

TEMA 11. Productos orgánicos producidos por biotecnología

Materias primas fermentables

<i>Sector</i>	<i>Materia prima</i>	<i>Composición</i>	<i>Aplicaciones</i>
Azúcar y almidón	Caña de azúcar, remolacha azucarera, sorgo sacarino, trigo, maíz, papa, arroz, mandioca, etcétera	Azúcar, almidón, melaza	Solventes, productos farmacéuticos, adhesivos, resinas, polímeros, selladores, limpiadores, etanol
Aceites vegetales	Canola, soja, coco, girasol, dendé, grasas de origen animal	Triglicéridos, ácidos grasos, glicerol	Surfactantes para jabones y detergentes, ingredientes inactivos para productos farmacéuticos, tintas, pinturas, resinas, cosméticos, ácidos grasos, lubricantes, materiales de construcción
Madera	Pino, eucalipto	Celulosa, papel y lignina	Materiales de construcción, fibras, polímeros, resinas, adhesivos, pinturas, revestimientos, tintas, piche

<i>Metabolitos primarios</i>	
Alcoholes y solventes	Etanol, butanol, acetona, glicerol, manitol
Ácidos orgánicos	Ácido láctico, ácido cítrico, ácido acético, ácido glucónico, ácido itacónico, ácido málico, ácido tartárico, ácido pirúvico, ácido succínico
Aminoácidos	Ácido L-glutámico (monoglutamato de sodio), L-lisina, L-fenilalanina, ácido L-aspártico, L-carnitina
Polisacáridos	Xantano, dextrano, pululano, gelana, agar, alginatos, carrageninas
Nucleótidos e nucleósidos	Ácido guanílico (5'GMP) y ácido inosínico (5'IMP)
Vitaminas	Vitamina B ₂ (riboflavina), vitamina C (ácido L-ascórbico), vitamina B ₁₂ (cianocobalamina)
Colorantes	β-caroteno, astaxantina, ficocianina, monascina

La producción de ácido cítrico se debe casi exclusivamente al cultivo del hongo filamentoso *Aspergillus niger*, en diversos tipos de procesos fermentativos (cultivo de superficie en medio sólido, cultivo sumergido en medio líquido). El ácido cítrico es utilizado en la industria de alimentos como aditivo (acidulante y antioxidante), en cosmética como regulador del pH y en la industria farmacéutica como anticoagulante y componente de tabletas efervescentes.

En relación al ácido acético, los procesos industriales modernos también dependen de la acción bacteriana (géneros *Acetobacter*, *Gluconacetobacter* y *Gluconobacter*). Además de tener muchos usos, el ácido acético es un precursor de varias moléculas intermediarias, como el anhídrido acético

El ácido láctico es obtenido por fermentación bacteriana (*Lactobacillus*) o fúngica (*Rhizopus oryzae*) y es un importante insumo en las industrias de alimentos, fármacos y cosméticos. También es utilizado como monómero en la síntesis del ácido poliláctido (PLA), un polímero biodegradable.

La vía fermentativa es utilizada para producir varios aminoácidos. La bacteria *Corynebacterium glutamicum* sintetiza ácido glutámico, que es usado en la cocina oriental como aditivo (glutamato monosódico) para realzar el sabor de los alimentos.

El ácido aspártico y la fenilalanina se obtienen por inmovilización conjunta de *Escherichia coli* y *Pseudomonas dacunhae* en una columna de fermentación, o por una bacteria genéticamente modificada (*Escherichia coli*). Ambos aminoácidos son los componentes del edulcorante no calórico Aspartame

El xantano es un producto de fermentación de la bacteria *Xanthomonas campestris*

La mayor parte de las vitaminas son obtenidas industrialmente por vía sintética o extractiva. Sin embargo, la vía fermentativa es ventajosa en el caso de la riboflavina (vitamina B2) y del ácido ascórbico (vitamina C) y la única posible para la cianocobalamina (vitamina B12),

<i>Metabolitos secundarios</i>	
Moléculas para la salud humana y animal	Antibacterianos, antivirales, antifúngicos, antihelmínticos, antitumorales, sueros, inmunoglobulinas, vacunas, inmunosupresores, estatinas, etcétera
Moléculas para la agricultura	Insecticidas y pesticidas, factores de crecimiento vegetal
Moléculas para la industria de alimentos	Condimentos y aromatizantes para la industria alimentaria

Enzimas

<i>Enzimas</i>	<i>Origen</i>
Amilasas	Malta de la cebada
Papaína	Papaya
Ficina	Higo
Bromelina	Ananá (piña)
Pepsina	Estómago de porcinos
Pancreatina (amilasas, proteasas y lipasas)	Páncreas de porcinos
Renina	Cuarto estómago de terneros
Catalasa	Hígado o sangre de bovinos

Desde el punto de vista económico, no es conveniente determinar o redimensionar los parámetros de la producción industrial cada vez que se descubre un microorganismo productor de una enzima interesante.

Resulta más ventajoso transferir la secuencia codificadora de esa enzima a un microorganismo cuyos requerimientos para el cultivo en condiciones industriales estén bien estudiados, como *Escherichia coli*, *Streptomyces* o *Bacillus subtilis* (bacterias), *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae* o *Kluyveromyces* (levaduras y hongos).

La lactasa hidroliza la lactosa y puede extraerse de bacterias, levaduras u hongos. Las condiciones óptimas de funcionamiento son, respectivamente, 40 0C, 37 0C y 55-60 0C para la temperatura, y 3,0-4,0, 7,2 y 6,6 para el pH. La elección de una u otra dependerá de las condiciones exigidas por el bioproceso.

El costo de una enzima también depende de las dificultades técnicas encontradas en la extracción y la purificación, que son las etapas *downstream* de un bioproceso. Las enzimas más baratas suelen ser las extracelulares como, por ejemplo, algunas hidrolasas (amilasas, proteasas y celulasas). Las más caras son las enzimas intracelulares, porque requieren métodos de purificación más complejos y son utilizadas como fármacos o en pruebas de diagnóstico.

FIGURA 1. Materias primas posibles para la producción de etanol

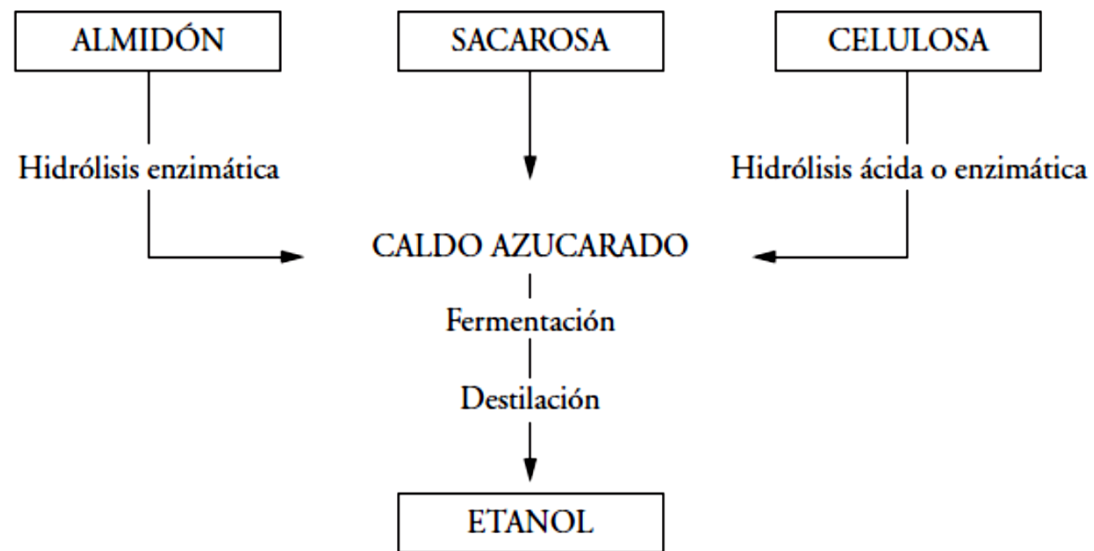
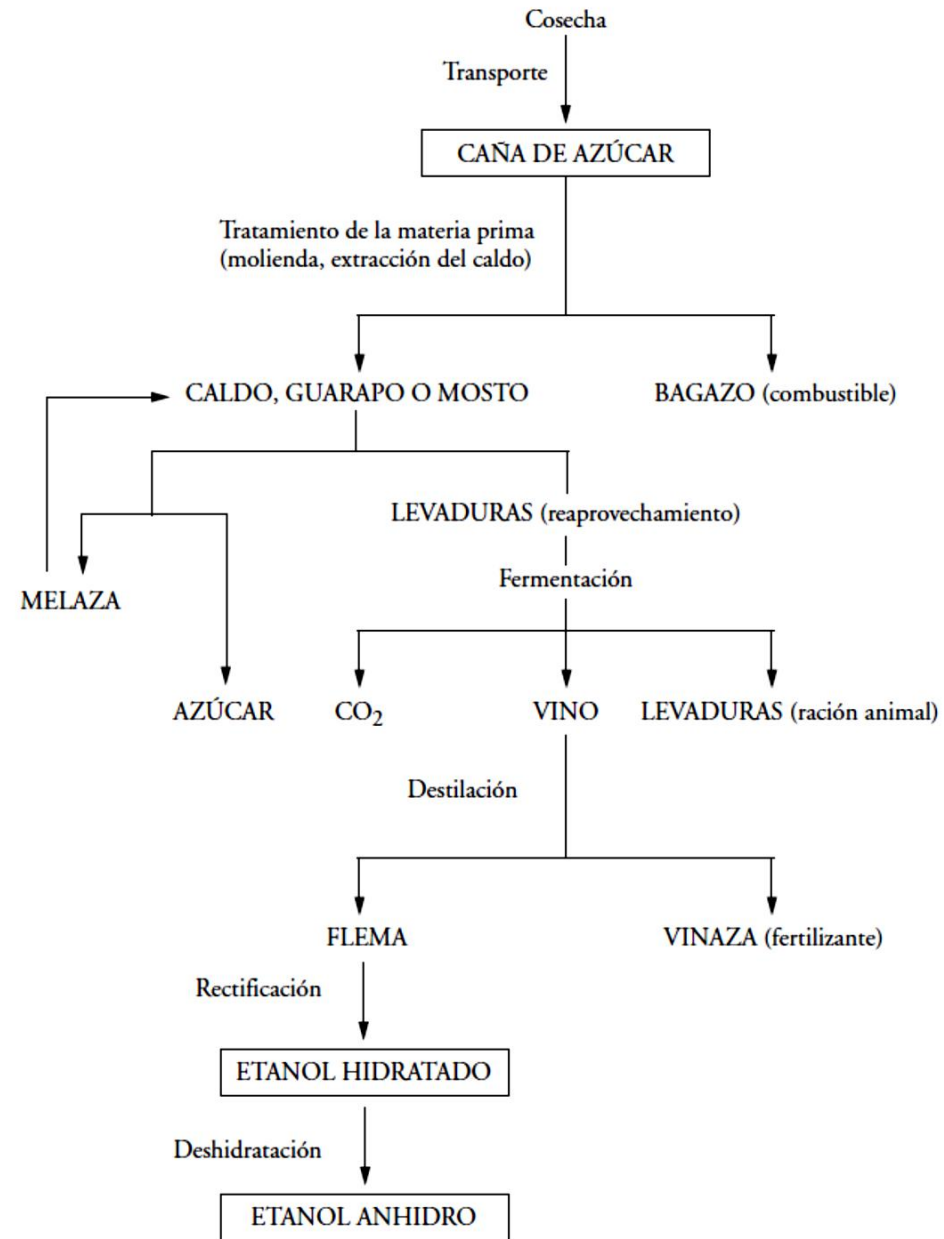
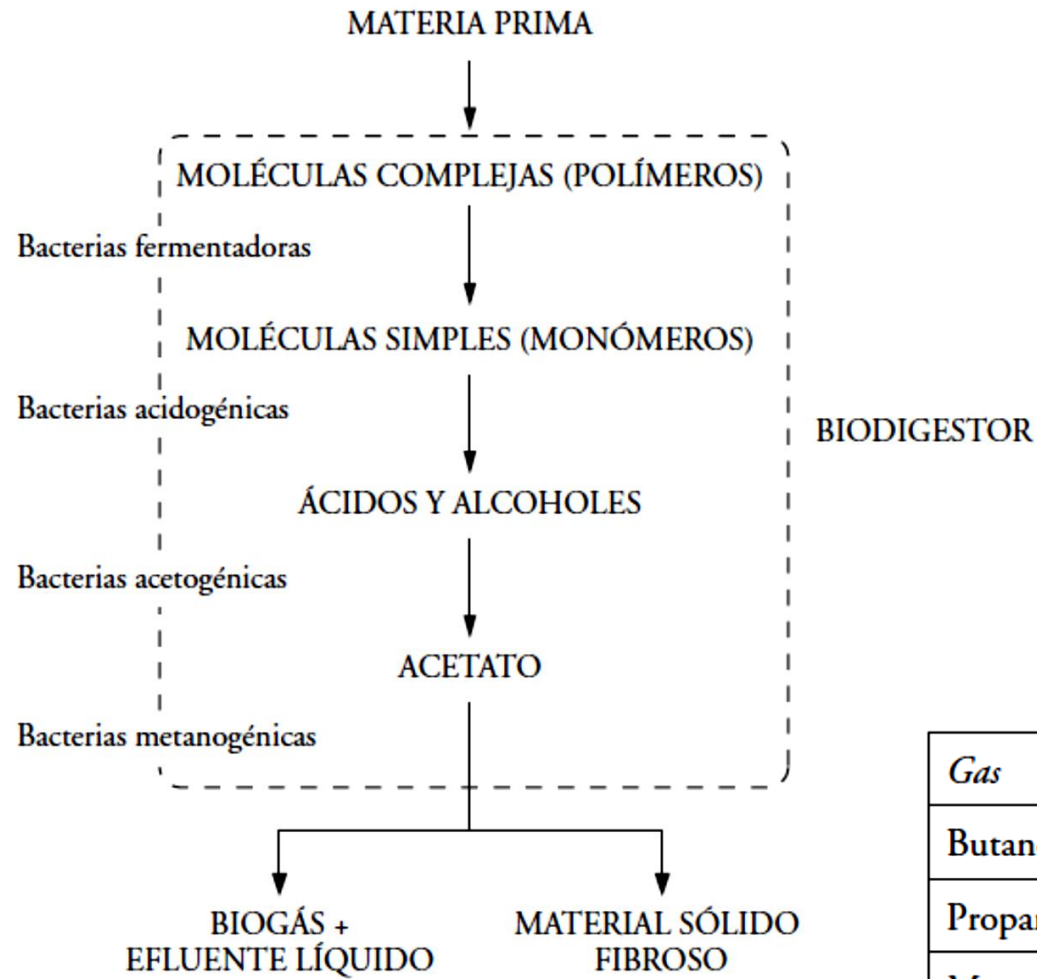


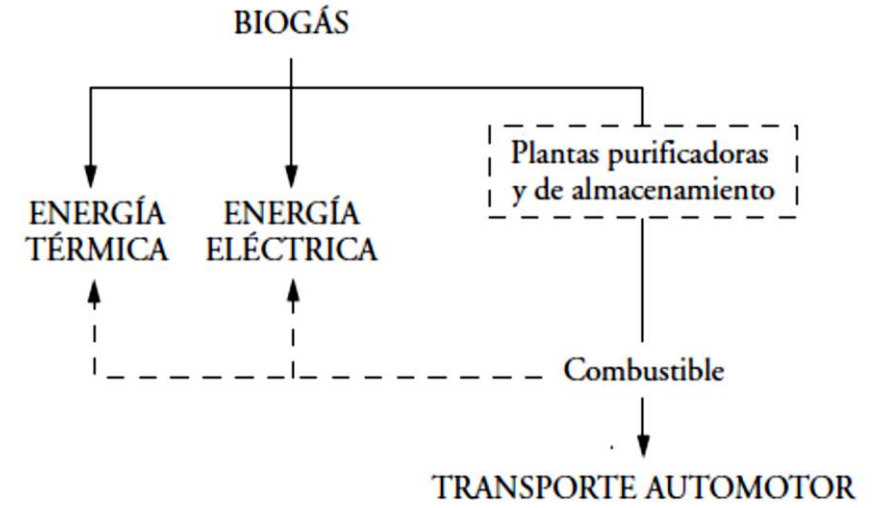
FIGURA 2. Las principales etapas de la producción de etanol por fermentación



Las principales etapas, dentro del biodigestor



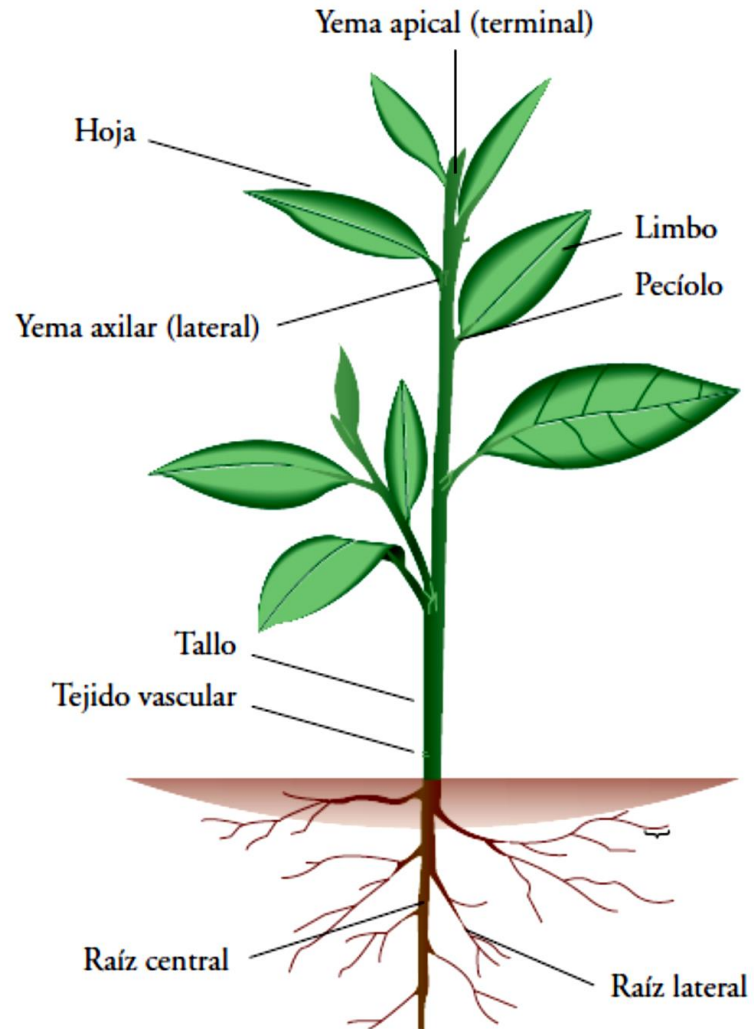
El uso del biogás



Gas	Poder calorífico (kcal/m ³)
Butano	28.000
Propano	22.000
Metano	8.500
Gas natural	7.600
Biogás	5.500
Gas de ciudad	4.000

Micropropagación de vegetales

Morfología de una planta angiosperma



la micropropagación se inicia a partir de explantos, es decir, pequeños fragmentos de tejido extraídos de diversas partes de la planta, tales como hojas, raíces, segmentos nodales y yemas axilares, florales y apicales.

FIGURA 2. Obtención de un cultivo aséptico en el laboratorio

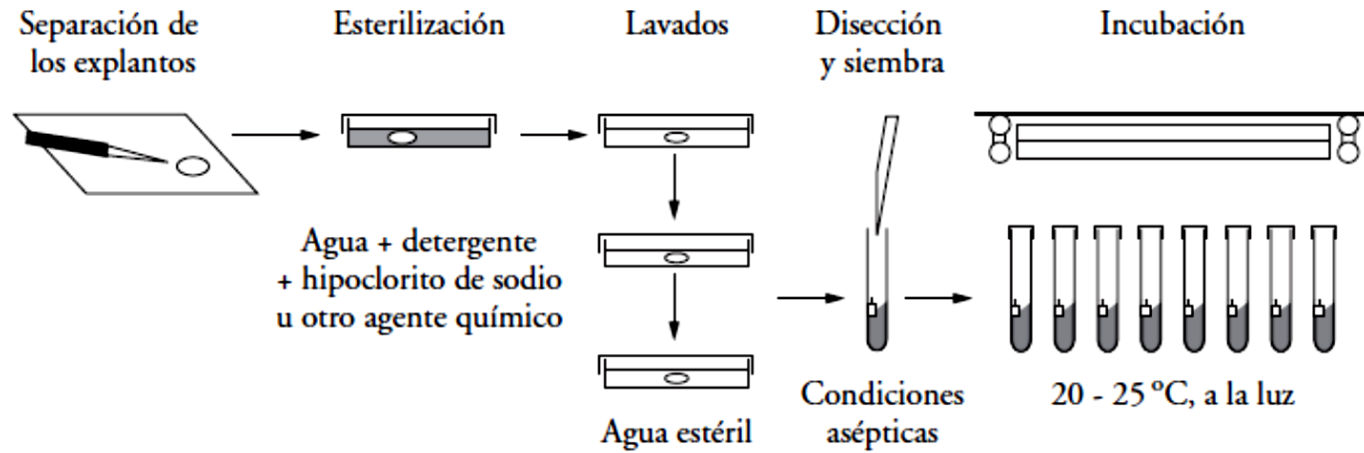
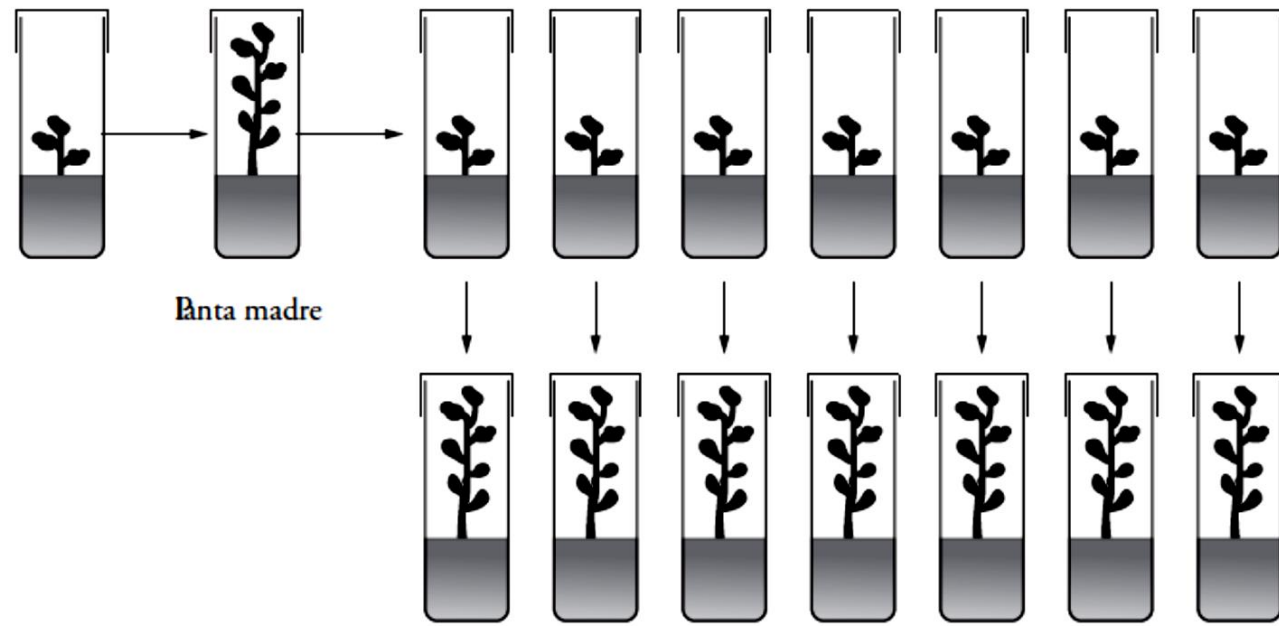


FIGURA 3. Micropropagación, por multiplicación de explantos nodales



Si un tubérculo de ñame (también llamado yame o batata de China) de 100 g produce 25 kg de tubérculos en dos años, por micropropagación producirá 300.000 kg. A partir de una yema apical se pueden obtener 4.000.000 de claveles en un año.

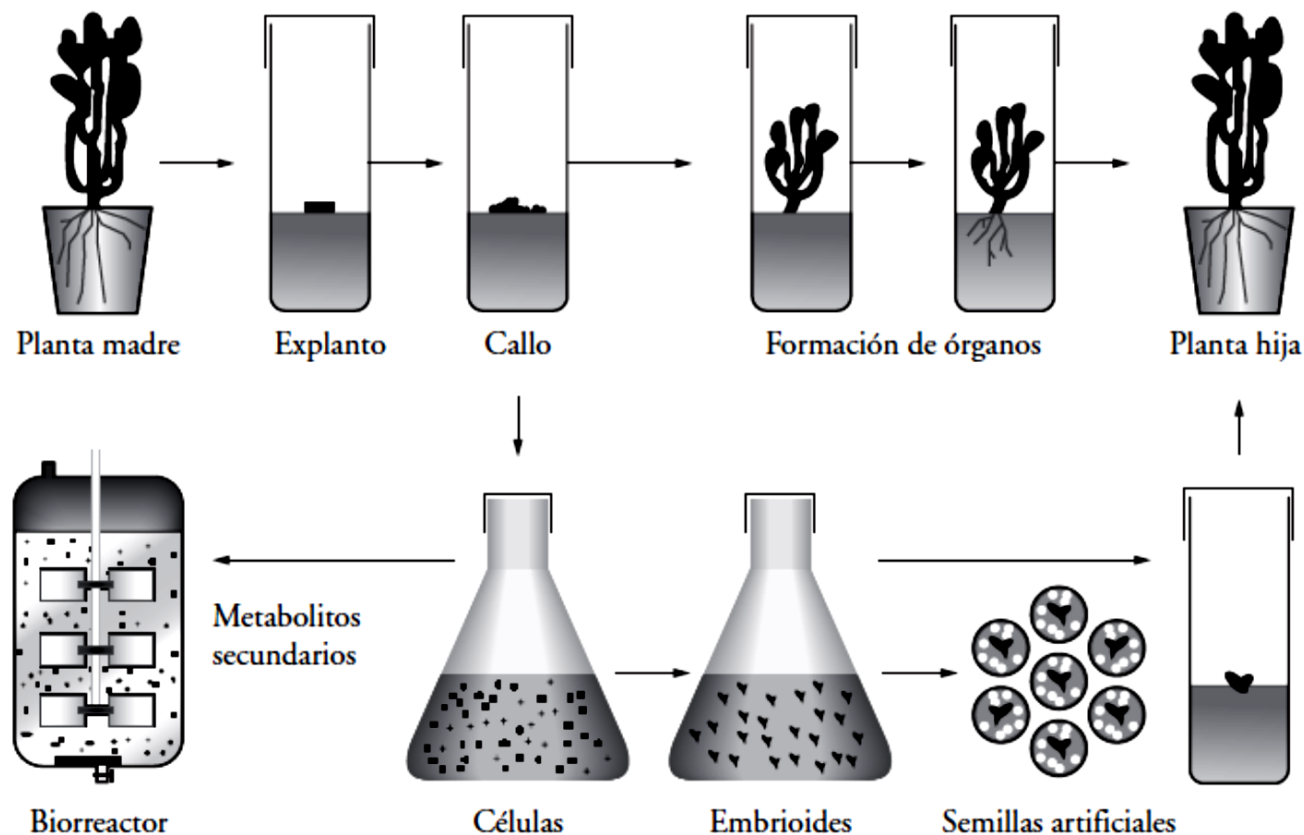
TABLA 1. Composición del medio de cultivo para células vegetales

<i>Componentes</i>	<i>Características y ejemplos</i>
Agua destilada	Representa el 95% del medio nutriente
Fuente de carbono	Generalmente se utiliza sacarosa. La fuente de carbono es necesaria porque los explantos no son totalmente autotróficos y la fotosíntesis <i>in vitro</i> no supe las necesidades de las células
Sustancias inorgánicas	Macroelementos (N, P, K, Ca, Mg, S) y microelementos (Fe, Co, Zn, Ni, B, Al, Mn, Mo, Cu, I), en una proporción que depende de la planta elegida
Vitaminas	Mioinositol, vitamina B1 (tiamina), ácido nicotínico (niacina), vitamina B6 (piridoxina), pantotenato de calcio, ácido fólico, vitamina B2 (riboflavina), vitamina C (ácido ascórbico), vitamina H (biotina), ácido para-aminobenzoico y vitamina E (tocoferol)

<i>Componentes</i>	<i>Características y ejemplos</i>
Hormonas y reguladores del crecimiento	<i>Auxinas.</i> Promueven la elongación celular, la formación de callos y raíces adventicias, inhiben la formación de brotes axilares adventicios y, a veces, la embriogénesis en suspensiones celulares. Ejemplos: IAA (ácido indol acético), NAA (ácido naftaleno acético), IBA (ácido indol butírico), 2,4 D (2,4- diclorofenoxiacético) <i>Citoquininas.</i> Promueven la división celular, regulan el crecimiento y el desarrollo de los tejidos vegetales. Ejemplos: quinetina, 2iP (2-isopentiladenina), BAP (benzilaminopurina), zeatina <i>Otras sustancias.</i> Ejemplos: giberelinas, ácido abcísico, etileno
Mezclas de sustancias poco definidas	Ejemplos: extracto de levadura, extractos vegetales, hidrolizados de caseína, peptona y triptona. La tendencia actual en investigación es la de reemplazarlos por medios de composición definida
Materiales inertes	Utilizados como soporte. Ejemplos: agar, agarosa, otros polisacáridos (Gelrite, Phytigel), lana de vidrio, papel de filtro, arena, esponjas de poliestireno

El cultivo de callos es el método alternativo para las plantas que pueden propagarse directamente a partir de meristemas. Un callo es una masa de células desdiferenciadas que prolifera de manera irregular a partir de un explanto. Se trata de un tejido de tipo tumoral que se produce *in vivo* como respuesta a las heridas sufridas por los órganos y tejidos

FIGURA 5. Diferentes posibilidades del cultivo de callos



Hay diversos modelos de biorreactores para el cultivo de células vegetales, entre los que se encuentran el tradicional de palas giratorias adaptadas para el cultivo de células vegetales y otros del tipo *air-lift* o de lecho fluido. El proceso puede ser discontinuo, semicontinuo o continuo. En este último caso se utilizan células inmovilizadas. La elección de la modalidad depende del producto ser intra o extracelular y estar o no asociado al crecimiento celular.