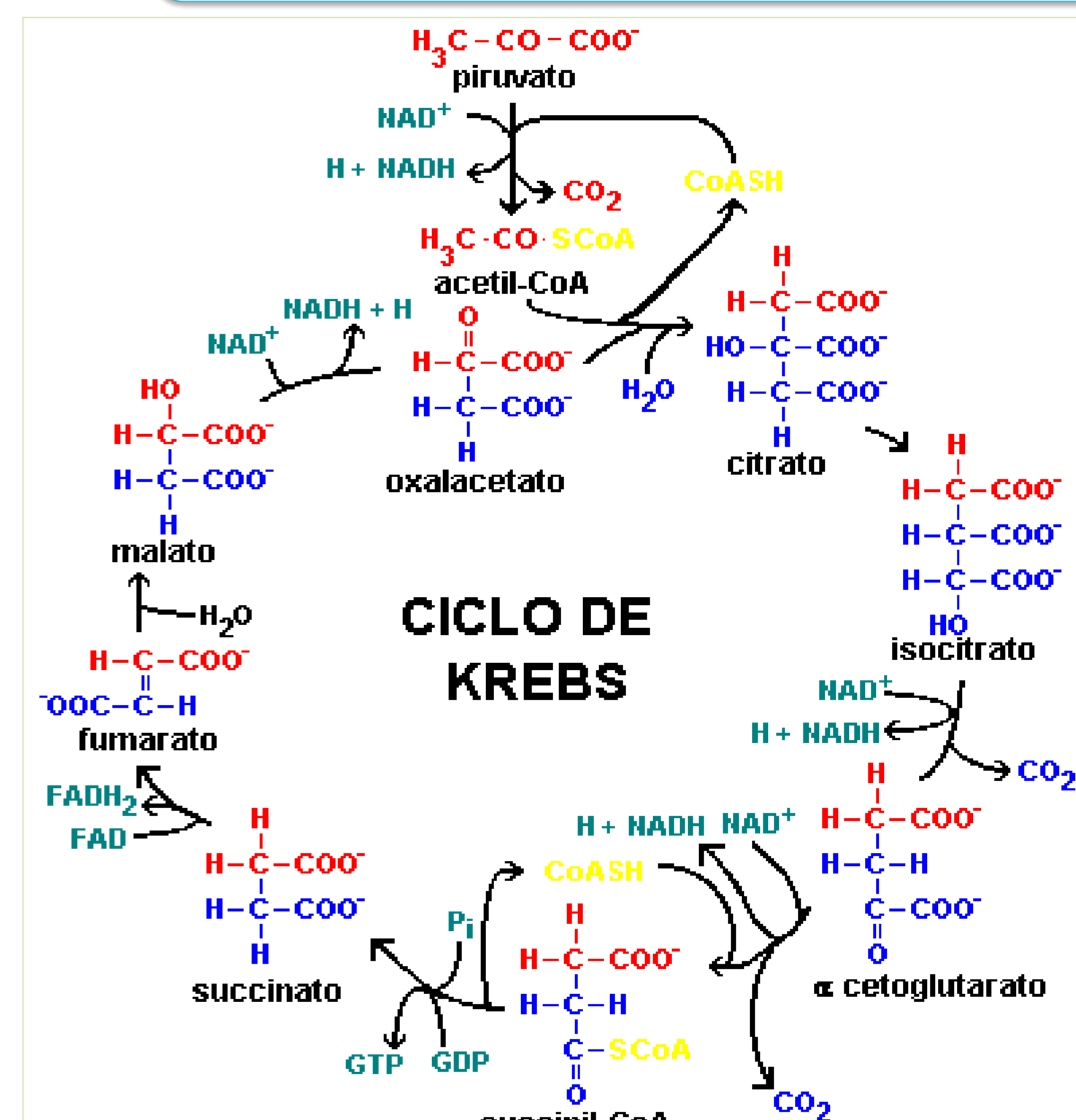
CÉLULA

BIOTECNOLOGÍA

BIENES

MICROORGANISMOS VIVOS

ENZIMAS



SERVICIOS

MICROORGANISMOS VIVOS

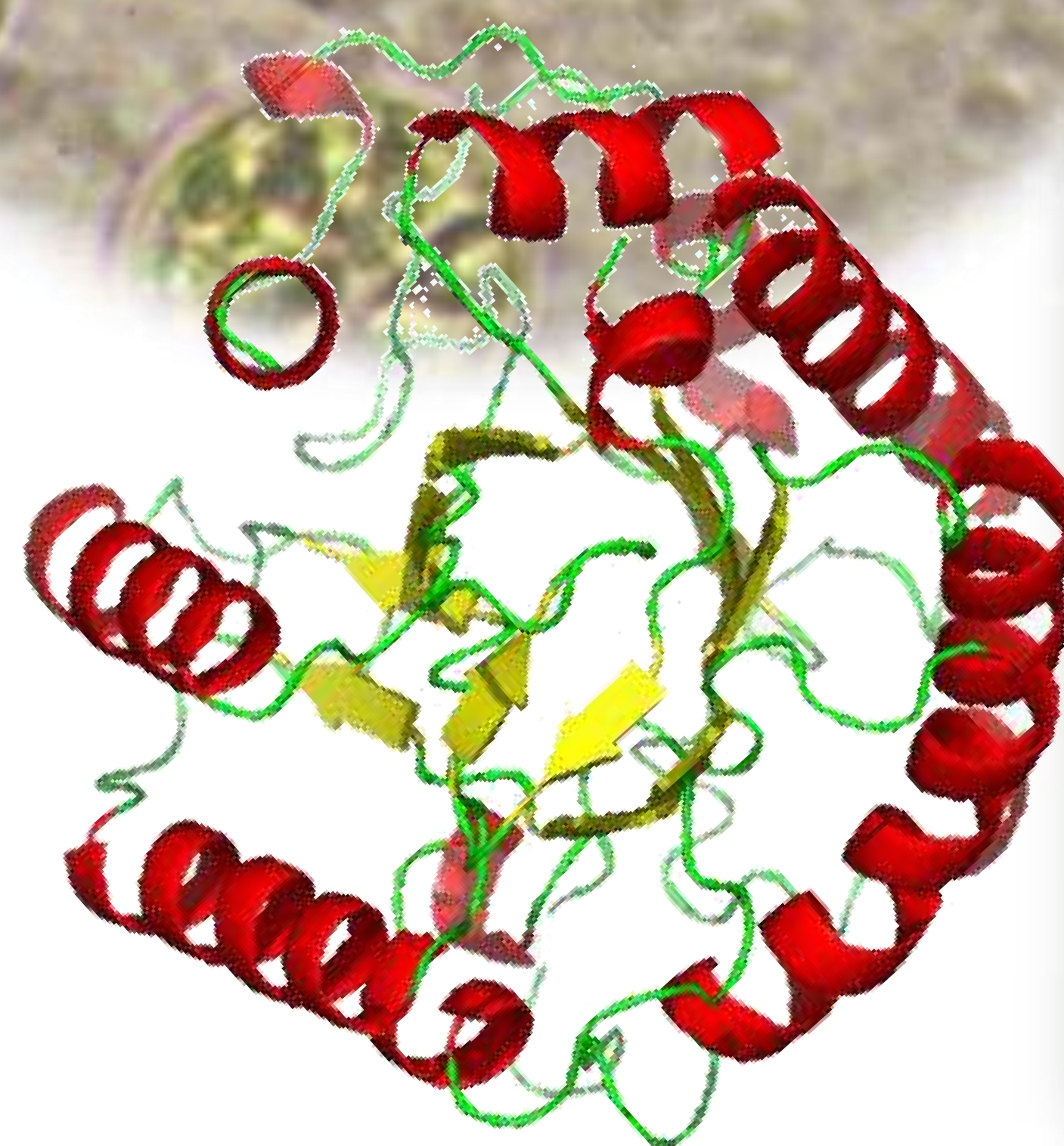
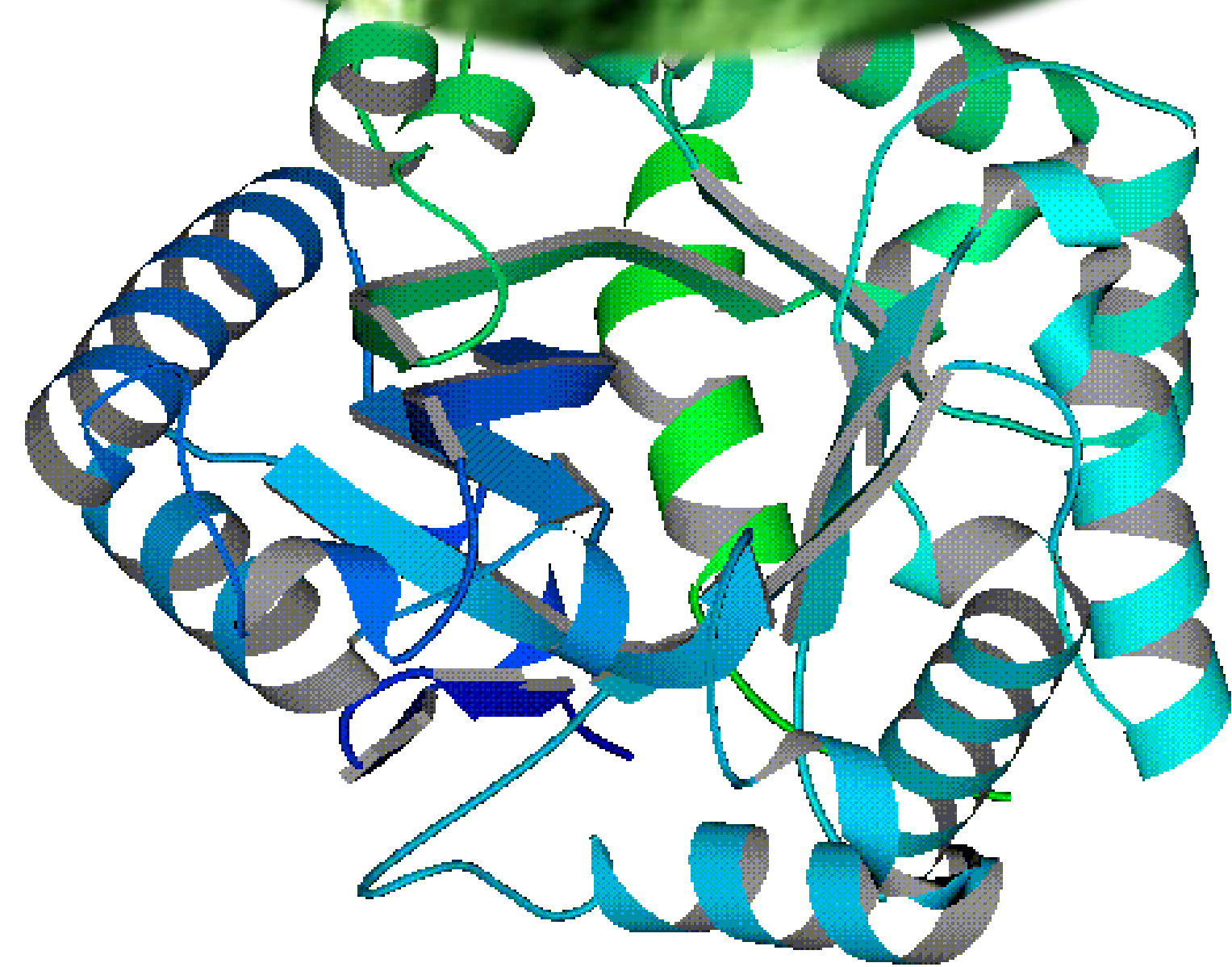
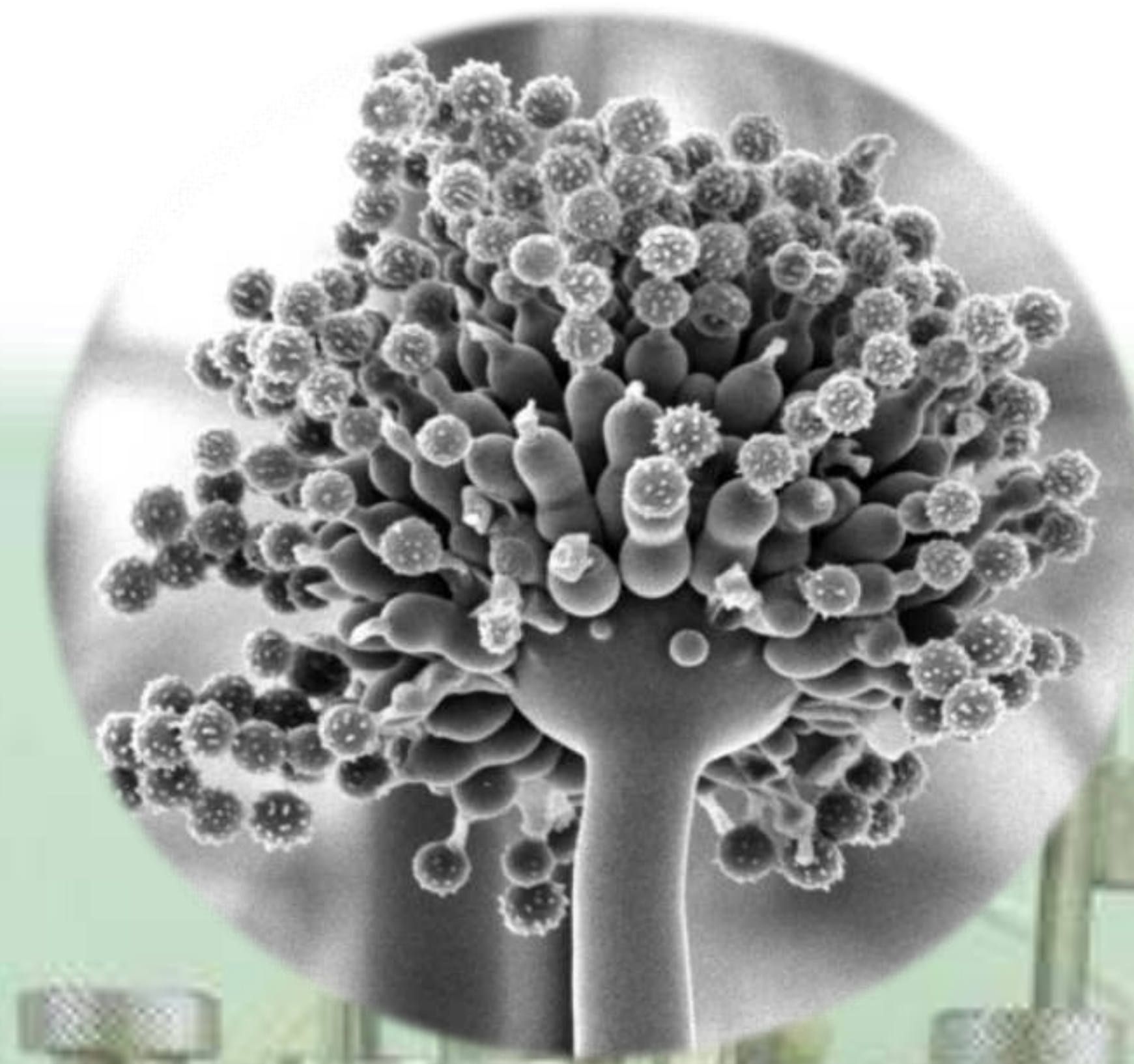
MICROORGANISMOS MUERTOS

MICROORGANISMOS ESTRESADOS

ENZIMAS

CULTIVOS MIXTOS

BIENES



SERVICIOS



BIO REACTOR

Bienes

Servicios



ELECTRODO DE
CALENTAMIENTO

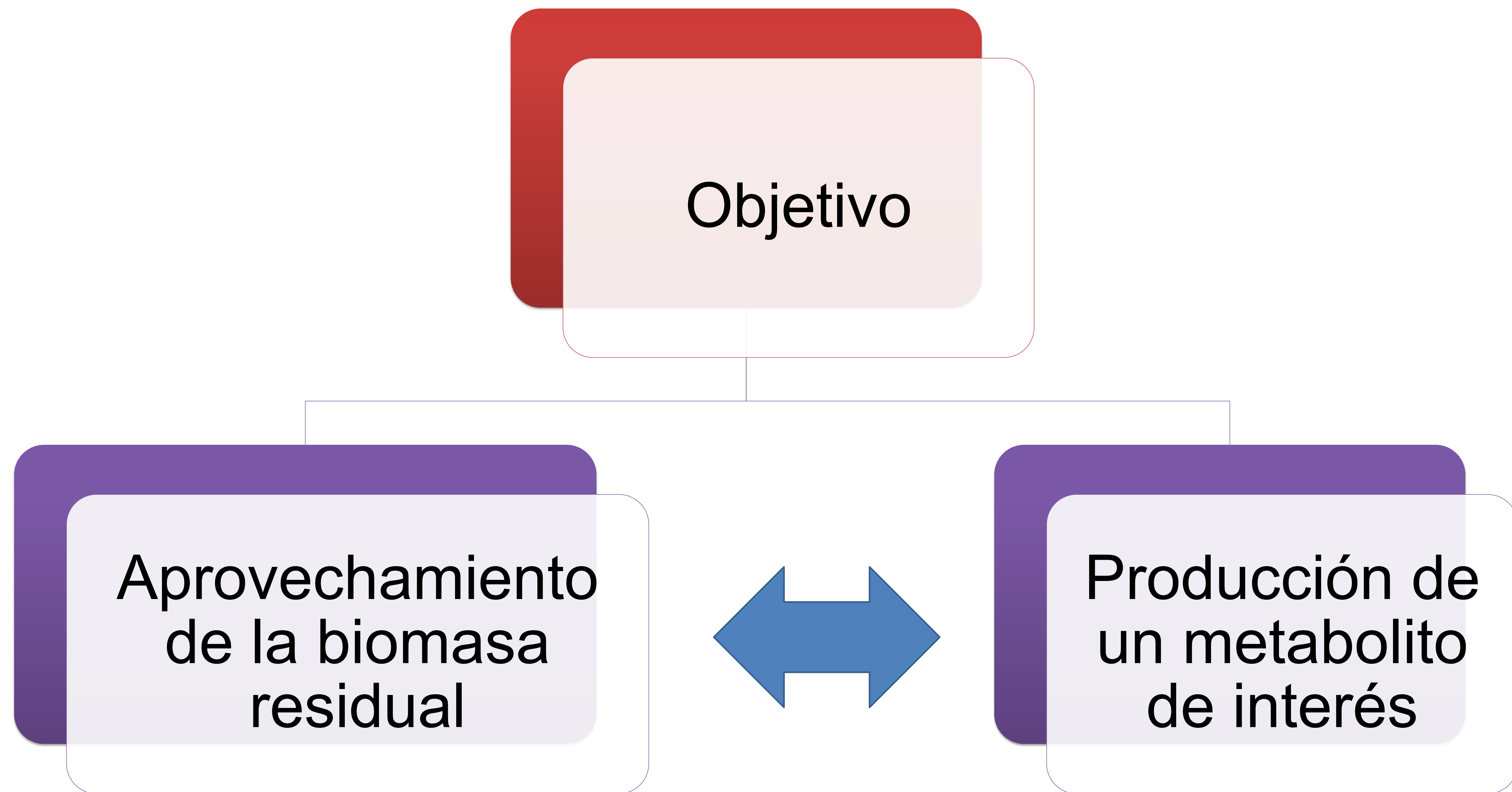
AGITADOR

ENTRADA DE
RESIDUO

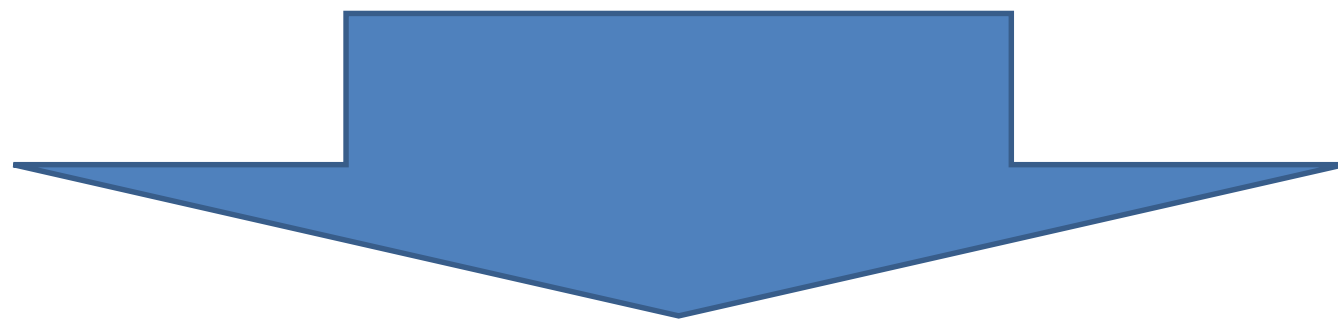
SALIDA DE
BIOMASA
(BIOABONO)



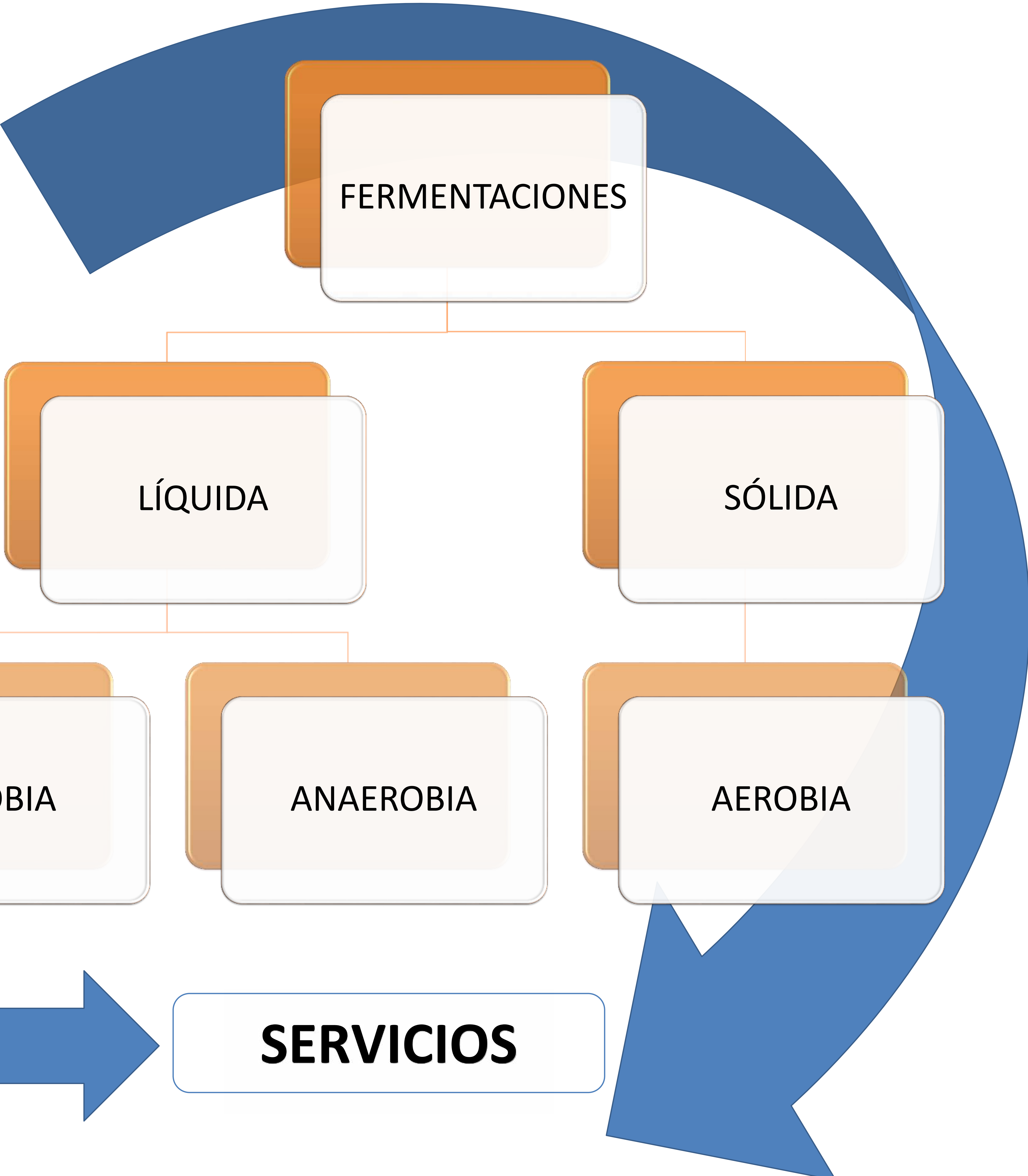
Potencial de la biomasa desde los procesos biológicos



Aprovechamiento
de la biomasa
residual



Sustrato



FERMENTACIONES

LÍQUIDA

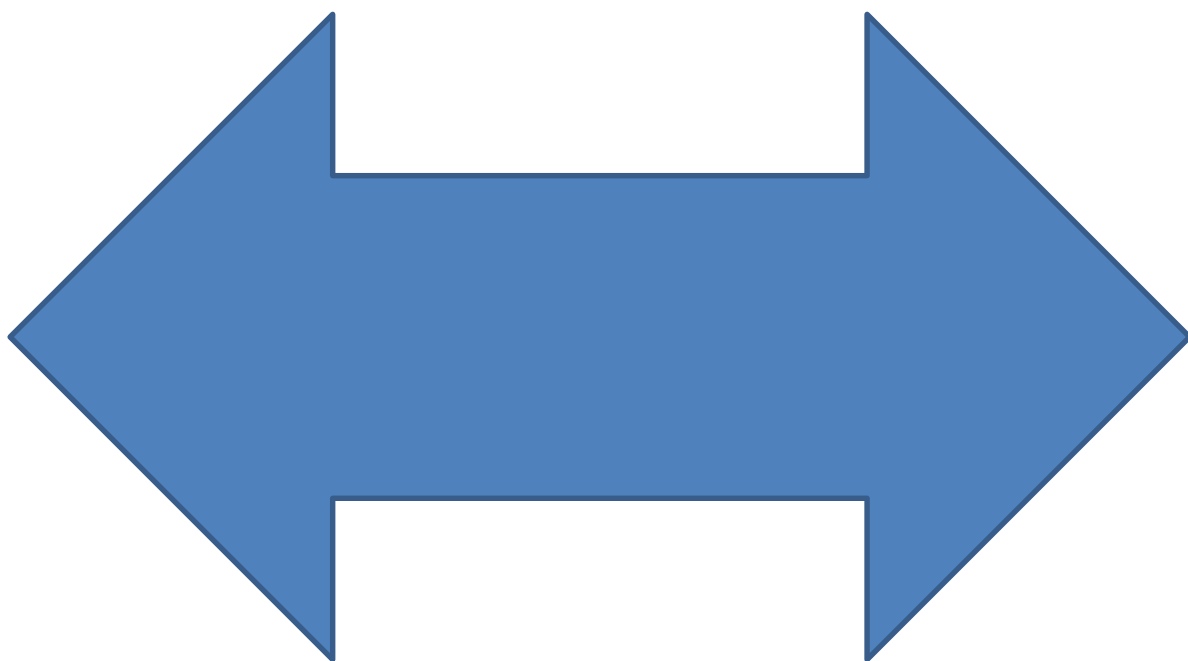
SÓLIDA

AEROBIA

ANAEROBIA

AEROBIA

BIENES



SERVICIOS

FES VERSUS FS / FL

Cultivos en sustratos sólidos

El medio de cultivo no es fluido.

La disponibilidad de agua es la suficiente para garantizar el crecimiento óptimo y el metabolismo del microorganismo. El agua representa una proporción pequeña en el volumen del medio.

Durante el desarrollo del proceso es común la presencia de gradientes de concentración de nutrientes y productos.

Los requerimientos de control durante el proceso se concentran en la remoción del calor metabólico, el suministro de oxígeno.

La aireación suministra el oxígeno y remueve el calor metabólico y los productos gaseosos.

El crecimiento de hongos se caracteriza por la penetración de las hifas en el interior de las partículas sólidas.

La concentración del producto en el sólido cosechado es alta.

Cultivos sumergidos en líquidos

Casi siempre el medio de cultivo es fluido.

La disponibilidad de agua es abundante sin considerarse el verdadero requerimiento. El agua ocupa la proporción mayor del volumen de medio.

Los gradientes de nutrientes y productos durante el proceso pueden mantenerse en una magnitud despreciable.

Casi siempre se realiza el control riguroso de la mayoría de los parámetros medibles.

La aireación suministra el oxígeno y remueve los productos gaseosos. El calor metabólico se extrae a través de superficies de intercambio con agua de enfriamiento.

El crecimiento de hongos ocurre en forma de micelios, de pelets distribuidos uniformemente en el medio líquido.

La concentración del producto en el líquido de cosecha es mucho más baja en comparación con la del medio sólido.

Producto



- ✓ Primario o Secundario
- ✓ Intracelular o Extracelular
- ✓ Métodos de cuantificación
- ✓ Productos y Subproductos
- ✓ Métodos de Separación y Purificación

Compuesto	Microorganismo	Sustrato	Función
Aflatoxina	<i>A.oryzae, A.panasitus</i>	Trigo, avena, arroz, maíz, maní	Mitocoxina
Ocratoxina	<i>A. ochraceus, P. viridicatum, A. carbonarius</i>	Trigo, arroz, maíz, granos de maíz	Mitocoxina
Endotoxinas Bacterianas	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Desechos de coco	Insecticida
Ácido Giberélico	<i>Gibberella fujikuroi, Fusarium moniliforme</i>	Trigo, salvado de trigo, mazorca de maíz, harina de yuca, bagazo de caña	Hormona de crecimiento de plantas
Zearalenona	<i>Fusarium moniliforme</i>	Maíz	Promotor de crecimiento
Alcaloides Ergóticos	<i>Claviceps purpurea, C. fusiformis</i>	Bagazo de caña	Tratamiento de enfermedades
Penicilina	<i>Penicillium chrysogenum</i>	Bagazo de caña	Antibiótico
Cefalosporina	<i>Cephalosporium armonium</i>	Cebada	Antibiótico
Cefamicina C	<i>Streptomyces clavuligerus</i>	Rava de trigo con semilla de algodón y de girasol	Antibiótico
Tetraciclina, Clortetraciclina	<i>S. viridifaciens</i>	Residuo de papá dulce	Antibiótico
Oxitetraciclina	<i>S. rimosus</i>	Mazorca de maíz	Antibiótico
Iturin	<i>Bacillus subtilis</i>	Pulpa de soya, salvado de trigo	Antibiótico
Actinorodina, Metilenomicina	<i>S. coelicolor</i>	Agar	Antibiótico
Surfactina	<i>B. subtilis</i>	Haba y pulpa de soya	Antibiótico
Radicol	<i>Humicola fuscoatra</i>	Agar	Antibiótico
Ciclosporina A	<i>Tolypocladium inflautum</i>	Salvado de trigo	Druga inmunosupresora
Ustiloxinas	<i>Ustilaginoidea virens</i>	Panículas de arroz	Péptido cíclico antimiótico
Antifúngicos Volátiles	<i>B. subtilis</i>	Compost a base de marga impregnada	Compuestos antifúngicos
Destruxinas A y B	<i>Metarhizium anispoliae</i>	Arroz, salvado de arroz, cáscara de arroz	Diséptido cíclico
Ácido Clavunálico	<i>S. clavulingerus</i>	Rava de trigo con harina de soja y semillas de girasol	Inhibidor de la b-lactamasa, antibacterial
Micofenólico	<i>P. brevicompactum</i>	Salvado de trigo	-

Compuesto	Microorganismos	Sustrato
Ácido L-glutámico	<i>Brevibacterium sp.</i>	Bagazo de caña
Pigmentos	<i>Monascus purpureus</i>	Bagazo de caña
Carotonoides	<i>Penicillium sp.</i>	Harina de maíz
Goma de Xantana	<i>Xanthomonas campestris</i>	Pulpa de manzana, pulpa de uva, cáscaras de cítricos, malta gastada
Succinoglicano	<i>Agrobacterium tumefaciens, Rhizobium hedysari</i>	Agar, malta gastada, virutas de marfil y zanahoria rallada
Etanol	<i>Saccharomyces cerevisiae, Schwanniomyces castellii, Zymomonas mobilis, Candida utilis, Torula utilis</i>	Pulpa de manzana, vainas de algarrobo, remolacha dulce, algarrobo dulce, papa dulce, harina de trigo, almidón de arroz
Compuestos Aromáticos	<i>Rhizopus oryzae, Ceratocystis fimbriata, B. subtilis</i>	Bagazo de caña, bagazo de yuca, cáscara de café, soya
Vitaminas B12, B6, Riboflavina, Tiamina, Ácido Nicotínico, Nicotinamida	<i>Citrobacter freundii, Klebsiella pneumoniae, Rhizopus oligosporus, R. arrhizus, R. stolonifer</i>	Soya
Ácido gamma-linolénico	<i>Cunninghamella japonica, Rhizopus sp.</i>	Cereales, soya
Biosurfactantes	<i>Bacillus subtilis</i>	Resíduos agroindustriales, melaza
Biopesticidas/bioherbicida	<i>Hongos entomopatogénicos y micoparasíticos</i>	Sorgo dulce, harina de arroz, agar de harina de maíz

Proceso / Producto	Sustrato	Microorganismo
Enriquecimiento Proteínico; cinéticas de crecimiento; biotransformación de yuca cruda	Bagazo de yuca; yuca cruda	<i>Rhizopus sp.</i>
Ácidos orgánicos Ácido Cítrico Ácido Láctico	Bagazo de yuca Bagazo de caña	<i>Aspergillus niger Rhizopus oryzae</i>
Producción de champiñones	Bagazo de yuca	<i>Pleurotus ostreatus Lentinus edodes</i>
	Residuos de Café	<i>Flamulina velutipes Lentinus edodes Pleurotus ostreatus</i>
Producción de aromáticos	Bagazo de yuca cáscaras de café	<i>Klyveromyces marxianus; filbriata and Rhizopus sp</i>
Detoxificación	Cáscaras de café	<i>Aspergillus sp.</i>
Biopesticida	Residuos de papa	<i>Bauveria bassiana</i>
Hormonas (ácido gibberelico)	Cáscaras de café	<i>Gibberella fugikuroi</i>
Goma Xantana	Bagazo de caña	<i>Xantomonas campestri</i>
Cultivo de células de plantas	Bagazo de caña	<i>Molus prunifolia Borkh</i>
Enzimas Amilasa, Proteasa	Bagazo de yuca Soya desgrasada	<i>Rhizopus arrhizus Penicillium sp.</i>

PRODUCCIÓN DE ENZIMAS

ENZIMAS	MICROORGANISMOS	SUSTRATO
Celulasa, B-glucosidasa, Cmcasa, lacasa, xylanasa, Poligalacturonasa, ligninasa	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Trichoderma sp.</i> , <i>Lentinula sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Pleurotus sp.</i> , <i>Neurospora sp.</i> , <i>Sporotrichum sp.</i> , <i>Pulverulentum</i> , <i>Cerrena sp.</i> , <i>Botritis sp.</i> , <i>Gliocladium sp.</i> , <i>Phanerochaete sp.</i> , etc.	Bagazo, tallo de coco, cascarilla de arroz, arroz, germen de trigo, paja de trigo, desechos de té, sorgo dulce, ensilados, pulpa de remolacha azucarera, aserrín, desechos de vinícolas, desechos de aceite de palma, sagú hampas, residuos de mandioca, cáscara de soya, paja de arroz, etc.
Xylanasa, b-xylosidasa, a-arabinofuranosidasa, acetoestearasa, catecol-oxidasa	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Trichoderma sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Phlebia radiata</i> , <i>P. eryngii</i> , <i>Melanocarpus albomyces</i> , <i>P. sanguineous</i> , <i>Thermomyces lanuginosa</i> , <i>Humicola lanuginosa</i> , <i>Thermascus aurantiacus</i> , <i>Talaromyces emersonni</i> , <i>Thermomonospora sp.</i>	Paja de arroz, cáscara de maíz, germen de trigo, paja de trigo, bagazo, tallos de algodón, cáscara de soya, pulpa Kraft, pulpa de remolacha azucarera, cascarilla de arroz, pulpa de manzana, granos de maíz, desechos de procesamiento de café, paja de avena, paja de cebada, etc.
Lacasa, Li-peroxidasa, Mn-peroxidasa, arilalcoholoxidasa, catalasa, fenoloxidasa	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Pleurotus sp.</i> , <i>Phlebia radiata</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Flammulina velutipes</i> , <i>Polyporus sp.</i> , <i>Panus tigrinus</i> , <i>Trichoderma versicolor</i>	Bagazo, germen de trigo, paja de trigo, aserrín, tallos de algodón, lignina kraft, polvo de celulosa, chips de madera
Proteasas (Ácidas, neutras o alcalinas)	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Trichoderma sp.</i>	Germen de trigo, arina de girasol, cascarilla de café, harina de soya, germen de arroz, germen de maíz, cascarilla de arroz, madera de álamo, residuos de papa dulce, cabello de desecho
Lipasas	<i>Candida sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Neurospora sitophila</i> , <i>P. candidien</i> , <i>Mucor sp.</i>	Germen de trigo, maní prensado, torta de coco, germen de arroz
a-Galactosidasa, b-Galactosidasa	<i>A. Niger</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. fonscaeus</i> , <i>Rhizomucur</i> , <i>Kluyveromyces lactis</i>	Germen de trigo, residuos de soya prensada
a-amilasa, b-amilasa, glucoamilasa	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Mucor sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Saccharomyces sp.</i>	Germen de trigo, germen de arroz, coco prensado, residuos de té, mandioca, bagazo de mandioca, bagazo de caña, residuos de banano, harina de maíz, aserrín, harina de soya, papa dulce, papa, casarilla de arroz, pulpa de remolacha azucarera
Glutaminasa, Inulinasa	<i>Vibro costicola</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Kluyteromyces marxianus</i>	Germen de trigo, cascarilla de arroz, aserrín, coco prensado, semillas de achicoria
Fitasa	<i>A. ficuum</i> , <i>A. carbonarius</i>	Harina de canola
Tanasa	<i>R. oryzae</i>	Germen de trigo + ácido tánico
Feruloyl para-cocoumaroryl estereasa	<i>Penicillium pinophilum</i>	Paja de trigo

ENZIMAS EMPLEADAS PROCESOS

PROCESO	ENZIMAS
Ensilado enzimático asistido	Celulasas y hemicelulasas Fúngicas
Biprocésamiento de cultivos y residuos de cultivos	Celulasas y hemicelulasas Fúngicas
Procesamiento de Fibra	Pectinasas, celulasas, hemicelulasas Fúngicas
Suplemento alimenticio	Amilasas, proteasas, lipasas, celulasas, hemicelulasas
Biodespulpado	Xylanases
Compostaje directo	Enzimas hidrolíticas
Biorremediación de suelos	Lacasas, ligninasas
Descomposición de residuos postcosecha	Celulasas de Trichoderma Harziarum
Biopesticida	T. Harziarum celulasas para mejorar la función

PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS

Microorganismo	Sustrato
Ácido cítrico : <i>Aspergillus niger</i>	Papa dulce
<i>A. foetidus</i>	Residuos de piña
<i>A. niger</i>	Residuos de piña
<i>A. niger</i>	Kumara
<i>A. niger</i>	Residuos de zanahoria
<i>A. niger</i>	Residuos de soya
<i>A. niger</i>	Algarrobo
<i>A. niger</i>	Mazorca de maíz
<i>A. niger</i>	Poliuretano
<i>A. niger</i>	Yuca
<i>A. niger</i>	Bagazo de caña
<i>A. niger</i>	Amberlita
<i>A. niger</i>	Prensado de caña
<i>A. niger</i>	Cáscaras de café
Ácido fumárico : <i>Rhizopus sp.</i>	Yuca
Ácido láctico : <i>Rhizopus sp.</i>	Yuca
<i>R. oryzae</i>	Residuos de zanahoria
<i>R. oryzae</i>	Bagazo de caña
<i>Lactobacillus casei</i>	Prensado de caña
<i>L. helveticus</i>	Prensado de caña
<i>L. paracasei</i>	Sorgo dulce
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Prensado de caña
Ácido Oxálico : <i>Aspergillus niger</i>	Papa dulce
Ácido Gálico: <i>Rhizopus oryzae</i>	Polvo de semilla de gallo

PRODUCCIÓN DE

- Compostaje
- Ensilaje
- Degradación de lignina
- Control biológico
- Bio-insecticida
- Producción de hongos

MICROFLORA	
BACTERIA	PROCESO
<i>Bacillus sp.</i>	Compostaje
<i>Pseudomonas sp.</i>	
<i>Serratia sp.</i>	
<i>Streptococcus sp.</i>	
<i>Lactobacillus sp.</i>	Ensilaje
<i>Clostridium sp.</i>	
LEVADURA	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Etanol
<i>Schwanniomyces castelli</i>	
HONGOS	
<i>Altemaria sp.</i>	Compostaje
<i>Aspergillus sp.</i>	
<i>Fusarium sp.</i>	
<i>Monilia sp.</i>	
<i>Mucor sp.</i>	
<i>Rhizopus sp.</i>	
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Compostaje, degradación de lignina
<i>Trichoderma sp.</i>	Compostaje, control biológico, bioinsecticida
<i>Beauveria sp., Metharizium sp.</i>	Control biológico, bioinsecticida
<i>Pleurotus oestreatus, sajor-caju</i>	Hongos
<i>Lentinus edodes</i>	Shii-take hongo
<i>Penicillium notatum, roquefortii</i>	Penicilina, queso

FERMENTACIÓN SÓLIDA (FES)

ETAPAS DE FES

- PREPARACIÓN DEL INÓCULO
- PREPARACIÓN DEL SUSTRATO /
MATRIZ
- MONTAJE FERMENTADOR
- CINÉTICA
- ESTUDIO DE VARIABLES PARA
HALLAR LAS CONDICIONES ÓPTIMAS
- EXTRACCIÓN DEL PRODUCTO

PARÁMETROS

% HUMEDAD

ACTIVIDAD DEL AGUA

pH

TEMPERATURA

CONCENTRACIÓN DE SUSTRATO

AIREACIÓN

GRANULOMETRÍA



POROSIDAD

PREPARACIÓN DEL INOCULO

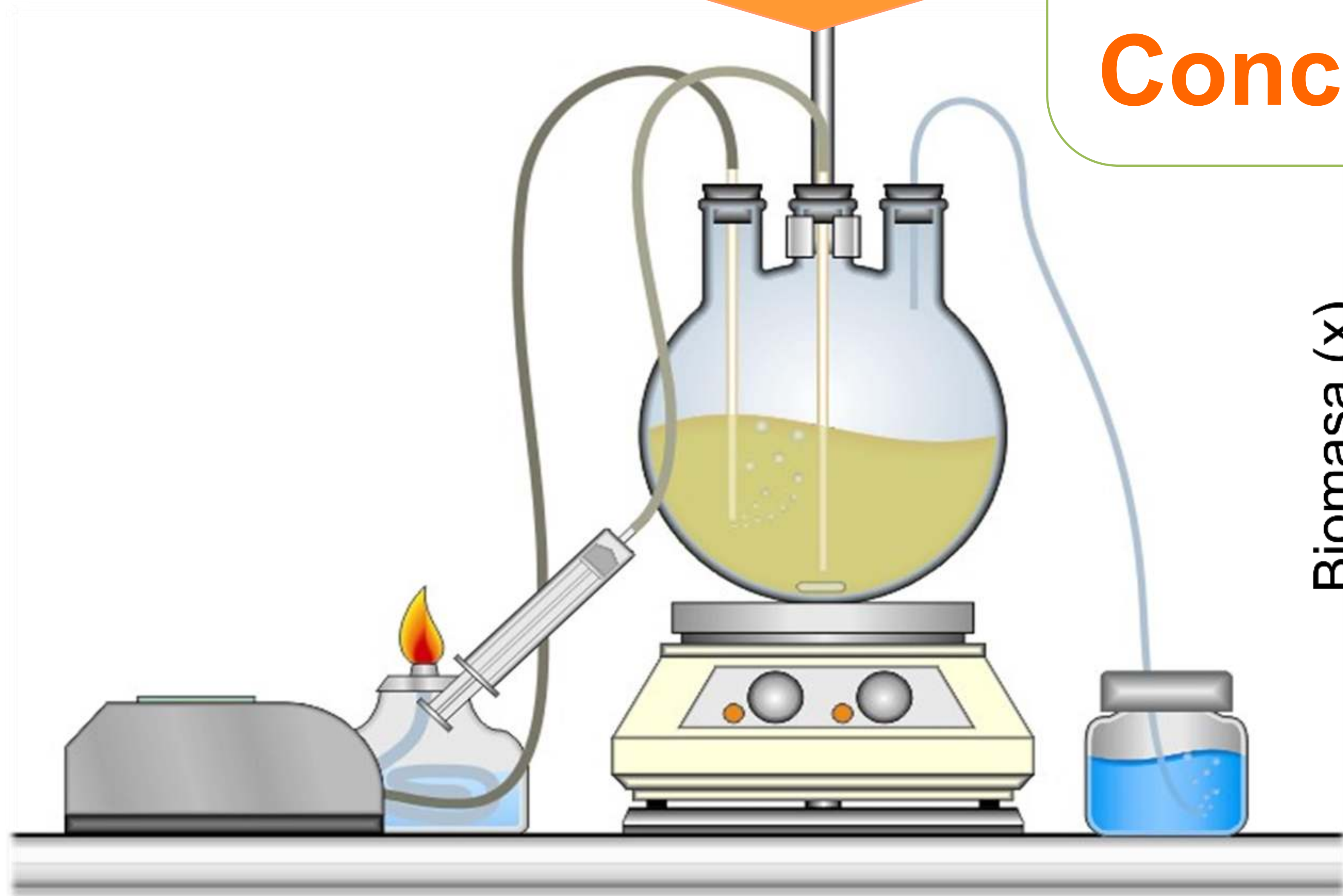


PREPARACIÓN DEL INOCULO

Inóculo

Volumen : 20% v_{TT}

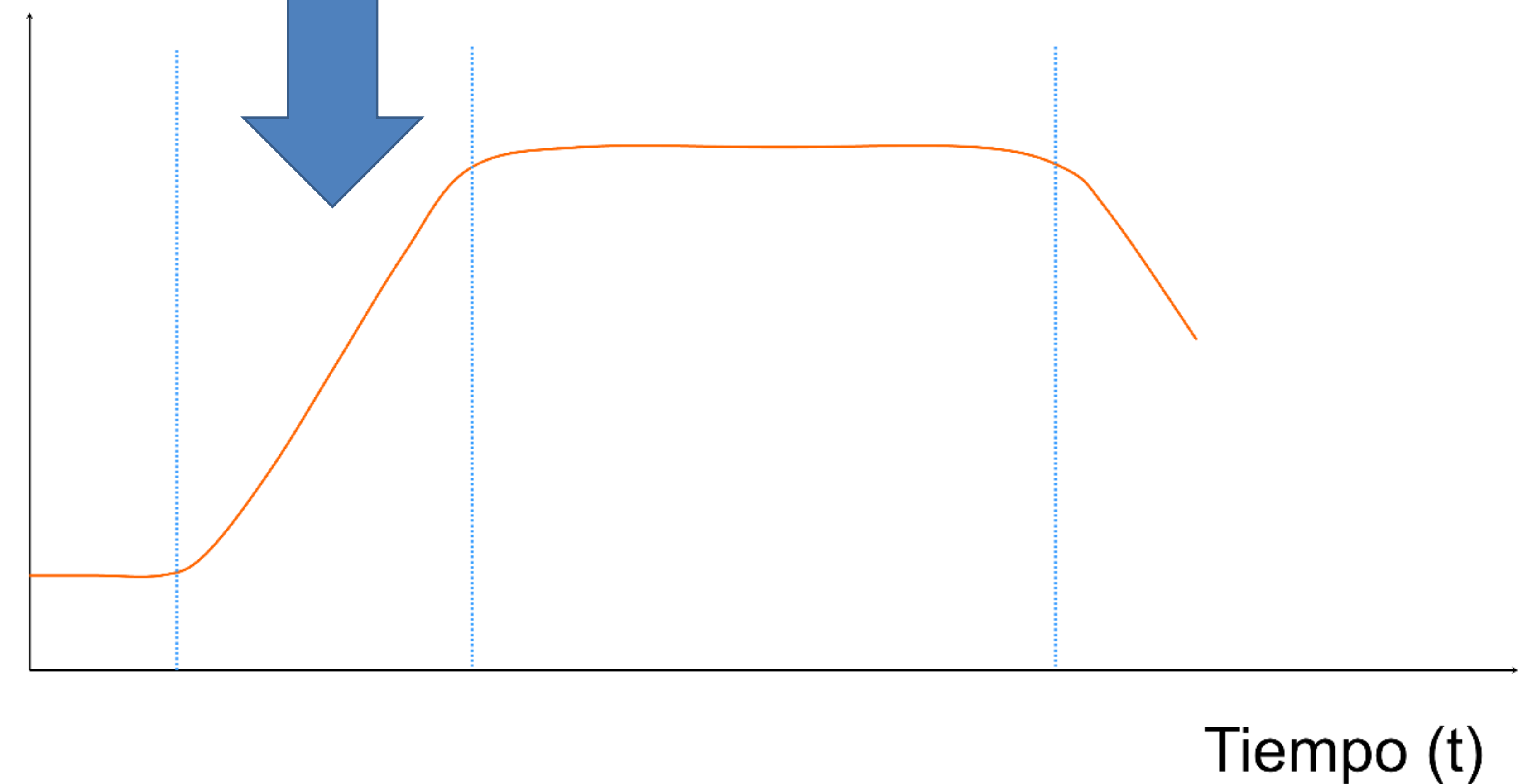
Concentración



Biomasa

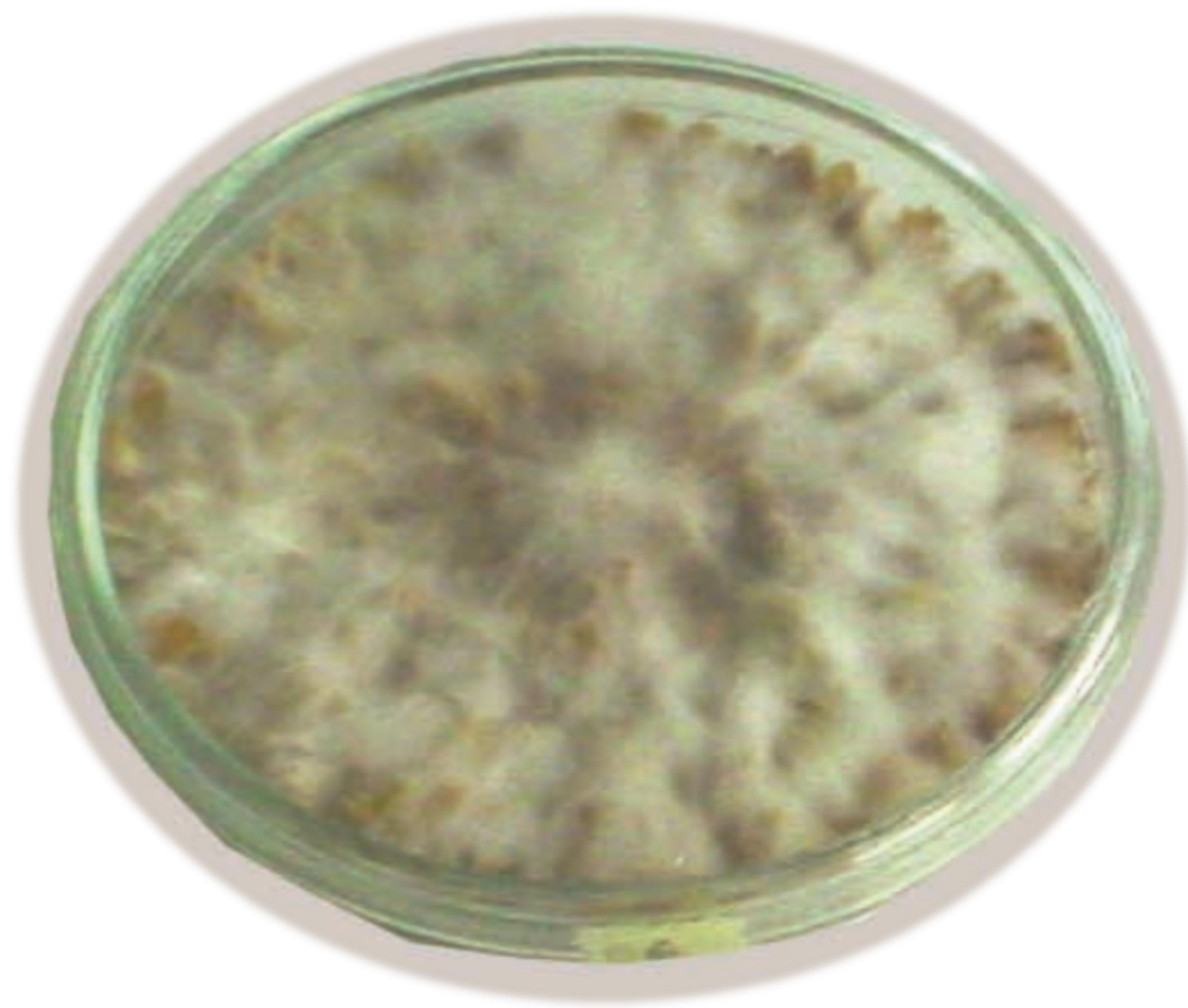
Cuantificación

Biomasa (x)

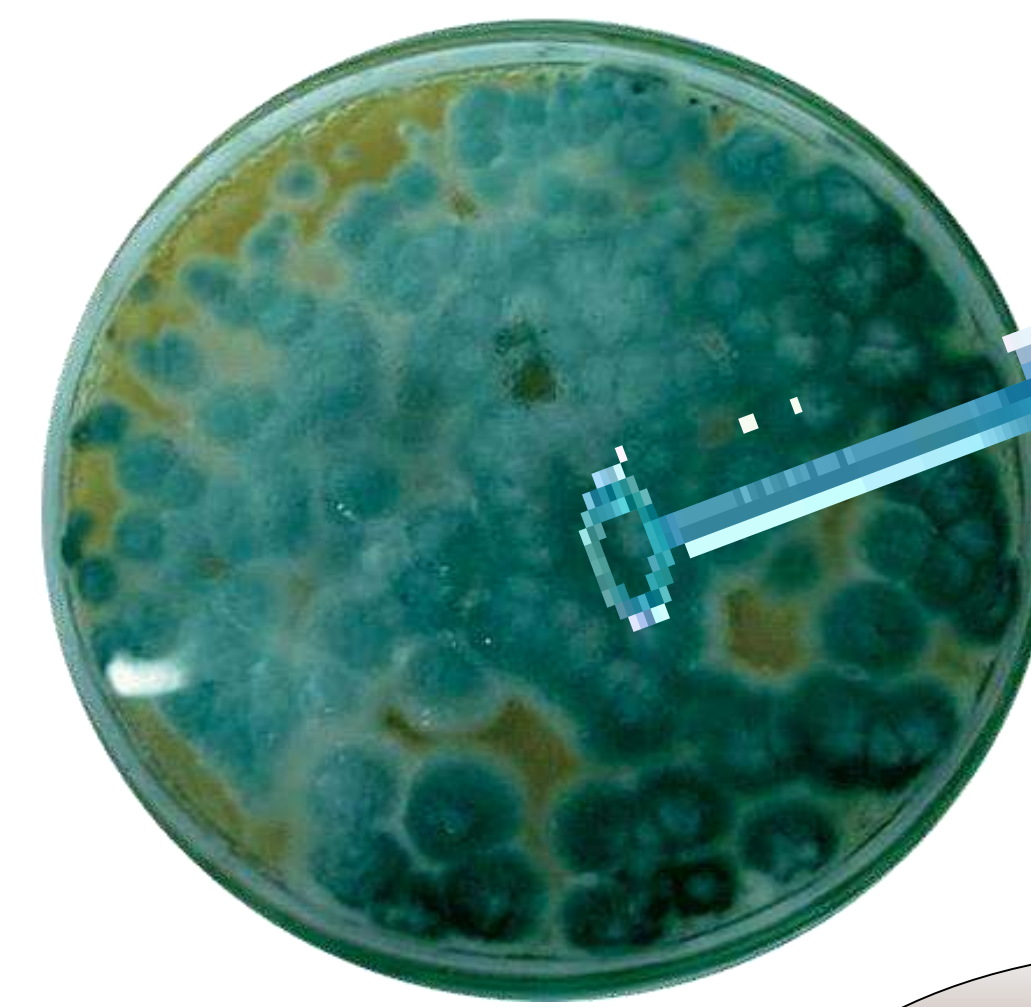


PREPARACIÓN DEL INOCULO

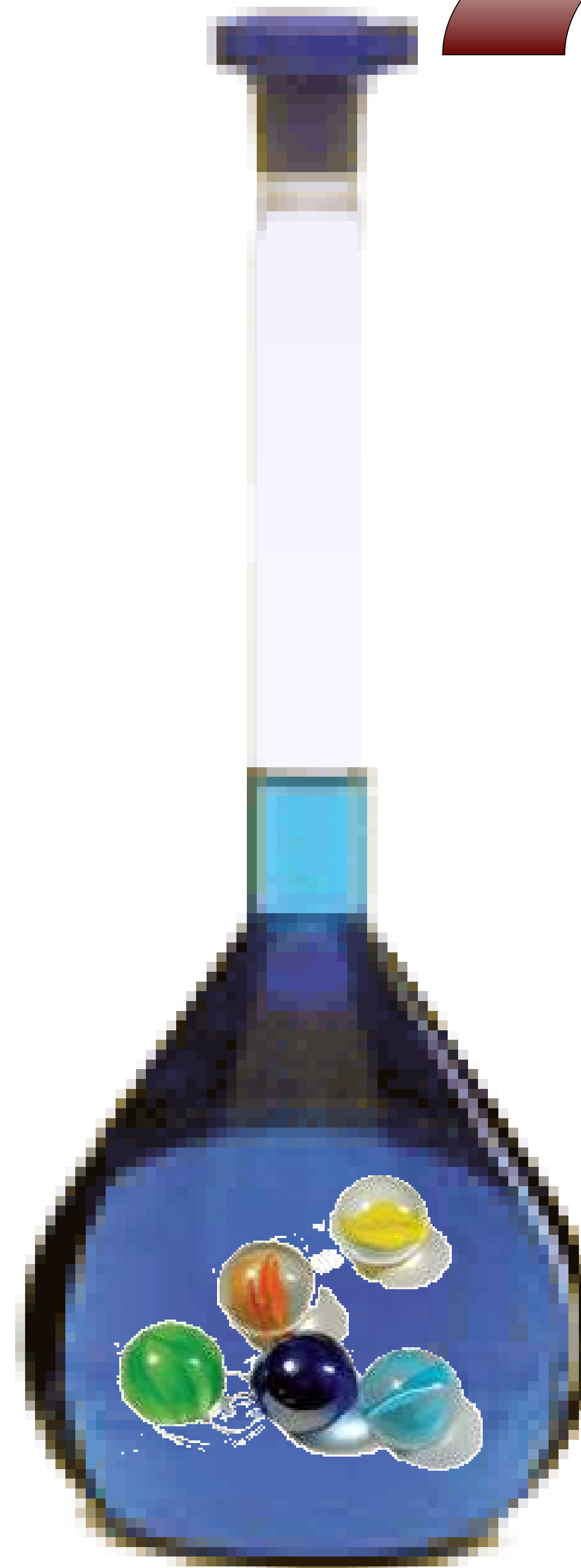
10^8 ESPORAS/g SÓLIDO SECO



40 mL AGUA



10 mL TWEEN 80/20
0.1% (v/v)

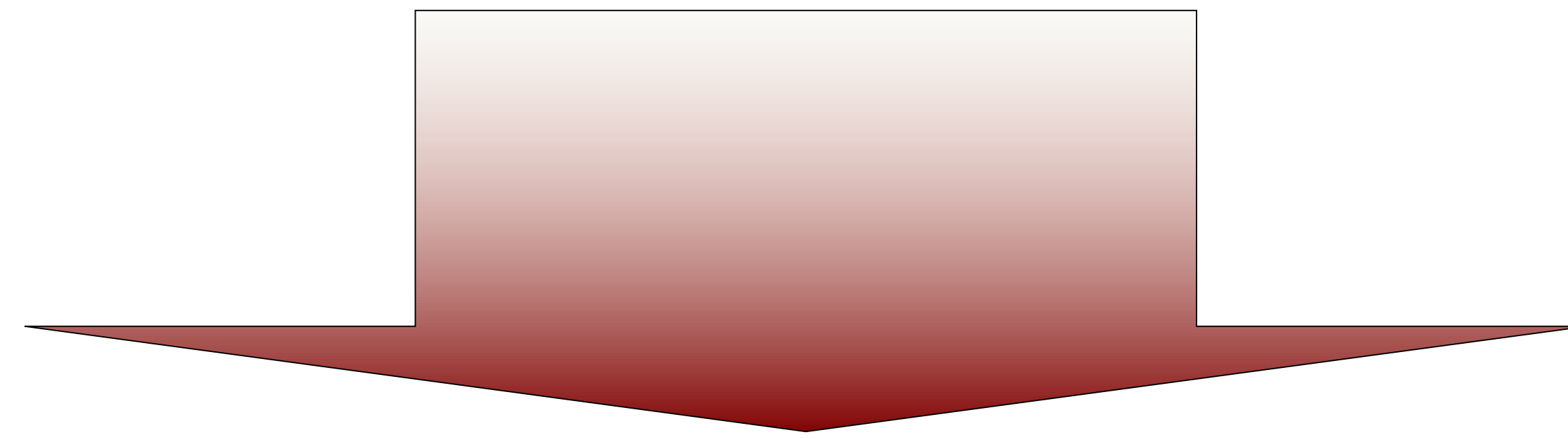


AGUA FRÍA



INÓCULO

CINÉTICA



RESPIROMETRÍA

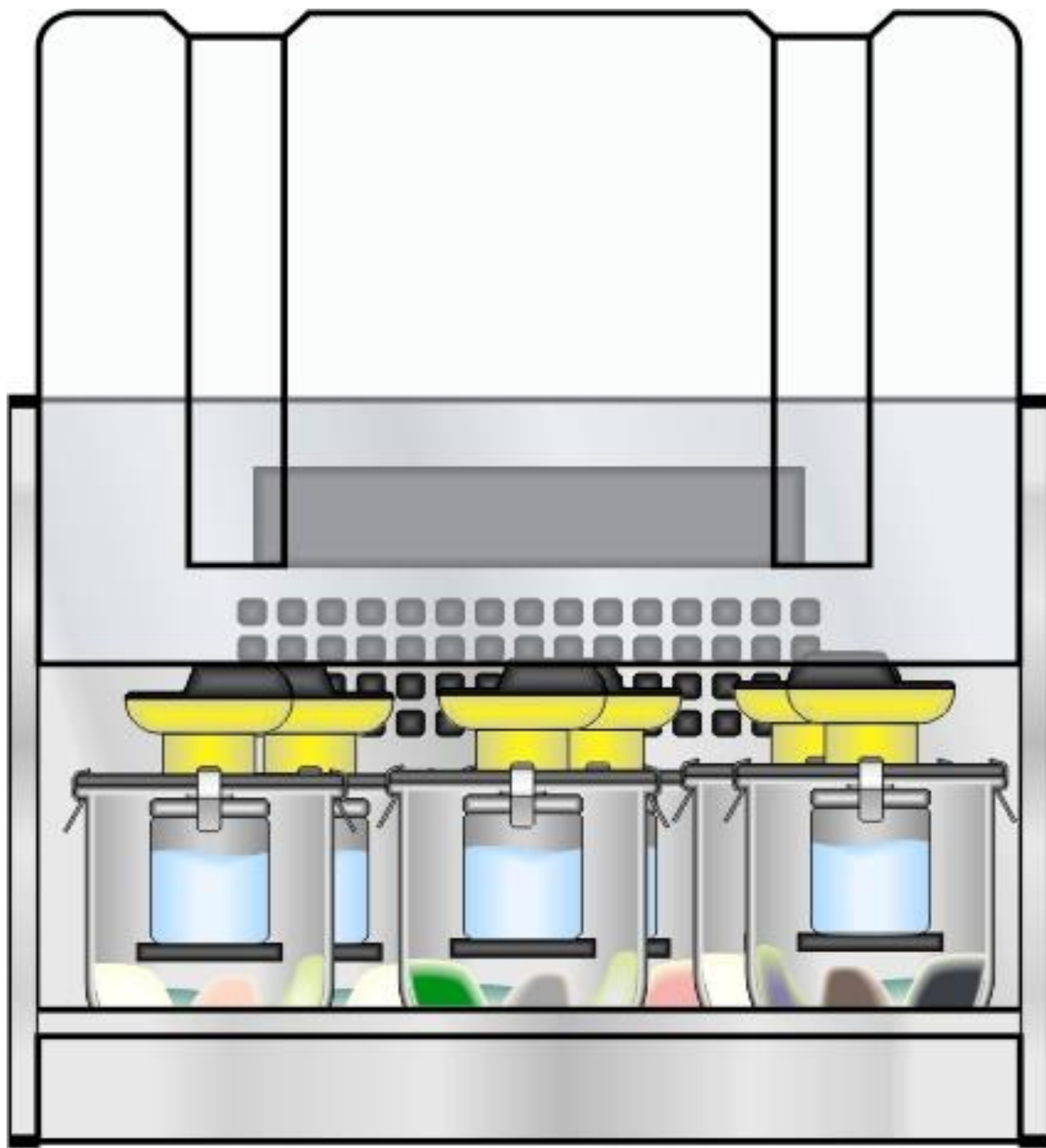
OXITOP

BIURET

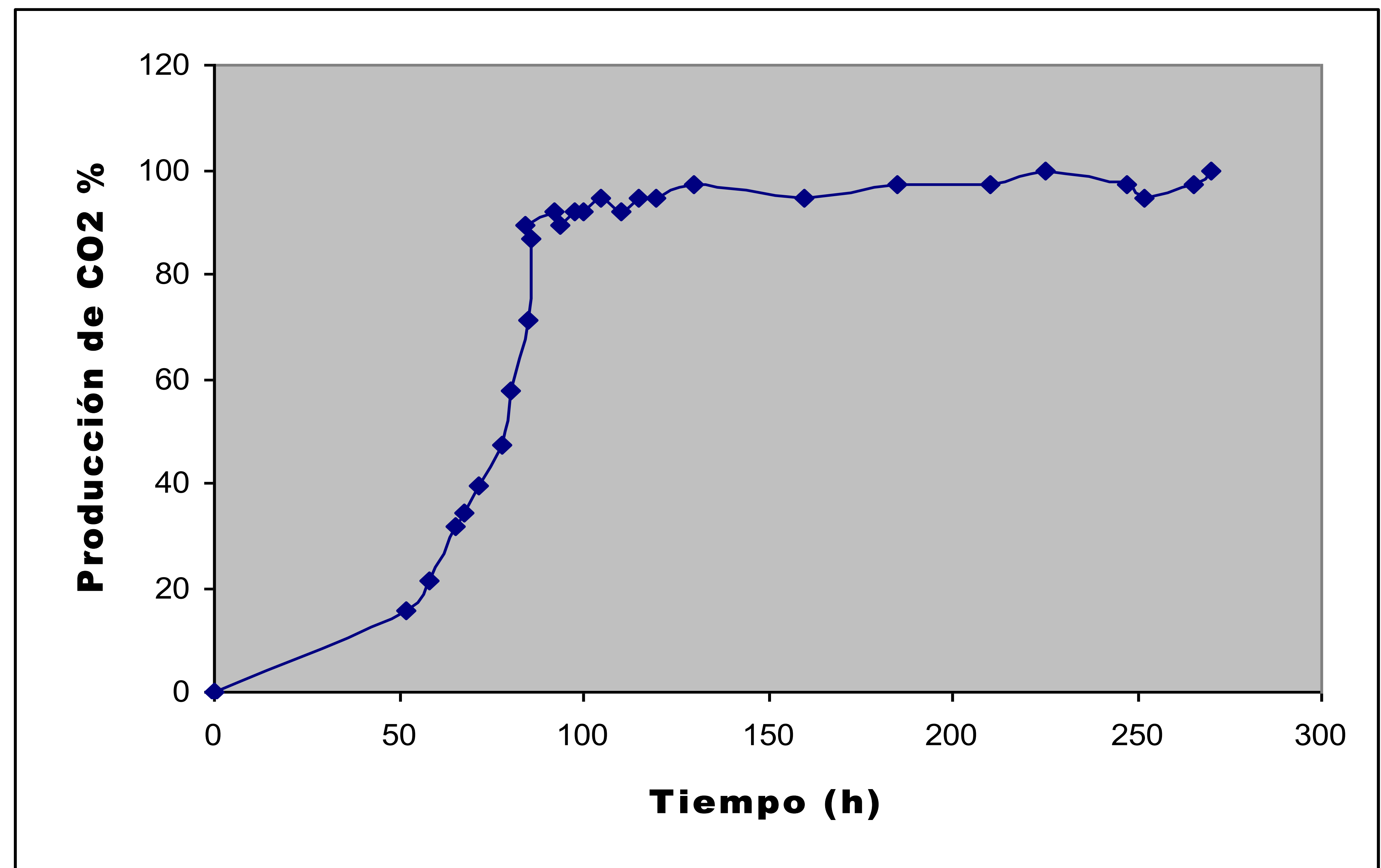
CRECIMIENTO
RADIAL

CINÉTICA - RESPIROMETRÍA

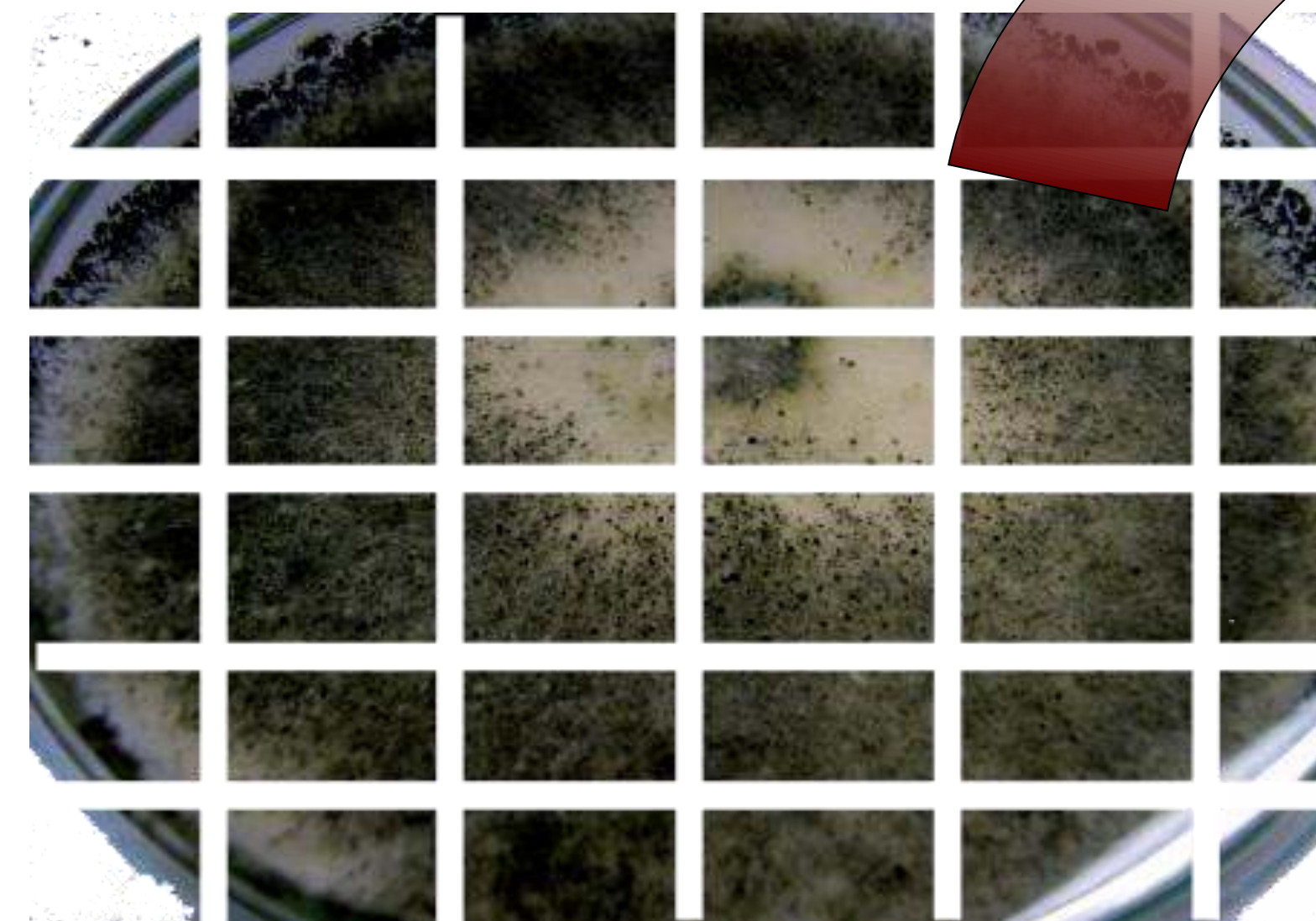
CO₂



OXITOP



CINÉTICA / BIURET



10 mL



4 °C



100 mL TWEEN 80
0.1% (v/v)

+ SLN SALINA

0.85% (p/v) NaCl

2h; 180 rpm



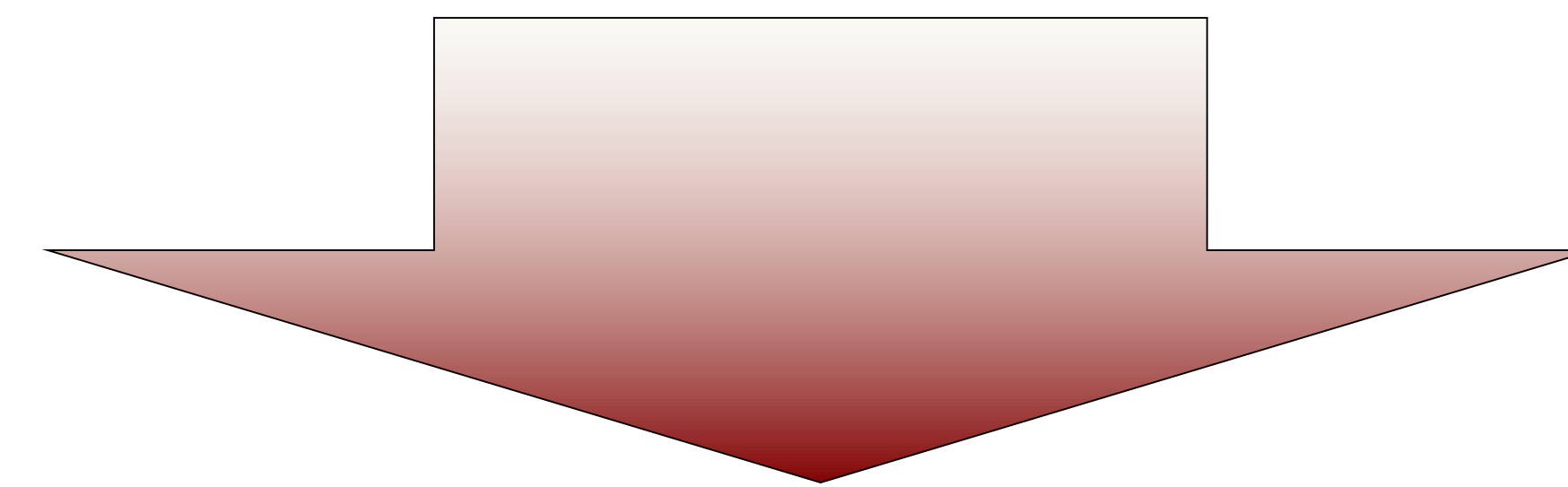
4000 rpm

CINÉTICA / CRECIMIENTO RADIAL





SUSTRATO

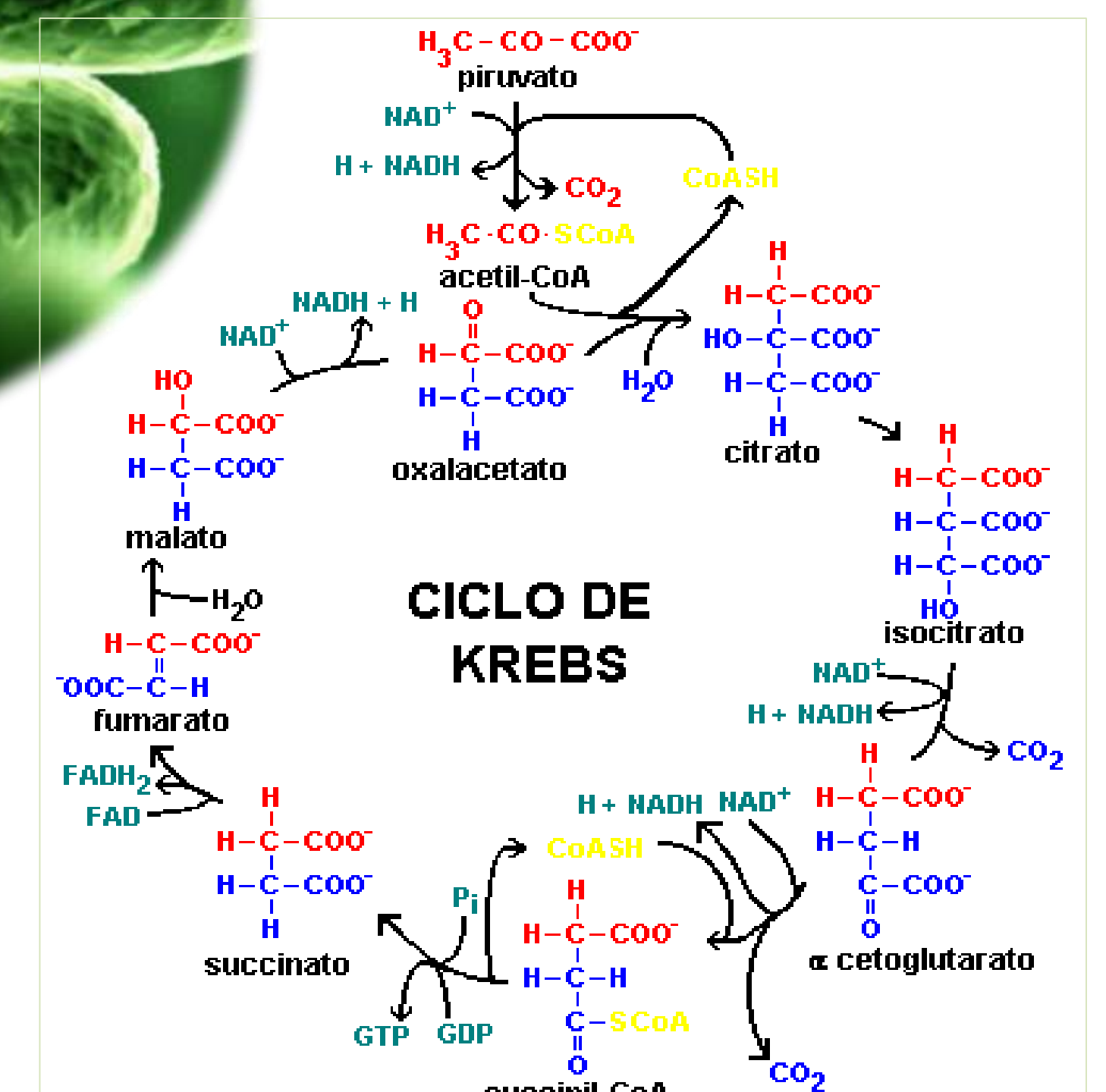
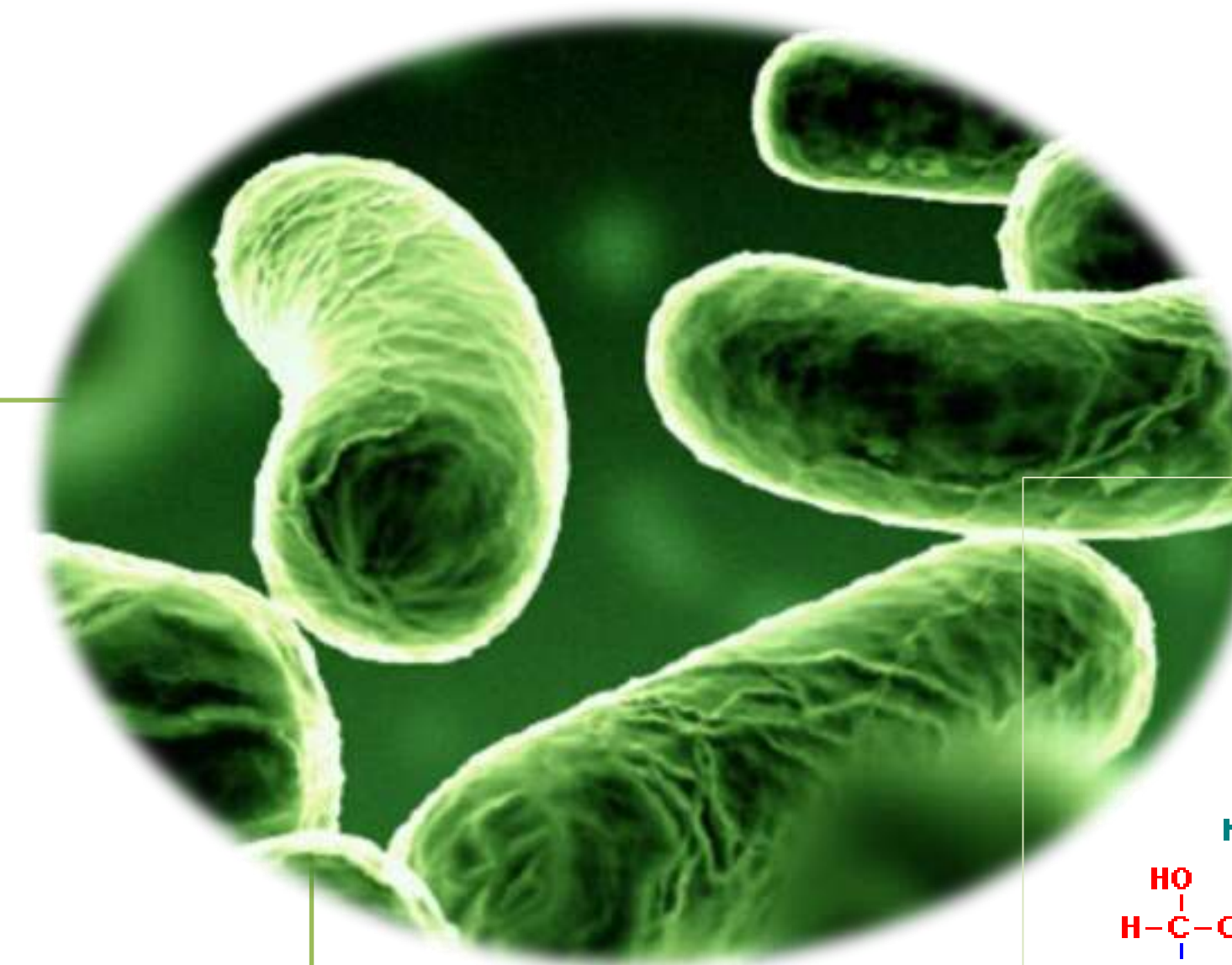


BIOMASA RESIDUAL

$\frac{C}{N} = 42$

+

Trazas de
elementos



SUSTRATO

Biomasa de residuos agrícolas en el departamento de Antioquia



Grupo de Investigación: Ph.D. Margarita Enid Ramírez Carmona - Ph.D. Ana Elisa Casas Botero
Msc. Oscar Hernán Vasco Echeverri - Msc. Yesid Vélez Salazar - Msc. Silvio Andrés Salazar
Msc. Álvaro de Jesús Lema Tapias - Esp. Marcela Maya Gómez - Tecn. Juan Carlos Jaramillo Llano

Técnicos de Campo: Juan Andrés Arredondo Urrego - Oscar Alexis Muñoz Blandón - María Carmenza Correa Correa
Natalia Acevedo Orrego - Juan Fernando Agudelo Gutiérrez - Yeison David Zuleta Sánchez
Jean Delvi Suárez Córdoba - Laura Yamile Pineda Rodríguez

Técnicos de Laboratorio: Mario Alonso Velásquez Flórez - Sara Giraldo Durango - Angule Jomara Betrán Sánchez



Tomate de árbol (Nombre científico)



Residuos de la planta	
Hojas	X
Tallo	X
Flor	
Fruto	X
Raíz	
Biomasa residual generada en promedio	
2,17 Ton/Ha	

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

Composición química	% peso	Metales pesados	mg/kg
Humedad	59,8	Fósforo (P)	650
Cenizas	14,5	Magnesio (Mg)	3.874
Celulosa	17,3	Manganeso (Mn)	275
Hemicelulosa	4,9	Calcio (Ca)	19.116
Lignina	30,2	Zinc (Zn)	275
Extractivos acuosos	$3,0 \times 10^{-1}$	Hierro (Fe)	321
Extractivos orgánicos	$3,2 \times 10^{-1}$	Cobre (Cu)	<1
C	43,6	Composición física ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)	
N	2,7		
Relación C/N	16,1	Calor específico	18.676

RECUPERACIÓN DEL PRODUCTO

LIXIVIAR EL PRODUCTO DE LOS SÓLIDOS FERMENTADOS

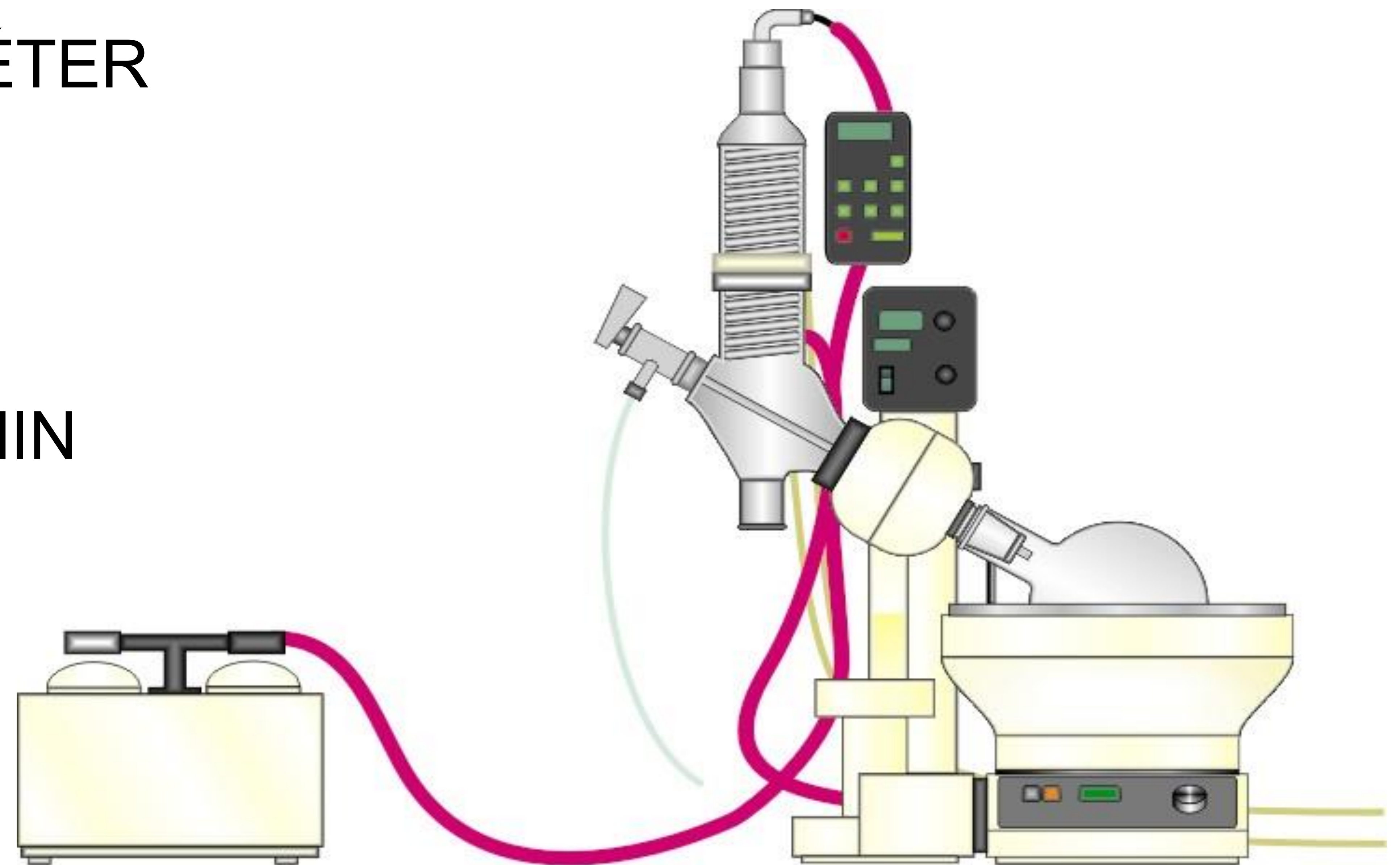
1. MEZCLA 50% ETANOL – 50% ÉTER

2. AGUA CON MEDIO AGITADO

TEMPERATURA 50°C, 20 - 30 MIN

3. PRECIPITACIÓN SALINA
60% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

4. TRATAMIENTO EN UN SISTEMA BIFÁSICO ACUOSO
PEG 600 39.9%, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 7%



PARÁMETROS

% HUMEDAD

ACTIVIDAD DEL AGUA

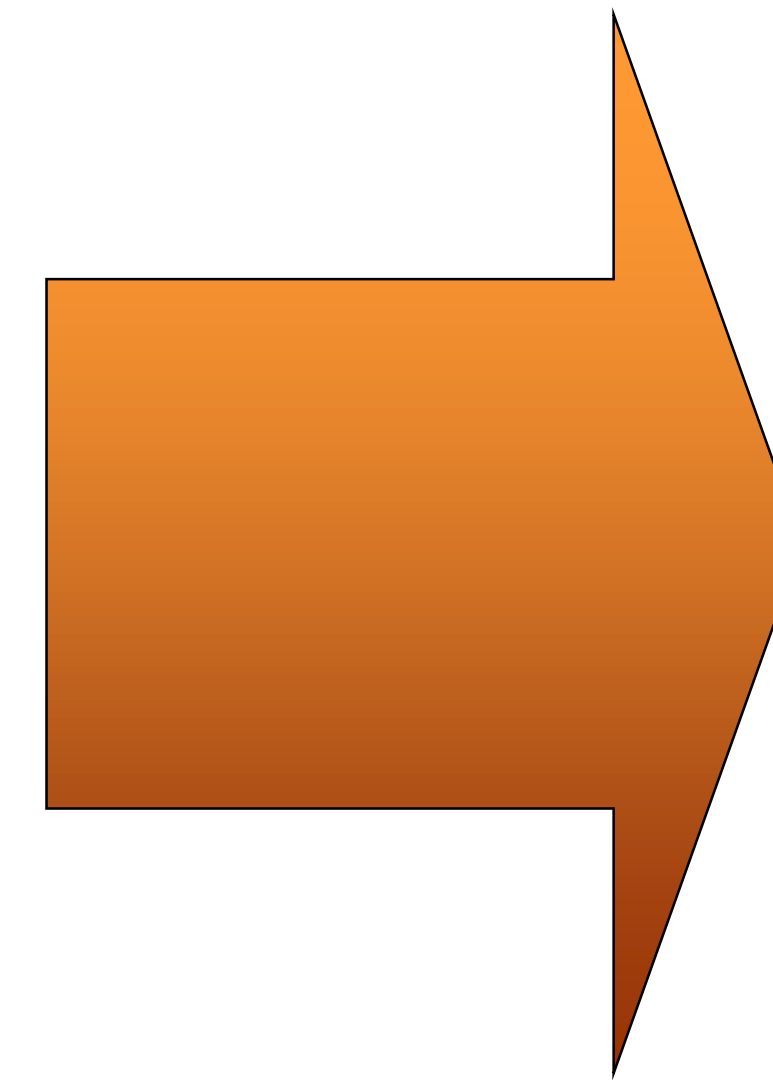
pH

TEMPERATURA

CONCENTRACIÓN DE SUSTRATO

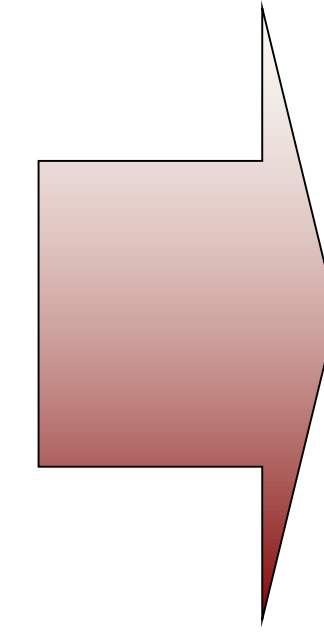
AIREACIÓN

GRANULOMETRÍA



POROSIDAD

% HUMEDAD



30 % -80%

El inoculo
líquido



POROSIDAD



Biomasa 1

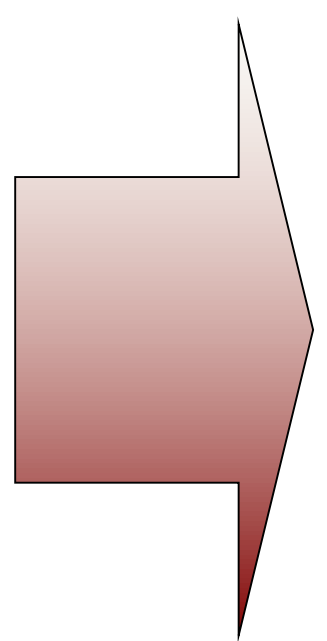
Biomasa 2

Biomasa 3

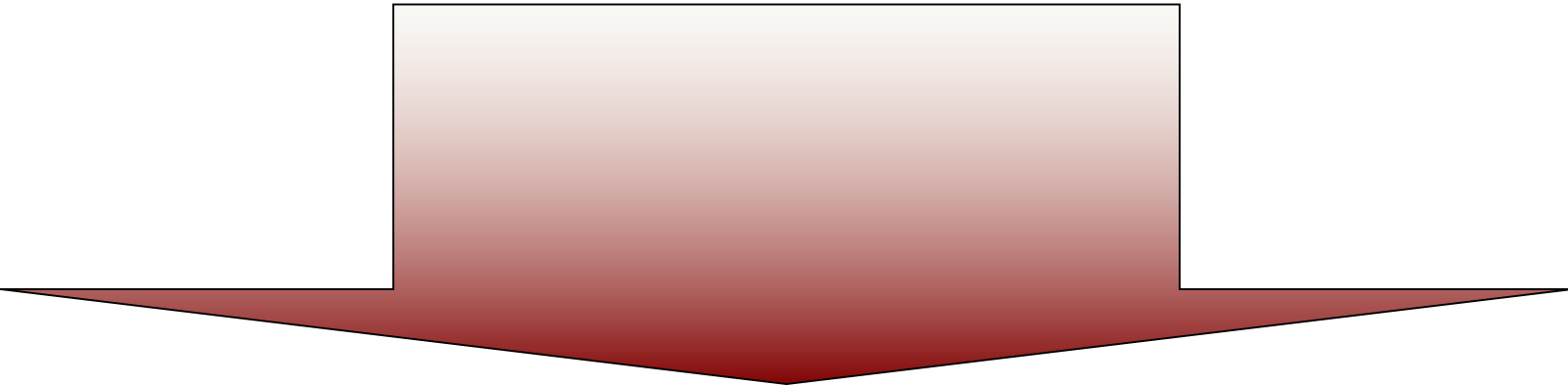
$\frac{C}{N} = 42$

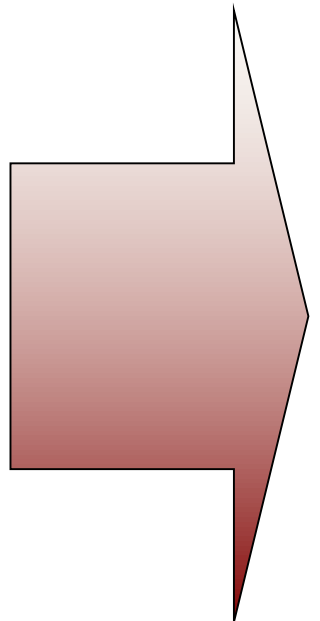
+

Trazas de
elementos

pH  Normalmente 6,0 -8,0

X VOLUMEN SÓLIDO + X VOLUMEN AGUA DESTILADA

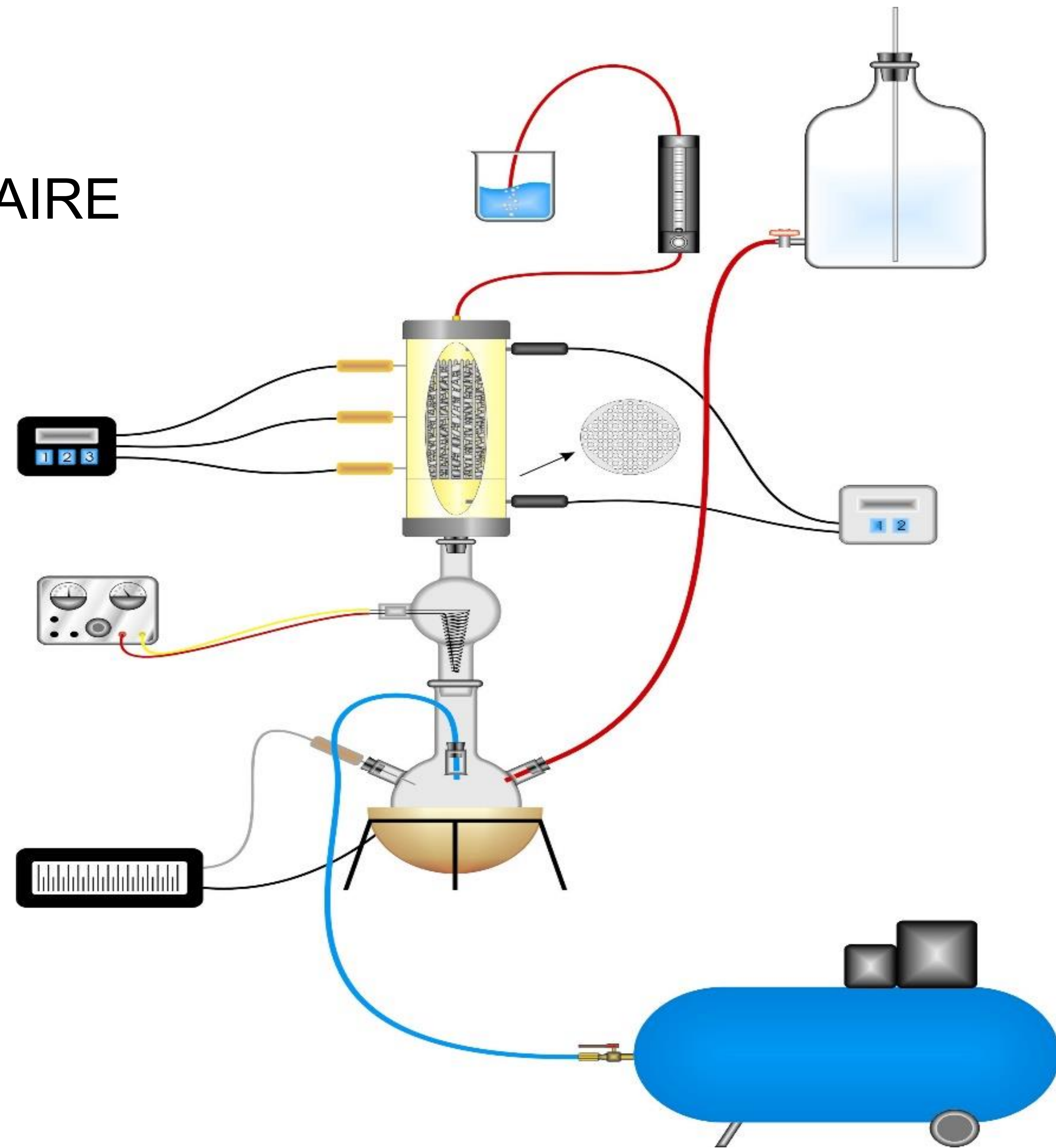
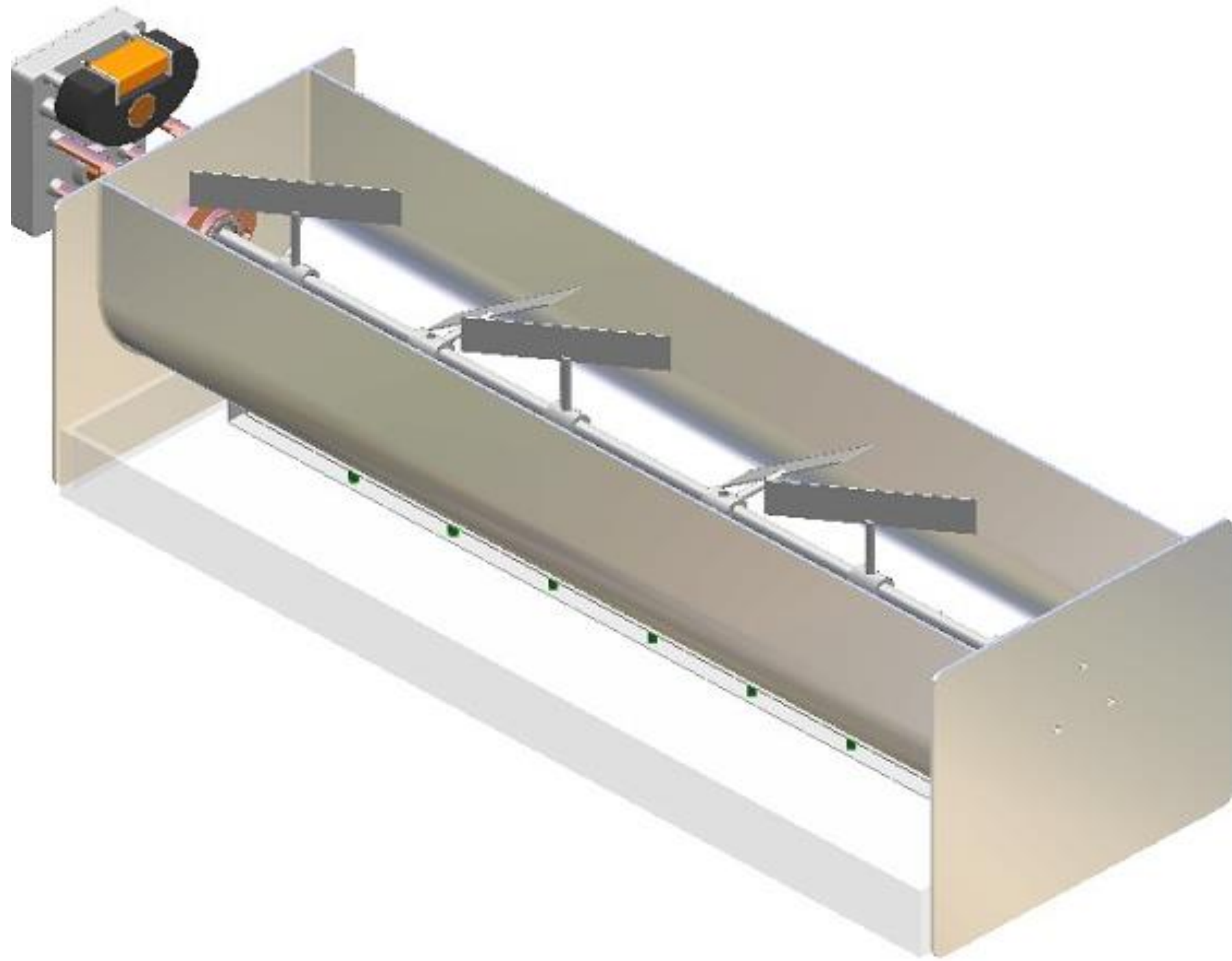

AGITACIÓN 24 h

pH  **SOBRENADANTE**



TEMPERATURA / AIREACIÓN

$$\Delta T = T_{\text{PROCESO}} - T_{\text{ENTRADA AIRE}}$$



GRANULOMETRÍA

Tamaño de partícula

Área superficial/volumen de las partículas
y la densidad de empaque

Bio - Reactor

- Contacto Sustrato versus microorganismo
- Sanitizar
- Purga con el mismo microorganismo

GRACIAS