



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## RESUMEN

El siguiente capítulo contempla el análisis general de las ventajas económicas de la producción biotecnológica de 1,3-Dihidroxiacetona a partir de glicerol, el estudio de las características de la DHA, los posibles riesgos en su utilización y sus principales aplicaciones industriales.

### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el petróleo se caracteriza por ser la mayor fuente de energía utilizada en el mundo. Dada su disponibilidad limitada y las consecuencias ambientales que generan su uso, en las últimas dos décadas, ha surgido el biodiésel como una fuente alternativa de energía debido a las ventajas que presenta; entre ellas, una considerable disminución de los gases de efecto invernadero y de la contaminación ambiental, como así también, un incremento en la productividad del sector agrícola.

La producción de biodiésel tiene como principal subproducto la glicerina, un compuesto que no ha recibido la atención adecuada dado que solamente una pequeña proporción de lo generado como residuo de producción ha sido convertido a productos de mayor valor agregado. El incremento de glicerina proveniente de esta industria, ha impactado negativamente en el mercado del biodiésel, desestabilizando el precio y disminuyendo la rentabilidad que podrían obtener los productores.

Entre marzo y octubre de 2017, se produjeron en Argentina 2.303.361 toneladas de biodiésel<sup>1</sup>. Considerándose que cada 100 toneladas de este biocombustible se obtienen 10 toneladas de glicerol, la producción anual de glicerina en el último año fue 230.336,1 toneladas; de las cuales una pequeña fracción fue destinada a la exportación y el resto se constituyó como un contaminante con disposición final poco sencilla. Se espera que, durante el 2018, esta cantidad sea significativamente superior.

La biotecnología industrial tiene un gran potencial para transformar la producción de energía y generar procesos industriales sostenibles que conlleven a crear industrias ecoeficientes. La biología proporciona las técnicas necesarias para la conversión del residuo en un producto con valor agregado. Los efluentes ricos en glicerol que resultan del proceso productivo tienen el potencial de convertirse en una fuente clave de ingresos para la industria del biodiésel.

La glicerina cruda (80 – 88% en peso) es comercializada internacionalmente con un precio FOB que oscila entre los 0,28 – 0,29 U\$S/kg en América y Asia y entre los 0,185 – 0,21 U\$S/kg en Europa<sup>2</sup>.

En cambio, el precio de la 1,3-Dihidroxiacetona depende de su grado de pureza, calidad y volumen de venta, ofertándose en el mercado internacional en un amplio rango de valores que

---

<sup>1</sup> Ciani, M. (Enero - Diciembre 2017). *Informe Biocombustibles (publicación mensual)*. Ministerio de Agroindustria, Dirección de Agroenergía. Argentina: Presidencia de la Nación.

<sup>2</sup> The Jacobsen. (2017). *Biodiesel Bulletin*. Estados Unidos - OPIS. (2017). *Pricing, News and Analysis for Buying and Supplying Ethanol - Blended Fuel and Biodiesel. Ethanol & Biodiesel Information Service*, 14(10), pp. 1 - 17.

se extiende desde los 339 U\$S/kg con un grado de pureza del 98% hasta los 618 U\$S/kg al 99% y 4028 U\$S/kg con calidad farmacopea (UPS).

A modo de ejemplo, en la siguiente imagen se puede observar los precios de venta de la DHA obtenido de los catálogos digitales de Sigma Aldrich, una empresa química que pertenece a la corporación Merck Millipore.

**Dihydroxyacetone** 2 Products

*Synonym:* 1,3-Dihydroxy-2-propanone, 1,3-Dihydroxyacetone, DHA, Glycerone, NSC 24343

CAS Number: 96-26-4 Empirical Formula (Hill Notation): C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> Molecular Weight: 90.08

**Atributos disponibles**  
Utilice los Atributos de producto aquí abajo para configurar la tabla de comparación (Seleccione un máximo de 3 del total)

**SIGMA-ALDRICH** IS NOW **MERCK**

Product #	Description	SKU - Tamaño de Envase	Disponibilidad	Precio (USD)	Cantidad
1204102	Dihydroxyacetone, United States Pharmacopeia (USP) Reference Standard,	1204102-250MG	Envío estimado el 08.06.18	1,006.76	0
PHR1430	Dihydroxyacetone, Pharmaceutical Secondary Standard; Certified Reference Material,	PHR1430-1G	Envío estimado el 17.04.18	195.50	0

**Figura 1.** Precios de la 1,3-Dihidroxiacetona en función de la pureza, calidad y tamaño del envase (Fuente: Sigma Aldrich - Merck).

Mediante, técnicas biotecnológicas es posible transformar la glicerina cruda en 1,3-Dihidroxiacetona aumentando la viabilidad económica de la producción del biodiésel. En Argentina, 51.878,12 kilos de 1,3-Dihidroxiacetona fueron importadas durante el año 2017<sup>3</sup>. No se registra al momento producción nacional del compuesto.

Este proyecto se centra en analizar la factibilidad técnico económica de una planta biotecnológica de producción de 1,3-Dihidroxiacetona monomérica utilizando como materia prima glicerina, un residuo de la producción del biodiésel, con el objeto de sustituir un porcentaje de las importaciones nacionales.

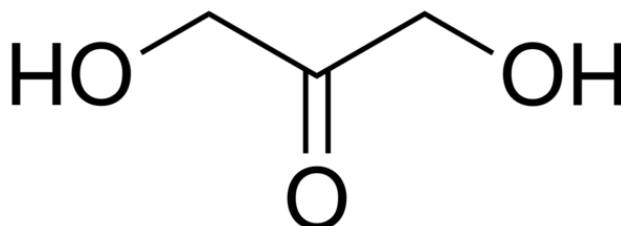
## 2. 1,3-DIHIIDROXIACETONA

### 2.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA – ESTRUCTURA GEOMÉTRICA

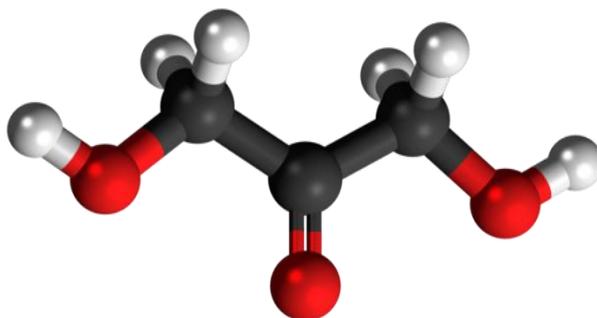
El compuesto 1,3-Dihidroxiacetona (nomenclatura tradicional) o 1,3-Dihidroxiopropan-2-ona (nomenclatura IUPAC) es un monosacárido (carbohidrato sencillo) compuesto por 3 átomos de carbono. Se clasifica como cetotriosa, es decir, una triosa perteneciente al grupo de

<sup>3</sup> Estudio de Mercado. Capítulo 2 del presente Proyecto Final.

las cetosas. Su fórmula química es  $C_3H_6O_3$ , presentando un grupo hidroxilo en los carbonos 1 y 3 y un grupo carbonilo en el carbono 2.



**Figura 2.** 1,3-Dihidroxiacetona – Estructura 2D (Fuente: Merck Millipore).



**Figura 3.** 1,3-Dihidroxiacetona – Conformación 3D (negro: átomos de C, rojo: átomos de O y blanco: átomos de H) (Fuente: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>).

## 2.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LA 1,3-Dihidroxiacetona		
MASA MOLECULAR	90,08 g/mol	
PUNTO DE FUSIÓN	96,5 °C	a 1013 HPa
PUNTO DE EBULLICIÓN	188 °C	a 1013 HPa
PRESIÓN DE VAPOR	$4,35 \times 10^{-5}$ mm Hg	a 25 °C
pH	4 – 6	en 50 g/L a 20 °C
DENSIDAD	1,52 g/cm <sup>3</sup>	a 20 °C

**Tabla 1.** Propiedades Fisicoquímicas de la 1,3-Dihidroxiacetona (Fuente: Elaboración propia).

La 1,3-Dihidroxiacetona se constituye como un polvo higroscópico cristalino de color blanco, sabor dulce y olor característico. No posee quiralidad y es la única cetosa sin actividad óptica.

## 2.3. SOLUBILIDAD

Su estado de agregación normal se corresponde con un dímero, soluble en una mezcla de agua y etanol. En cambio, la forma monomérica, es muy soluble en agua, etanol, éter etílico y acetona.

## 2.4. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

El compuesto 1,3-Dihidroxiacetona es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental). Debido a su incompatibilidad, es necesario mantenerlo alejado de agentes oxidantes fuertes.

En estado polvo, es un agente explosivo. Ante un eventual incendio libera productos de descomposición peligrosos (Óxidos de Carbono).

## 2.5. RIESGOS PARA LA SALUD, TOXICIDAD, MUTAGENECIDAD Y CARCINOGENECIDAD

El compuesto, en estado polvo, no presenta toxicidad oral ni por inhalación. No produce sensibilización, ni irritación cutánea ni ocular. No tiene efectos carcinogénicos ni mutagénicos a largo plazo.

## 2.6. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Es un compuesto de baja toxicidad en peces, dafnias, invertebrados acuáticos y algas, fácilmente biodegradable y no bioacumulable. La disposición definitiva de esta sustancia química debe tener en cuenta: el impacto del material en la calidad del aire, la migración potencial en el suelo o el agua, los efectos sobre la vida animal, acuática y vegetal y la conformidad con las regulaciones ambientales y de salud pública.

## 3. MONÓMERO DE 1,3-DHA – APLICACIONES INDUSTRIALES

### 3.1. INTRODUCCIÓN

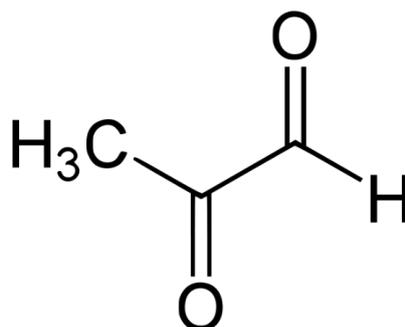
La principal aplicación industrial de la 1,3-Dihidroxiacetona en Argentina es en el área cosmética como agente activo en las formulaciones de autobronceantes y en medicina en el tratamiento de enfermedades ligadas a la pigmentación de la piel.

Los restantes usos del componente en forma monomérica serán descriptos a modo informativo, ya que no se evidencia, en Argentina, registro de su utilización con dichos fines.

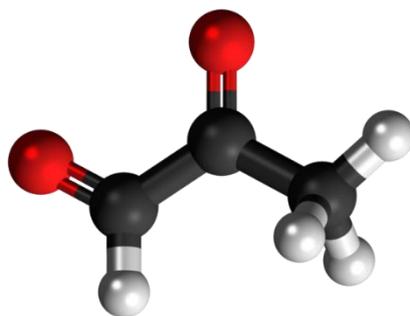
### 3.2. COSMÉTICA - PRINCIPIO ACTIVO DE AUTOBRONCEANTES

La 1,3-Dihidroxiacetona (DHA) posee un efecto bronceante de la piel sin necesidad de exposición a la luz solar, ya que reacciona con las aminos, los péptidos y los aminoácidos libres de las capas más superficiales de la epidermis produciéndose la reacción de Maillard. Varios aminoácidos presentan la capacidad de interactuar de forma diferente con la DHA, generando así distintas tonalidades de color desde el amarillo al marrón.

Químicamente, la reacción de Maillard consiste en la interacción de aminoácidos con azúcares mediante la cual se obtienen compuestos coloreados. Como consecuencia, la DHA se convierte en piruvaldehído con eliminación de agua.



**Figura 4.** Piruvaldehído – Estructura 2D (Fuente: Merck Millipore).



**Figura 5.** Pirualdehído – Conformación 3D (negro: átomos de C, rojo: átomos de O y blanco: átomos de H) (Fuente: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>).

Posteriormente, el grupo funcional aldehído reacciona con la función amina de la queratina de la piel y forma una imina (aldoimina). Seguidamente se produce, una serie de reacciones complejas, no del todo conocidas, pero que dan como resultado unos polímeros cíclicos y lineales de color dorado o marrón. Estos polímeros se denominan melanoidinas debido a su similitud con la coloración obtenida por la melanina (sustancia natural que sintetiza el organismo en las capas profundas de la piel cuando es expuesta a los rayos UV y que es responsable de la pigmentación marrón). A pesar de que la melanina y las melanoidinas son químicamente muy diferentes, tiene semejanzas en ciertas propiedades, especialmente en su espectro de absorción de la luz.

La divulgación de los riesgos que conlleva la exposición prolongada y repetida a la radiación UV asociados con un incremento de la carcinogénesis, de la alteración de la respuesta inmune, los trastornos pigmentarios, el fotodaño, el fotoenvejecimiento, la fotosensibilización y el daño celular, generó una mayor conciencia en la población y una fuerte demanda de este tipo de productos cosméticos. Cada año se diagnostican en el mundo más de 3,5 millones de casos de cáncer de piel<sup>4</sup>. En la mayoría de ellos el principal factor desencadenante es la sobreexposición a la radiación UV de manera natural y/o artificial (camas solares). Estos rayos pueden dañar las células del epitelio, causando severas mutaciones en los genes supresores de tumores.

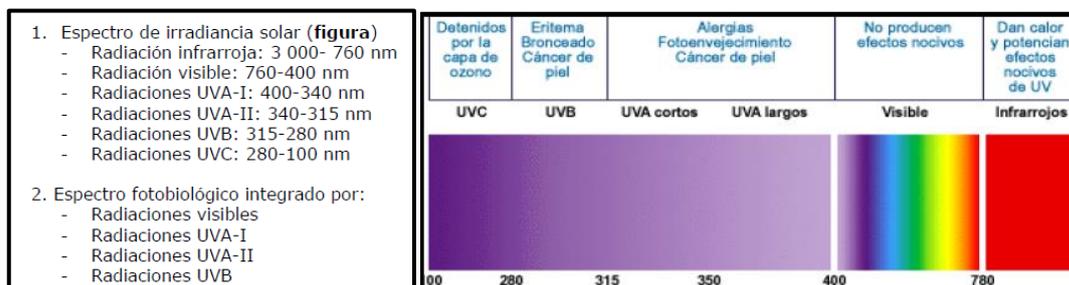
Se registra que 3000 personas mueren cada año por esta enfermedad<sup>4</sup>, por lo que, la muerte a causa de este tipo de cáncer es rara. Afecta en mayor grado a personas de edad avanzada, inmunodeprimidos o pacientes que han recibido algún tipo trasplante de órgano.

Frente a esto, el National Weather Service y la US Environmental Protection Agency informa diariamente a la población estadounidense el índice de radiación UV de cada región del país en una escala del 1 al 11+. Los valores elevados se relacionan con una alta posibilidad de daño a las células de la piel. Esta información es divulgada en diversos medios de difusión. En Argentina, El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) actualiza dos veces por día los índices de radiación UV que mide a lo largo de todo el país.

La radiación ultravioleta se divide en tres rangos de longitud de onda. Los rayos UVB penetran hasta la epidermis afectando principalmente al ADN celular, causando quemaduras. Son los principales responsables de la mayoría de los tipos de cáncer de piel. Los rayos UVA penetran más profundamente alcanzando la dermis, generando envejecimiento celular cutáneo

<sup>4</sup> American Cancer Society. (2012). *Cáncer de piel: células basales y células escamosas*. Estados Unidos.

y cierto daño del ADN. Están asociados con las lesiones de piel a largo plazo, aunque también aceleran el desarrollo de ciertos tipos de cáncer de piel. Los rayos UVC no penetran a la atmósfera y, por lo tanto, no están presentes en la luz solar.



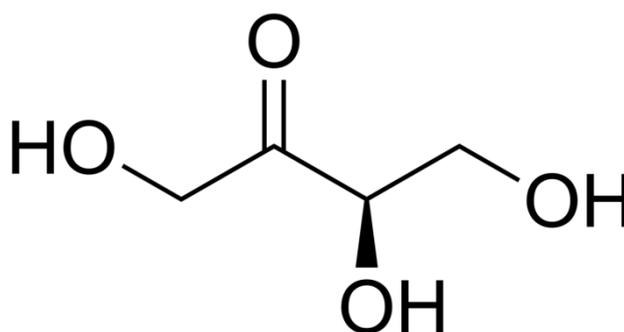
**Figura 6.** Espectro de la radiación solar (Fuente: Mora Ochoa, M. et al. (2010). El sol: ¿enemigo de nuestra piel? *MEDISAN*, 14(6), p. 827).

Es notable la importancia de utilizar productos para alcanzar el bronceado sin exposición a la radiación. En la década de 1970, la FDA añadió la DHA a la lista de ingredientes cosméticos aprobados permanentemente, constituyéndose hasta la actualidad como el único agente autobronceante con aprobación de la FDA de Estados Unidos, de la ANMAT de Argentina y recomendación de la Fundación Americana de Cáncer de Piel, la Asociación de la Academia Americana de Dermatología, la Asociación Canadiense de Dermatología y la Asociación Americana de Medicina. Este ingrediente activo se ha probado exhaustivamente para garantizar su seguridad, confirmándose que solo reacciona en las capas superficiales de la piel.

En 1980, aparecieron en el mercado fórmulas de lociones autobronceantes con este principio activo que generaba un bronceado natural sin manchas. Anteriormente los productos cosméticos destinados al bronceado sin sol producían una coloración artificial anaranjada, manchas en las manos y ropa y un resultado despereado con zonas del cuerpo veteadas con diferentes intensidades de color.

En la actualidad, la DHA es el principal componente activo en todos los productos de autobronceado y se considera el aditivo más eficaz conocido hasta la fecha. Puede utilizarse sola o en combinación con D-eritrosa que es otro componente bronceador.

La D-eritrosa es una cetosa de 4 carbonos con la capacidad de reaccionar con los aminoácidos de la queratina del estrato córneo (capas externas) de la piel. Esta reacción, al igual que en el caso de la DHA, genera la aparición de una coloración marrón temporal como consecuencia de la reacción de Maillard. Dado que la piel se va regenerando constantemente perdiendo las capas más externas de células muertas, el bronceado con D-eritrosa como único componente activo puede durar de 2 a 10 días dependiendo del tipo de aplicación y piel.



**Figura 7.** D-eritrosa – Estructura 2D (Fuente: Merck Millipore).

La D-eritrolosa y la 1,3-Dihidroxiacetona poseen una composición similar y reaccionan del mismo modo en la superficie de la piel. La D-eritrolosa da lugar a un bronceado que tarda 24 a 48 horas en completarse. En cambio, el bronceado por DHA tarda 2 a 4 horas en comenzar a aparecer en la superficie de la piel, la cual continuará oscureciéndose durante las siguientes 24 a 72 horas dependiendo del tipo de producto. Cuando la DHA es el único componente activo la coloración puede durar de 3 a 10 días. Por lo tanto, la tonalidad por D-eritrolosa se alcanza en menor tiempo pero su intensidad disminuye con mayor rapidez y en algunas personas es ligeramente más rojiza debido a la sequedad de la piel. Cuando la D-eritrolosa se combina con DHA, el bronceado resultante es más estable, permanece más tiempo en la piel y le da un mejor color, la tonalidad aparece después de la primera hora de aplicado el producto y permanece con intensidad varios días. Por lo tanto, una fórmula que contenga ambos compuestos es más efectiva, logrando un tono dorado suave que realza el propio de la piel sin aspecto quemado por ser un método progresivo de coloración.

Los polímeros de la DHA no absorben cantidades significativas de luz UV y, son fotoprotectores frente a los rayos UVA, pero no protegen de los rayos UVB. Las personas que utilizan autobronceadores que contienen DHA deben de ser conscientes de que, a pesar de su aspecto bronceado, no están protegidas frente a la radiación solar.

La asociación de autobronceantes con agentes hidratantes es fundamental, ya que la DHA y eritrolosa producen desecación de la piel durante la reacción química, además ayuda a incrementar la intensidad del bronceado. El contenido de agua natural de la piel no es suficiente para que se produzca correctamente la reacción bronceadora. Como cualquier producto cosmético, los ingredientes seleccionados en la formulación deben ser seguros, estables y no interferir en la eficacia del componente activo. Los aditivos comúnmente utilizados son emulgentes que aumentan la estabilidad de la DHA, emolientes, espesantes, conservantes que contrarrestan la contaminación microbiológica, compuestos con nitrógeno, perfumes, filtros solares y pigmentantes como carotenos, extractos de la corteza de los frutos del nogal (naftoquinonas) o polímeros melánicos de origen vegetal para un aspecto más natural del bronceado. Las melaninas de origen vegetal, cooperan con la coloración, a la vez que tienen un efecto protector del sol y antiinflamatorio.

Las formas cosméticas de los autobronceadores que contienen DHA son: cremas, lociones, leches, geles o aerosoles. Las presentaciones más común son en emulsiones oil/water. Además, son más frecuentes las lociones que las cremas por su mayor facilidad en la aplicación sobre la piel, sin embargo, las cremas producen un bronceado más intenso, ya que la capa aplicada es de mayor grosor.

Debido a la elevada solubilidad de la DHA en agua, también son usuales las formulaciones en geles y lociones acuosas o acuosas /alcohólicas.

En todas estas preparaciones, la DHA se encuentra en una proporción entre el 3 – 8% m/m, dependiendo de la intensidad del efecto bronceante que se pretende conseguir. Métodos profesionales de coloración pueden presentar un mayor porcentaje de este componente (8 – 14% en “cabinas spray”). Los productos con menor porcentaje pueden requerir varias capas del mismo para alcanzar la coloración deseada, mientras que los que poseen un mayor porcentaje de DHA, generan un color oscuro con una única aplicación, pero son proclives a crear veteados y tonalidades desiguales. La eritrolosa se presenta en las formulaciones en una proporción entre el 0,5 – 10% en peso.

Los preparados autobronceantes llevan comercializándose desde hace tiempo y únicamente se ha descrito algún caso aislado de alergia a la DHA. Se puede afirmar que por su mecanismo de acción y su ausencia de toxicidad son formulaciones relativamente seguras, ya que una ínfima cantidad de DHA que penetra en la piel está realmente disponible para ser absorbida sistémicamente.

Los individuos sensibles a la DHA pueden sustituirla por eritrolosa, pero esta es más costosa y difícil de obtener. Sin embargo, al presentar ambas una estructura semejante, es común que las personas sensibles a la DHA también lo sean a la eritrolosa. Los casos de sensibilidad descritos no comprueban relación directa con la presencia de dihidroxiacetona en el producto aplicado, sino que también podrían ser una posible causa otros componentes de las cremas autobronceadoras, como los conservantes, los colorantes, las fragancias o los extractos vegetales.

Aunque la eritrolosa parece segura en todos los aspectos, aún no ha sido aprobada por la FDA como agente autobronceante.

### **3.3. MEDICINA**

#### **3.3.1. TRATAMIENTO DEL VITILIGO**

El vitiligo es una alteración crónica de la pigmentación de la piel, de etiología multifactorial. Los factores que se destacan como predisponentes son principalmente inmunológicos, genéticos y neurológicos. Para el individuo que lo padece, tiene una gran repercusión psicosocial negativa.

Su prevalencia en la población mundial es de 0,5 a 1%. Se presenta como un trastorno despigmentario adquirido, caracterizado por la pérdida progresiva de melanocitos en la epidermis que suelen distribuirse simétricamente en las zonas periorificiales (nariz, boca, ojos, etc.), distales (manos, pies, axilas, etc.), y sobretodo, osteoarticulares (rodillas, codos, tobillos, nudillos, etc.).

La piel despigmentada por vitiligo carece de melanocitos en la epidermis y en el infundíbulo del folículo piloso. El tratamiento se basa en la repigmentación mediante la activación y migración de melanocitos desde un reservorio del folículo piloso. Por esta razón, la piel con poco pelo tiende a presentar una menor respuesta al tratamiento (manos y pies), mientras que la dermis de la cara, tronco y extremidades responde mejor. La activación de melanocitos pretende adquirir enzimas para la melanogénesis y estimularlos para que maduren, proliferen y migren hacia las zonas despigmentadas.

Las prácticas médicas más usuales para contrarrestar la enfermedad incluyen fototerapia con radiación UV, inmunomodulación con fármacos y, ante ausencia de respuesta luego de 6 meses de terapia, tratamientos quirúrgicos, entre estos, transferencia de cultivos de melanocitos, injertos de piel y cabello, uso de láseres y despigmentación.

La mayoría de los protocolos de tratamiento para esta enfermedad requieren de largas terapias que dan como resultado una repigmentación parcial. Los profesionales sugieren una pigmentación exógena para camuflar áreas con respuesta deficiente al tratamiento, utilizando agentes bronceadores con DHA en concentraciones entre 2,5 y 6%. Si bien los resultados son transitorios, son importantes para la contención del paciente. El agregado de colorantes naturales como juglona o lawsona, o sintéticos, mejora la tonalidad final.

Las diferentes áreas de piel pueden tomar distintas intensidades de coloración, debido a la variación en espesor de la capa córnea. La coloración se percibe pasadas 3 a 6 horas de la aplicación, y debe repetirse diariamente y varias veces en cada zona para que tonalice de forma homogénea. La coloración se mantiene durante 4 días.

### **3.3.2. TRATAMIENTO DE LA DERMATOMICOSIS**

La DHA podría ser una sustancia prometedora para el tratamiento de la dermatomicosis. Posee propiedades antifúngicas a la concentración utilizada en las lociones bronceadoras artificiales. Por lo tanto, es un potencial agente antifúngico de baja toxicidad de uso tópico.

La actividad antifúngica se comprobó in vitro frente a los dermatofitos y *Cándida spp.*, agentes causantes de la dermatomicosis.

### **3.3.3. TRATAMIENTO DE LA HIPERPIGMENTACIÓN DÉRMICA: ÁCIDO KÓJICO**

El ácido kójico es utilizado en la industria cosmética como agente clarificante de la piel, ya que al ser quelante del cobre inhibe, con gran eficacia, a la enzima tirosinasa responsable de la producción de melanina.

En la industria alimenticia se emplea como inhibidor de las reacciones de oscurecimiento y precursor químico de productos que potencian el sabor. Asimismo, es un compuesto importante en la fabricación de insecticidas y colorantes sintéticos.

Se puede producir con facilidad por métodos microbiológicos, y en la actualidad, se fabrica comercialmente en escala limitada por fermentación fúngica.

Varias especies de *Aspergillus*, *Acetobacter* y *Penicillium* producen ácido kójico a partir de soluciones nutritivas adecuadas donde la dihidroxiacetona es utilizada como fuente de carbono. Este principio activo se ha utilizado con frecuencia en Japón, pero su uso se ha limitado porque puede provocar dermatitis por contacto. Se presenta en preparados de venta libre en concentraciones del 2% al 4%.

### **3.3.4. PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE SANGRE**

La adición de DHA a volúmenes de sangre para su preservación en bancos de almacenamiento da como resultado un incremento en el mantenimiento de los niveles del 2,3-difosfoglicerato, favoreciendo la glucólisis. Además, se fosforila fácilmente a DHAP en eritrocitos por acción de las troquinasas. Esto contribuye a una mejora significativa en la conservación a largo plazo.

## **3.4. INDUSTRIA ALIMENTICIA**

### **3.4.1. SUPLEMENTOS NUTRICIALES**

La forma fosforilada de la DHA, la dihidroxiacetona fosfato (DHAP), es un importante intermediario del metabolismo de la glucólisis. Cuando la DHA se combina con piruvato (DHAP) se obtiene un suplemento nutricional oral para deportistas que potencia la biodegradación de las grasas, incrementa la masa muscular y mejora el rendimiento en actividades de resistencia.

Durante 1990, este producto tuvo un gran auge comercial y fue gradualmente perdiendo mercado frente a los pocos estudios científicos que avalaban su confiabilidad. Además, algunos de los mismos fueron efectuados en situaciones específicas, proporcionando, dosis de DHAP altamente elevadas con respecto a las comerciales, a individuos sin entrenamiento físico. No se comprobó su eficacia en personas activas y deportistas de alto rendimiento.

En su forma monomérica, la FDA aprobó el uso de la dihidroxiacetona con limitaciones. En su Código de Regulaciones Federales restringe su utilización a cosméticos de uso externo destinados únicamente a impartir color en el cuerpo humano. A pesar de esto, la FDA no está autorizada para controlar suplementos dietéticos antes de su comercialización.

Los fabricantes y distribuidores de suplementos dietéticos son responsables de garantizar que sus productos sean seguros.

Si el suplemento contiene un ingrediente nuevo, los fabricantes deben notificar a la FDA acerca de ese ingrediente antes de su comercialización. Sin embargo, la notificación sólo podrá ser revisada por la FDA (no aprobada) y únicamente para determinar su seguridad, y no su eficacia.

Si se produce un problema grave relacionado con su uso, los fabricantes deben informarlo a la FDA como un evento adverso, y ésta puede retirarlos del mercado si confirma que son inseguros o si las afirmaciones sobre los productos son falsas o engañosas.

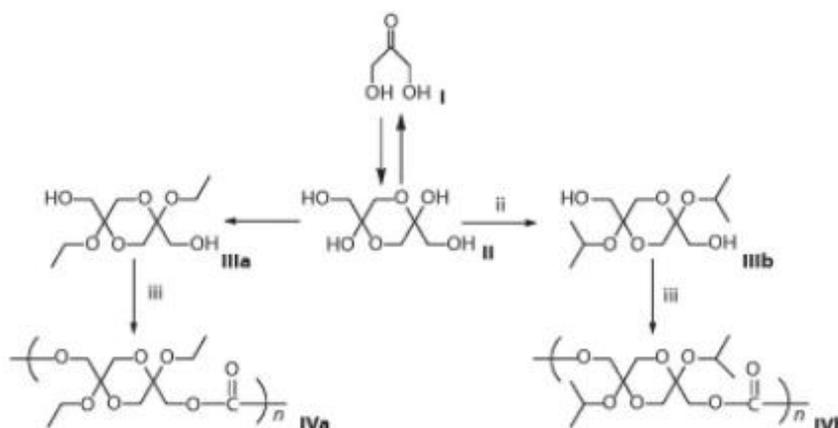
### **3.5. INDUSTRIA QUÍMICA**

En la industria química, la DHA es utilizada como reactivo analítico para la fabricación de sustancia, o como principio activo en proyectos de investigación y desarrollo.

#### **3.5.1. BIOMATERIALES**

Un biomaterial y sus posibles productos de degradación deben ser biocompatibles, no tóxicos y eliminados por el cuerpo al expirar su vida útil. La síntesis de nuevos biomateriales poliméricos a partir de biomoléculas que se producen naturalmente en el organismo humano es importante para el avance de la investigación médica, siendo la DHA un intermediario en el metabolismo de la glucosa de los seres vivos.

En soluciones de dihidroxiacetona no es sencillo efectuar una polimerización dado que su forma monomérica se encuentra en equilibrio con su forma de dímero. A pesar de esta limitación, es posible obtener policarbonatos, poliésteres y poliuretanos mediante reacciones de polimerización catiónica de dihidroxiacetona con ácido p-toluenosulfónico como catalizador y dimetoxitetraoxietileno o dimetilsulfóxido como solvente de reacción.



**Figura 8.** Esquema químico para ilustrar la síntesis de policarbonatos acetales a partir del dímero de dihidroxiacetona.

**I** – Dihidroxiacetona; **II** – dímero de dihidroxiacetona; **IIIa** – 2,5-dietoxi-1,4-dioxano-2,5-dimetanol; **IIIb** – 2,5-diisopropoxi-1,4-dioxano-2,5- dimetanol; **IVa** – policarbonato acetal de IIIa; **IVb** – policarbonato acetal de IIIb (Fuente: Poly(carbonate-acetal)s from Dihydroxyacetone. En J. Wong, et al., *Biomaterials. Principles and practices*).

Se pueden producir, por ejemplo, poliésteres de carbonato estadísticamente aleatorios derivados de ácido láctico, y dihidroxiacetona por polimerización por apertura de anillo, donde se utiliza un grupo protector dimetoxiacetal para estabilizar la dihidroxiacetona. El mismo es eliminado mediante el agregado de yodo elemental y acetona.

## 4. DÍMERO DE 1,3-DIHIIDROXIACETONA – APLICACIONES INDUSTRIALES

### 4.1. INDUSTRIA ALIMENTICIA

El uso del dímero de DHA en comestibles como agente aromatizante fue aprobado en 2007 por el Comité Mixto de la FAO/OMS – JECFA, no presentando riesgos de seguridad en los niveles normales de ingesta según las evaluaciones efectuadas por estos organismos. También fue reconocida como una sustancia GRAS (generalmente segura) por los expertos del FEMA (Flavor & Extract Manufacturers Association), uno de los organismos de control más importantes para la industria alimenticia en Norteamérica.

NIVELES DE INGESTA APROBADOS POR EL FEMA PARA LA 1,3-Dihidroxiacetona	
	Promedio habitual [ppm]/promedio máximo [ppm]
PRODUCTOS HORNEADOS	50/200
CEREAL EN COPOS	120/600
CONDIMENTOS	300/1200
LACTEOS FREEZADOS	80/320
GELATINAS/POSTRES	40/240
SALSA	80/240
CARAMELOS DUROS	300/1200
PRODUCTOS A BASE DE CARNE	20/200
PRODUCTOS A BASE DE LECHE	20/200
VEGETALES PROCESADOS	80/240
SABORIZANTES	400/2400

**Tabla 2.** Niveles de ingesta aprobados por el FEMA para la 1,3-Dihidroxiacetona (Fuente: Smith, R. et al. (2003). GRAS Flavoring Substances. *Food Technology Feature*, 57(5), p. 56).

Como aromatizante/saborizante, la DHA es utilizada como aditivo alimenticio de carácter industrial. Se define como aditivo alimenticio, según el Código Alimentario Argentino, a cualquier sustancia o mezcla de sustancias que directa o indirectamente modifica las características físicas, químicas o biológicas de un alimento a los efectos de su mejoramiento, preservación o estabilización.

Su carácter de inocuidad se fundamenta en que la DHA una vez que ingresa al organismo es rápidamente convertida en DHAP, molécula que participa en varias vías metabólicas (glicolisis, glucogénesis, transporte de glicerofosfato y Ciclo de Calvin en el metabolismo vegetal).

Ciertas patentes describen que el agregado de este compuesto en preparaciones alimenticias incrementa el pardeamiento característico del horneado y tostado, definiéndolo como un componente interesante para mezclas de elaboración de muffins, galletas, tartas, panes y pasteles o para intensificar la tonalidad en carnes y pescados cocidos mediante horneado, fritado, o asado a la parrilla. Su incorporación es recomendable en calentamientos radiantes o por microondas, donde el método de cocción reduce el dorado característico de la reacción en el alimento.

En un proceso de cocción normal, dependiendo las condiciones y el tipo de ingredientes involucrados, los azúcares reducidos reaccionan con los grupos amino de las proteínas o aminoácidos generando polímeros de tonalidad oscura (melanoidinas) y productos de escisión volátiles, siendo el grado de pardeamiento función de la temperatura de la superficie del alimento que se cocina. La incorporación de DHA, por lo tanto, da como resultado una coloración dorada en la superficie del comestible a una temperatura inferior o a un menor tiempo que el habitual.

#### **4.2. INDUSTRIA QUÍMICA – DHA COMO ADITIVO PLASTIFICANTE O SURFACTANTE**

Los plastificantes son aditivos que se incorporan a los plásticos rígidos para aumentar su flexibilidad y durabilidad. Se presentan, en múltiples casos, como solventes con alto punto de ebullición que no se evaporan durante el calentamiento de la pieza plástica. Los de uso habitual, como el ftalato, poseen serias desventajas, como por ejemplo, su toxicidad y persistencia en el ambiente, lo que obliga a buscar alternativas menos agresivas para el mismo efecto.

Los plastificantes derivados de la acetona, como la DHA, son biodegradables, no carcinogénicos, rentables y benignos para el ambiente, como así también, de toxicidad a corto y largo plazo muy baja. La acetona se usa ampliamente como solvente, ya que no daña la atmósfera y es de extrema baja toxicidad.

La 1-Hidroxiacetona y la 1,3-Dihidroxiacetona se pueden dimerizar para formar compuestos cíclicos de alto punto de ebullición. Por lo tanto, es posible producir plastificantes a partir de moléculas de 1-Hidroxiacetona, 1,3-Dihidroxiacetona o sus dímeros, cumpliendo todas las características de un buen aditivo plastificante. Si, además, se le incorpora polietilenglicol, sulfonatos y grupos solubles en agua se obtienen una serie de surfactantes. Sumado a que la adición de grupos fosfato le confiere a la pieza terminada resistencia a la llama.

En la reacción de formación de los compuestos de interés, el grupo 2,5-hidroximetilo de la 1,3-Dihidroxiacetona puede oxidarse a grupos carboxílicos, los cuales dan lugar a diferentes

formas estructurales, por ejemplo ésteres, amidas, éteres, etc. Cualquiera de esas formas estructurales puede ser utilizada como aditivo para plásticos. Otros usos documentados de estas diferentes formas estructurales son en perfumes, productos de tocador y para el cuidado de la piel.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Morantes, M., Bonfante-Álvarez, H., De Avila-Montiel, G., Realpe-Jiménez, A., & Duran-Ariza, J. (julio - septiembre de 2016). Bioconversion of Glycerol to Dihydroxyacetone using a Fed-Batch by a fermentation process with *Gluconobacter Oxydans*. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, Vol. XVII(Núm. 3), Pág. 331 - 341.
- Ácido Kójico. (2018). Obtenido de <http://www.acidokojico.com/>
- American Cancer Society. (2012). *Cáncer de piel: células basales y células escamosas*. Estados Unidos.
- Bodegas Urbina. (2011). *Origen y evolución de las sustancias nitrogenadas en la uva*. Argentina.
- Bonfante-Álvarez, H., & Duran-Ariza, J. (2013). *Aplicación de un proceso fed batch para la bioconversión de glicerol a dihidroxiacetona mediante fermentación con *Gluconobacter Oxydans**. Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias, Colombia: Universidad de Cartagena.
- Ciani, M. (Enero - Diciembre 2016). *Informe Biocombustibles (publicación mensual)*. Ministerio de Agroindustria, Dirección de Agroenergía. Argentina: Presidencia de la Nación.
- Ciani, M. (Enero - Diciembre 2017). *Informe Biocombustibles (publicación mensual)*. Ministerio de Agroindustria, Dirección de Agroenergía. Argentina: Presidencia de la Nación.
- da Silva, G., Marck, M., & Contiero, J. (2009). Glycerol: A promising and abundant carbon source for industrial microbiology. Vol. 27, Pág. 30 - 39.
- Dequin, S. (2014). Glicerol y vinificación. (LALLEMAND, Ed.) *The Wine Expert*.
- Dihidroxiacetona*. (1 de Octubre de 2017). Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Dihidroxiacetona>
- Dra. Díaz, R. G. (30 de Marzo de 2010). Autobronceantes: Belleza y aspecto saludable. Una solución a los efectos de la exposición solar: cáncer y envejecimiento. (L. Bagó, Entrevistador) Argentina.
- EMD Performance Materials Corp. (11 de Febrero de 2015). MSDS Dihidroxiacetona extra pure for cosmetic purposes. Alemania.
- Eritrulosa*. (22 de Julio de 2016). Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Eritrulosa>
- Etchaberry Santamaría, F. (1 de Febrero de 2007). Vitíligo. *EL FARMACÉUTICO*, N° 369, Pág. 74 - 79.
- FAO - OMS. (2008). Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comité del Codex sobre aditivos alimentarios. . *Informe de la 40° reunión del Comité del Codex sobre aditivos alimentarios*. Ginebra, Suiza.
- Farmacéutica Muñoz, M. (Junio de 2004). Autobronceadores. El papel de la dihidroxiacetona. *OFFARM*, Vol. 23(Núm. 6), Pág. 74 - 79.
- FDA. (2017). *73.2150 Dihydroxyacetone*. Title 21, Volume 1, Code of Federal Regulations (CFR), USA.

- FDA. (2017). *Hechos sobre alimentos. Suplementos dietéticos*. USA.
- FDA. (2 de Enero de 2018). *U.S. Food & Drug Administration*. Obtenido de <https://www.fda.gov/>
- Fermentación Kójica*. (2018). Obtenido de Wikipedia:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Fermentaci%C3%B3n\\_K%C3%B3jica](https://es.wikipedia.org/wiki/Fermentaci%C3%B3n_K%C3%B3jica)
- Ferrando, A., & Dulcich, F. (2016). *Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales. Complejo productivo vino y mosto*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Secretaria de Planamiento y Políticas. Argentina: Presidencia de la Nación.
- Fesq, H., Brockow, K., Strom, K., Mempel, M., Ring, J., & Abeck, D. (2001). Dihydroxyacetone in a new formulation. A powerful therapeutic option in vitiligo. . *Dermatology*, Vol. 203(Núm. 3), Pág. 241 - 243.
- Frontera, W., Herring, S., Micheli, L., & Silver, J. (2008). *Medicina deportiva clínica. Tratamiento médico y rehabilitación*. Madrid, España: Elsevier.
- Giraudó, M., Vicente, F., Sánchez Tuero, H., Pavesi, R., Markowski, S., & Scollo, D. (2014). Aminoácidos libres y vinificación. (RUBES, Ed.) *ACE Revista de Enología*.
- Greenea - Broker for waste - based feedstock and biodiesel. (2017). *Market Watch*. Francia.
- Hernández Perez, T., Cohetero Hernández, J., Larque Savedra, M., & Castañeda Briones, M. (2000). Optimización de la producción de ácido kójico por *Aspergillus flavus* utilizando un diseño estadístico centrado compuesto. *Información Tecnológica*, Vol. 11(Núm. 6), Pág. 87 - 92.
- Kerr, H., Pantely, G., Matcalfe, J., & Wlch, J. (1979). Reduction of human blood O<sub>2</sub> affinity using dihydroxyacetone, phosphate and pyruvate. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology.*, Vol. 47(Núm. 3), Pág. 478 - 481.
- Laborit, H. (1975). *Patente nº 3925153*. Paris, France.
- Livingstone Kirk, D. (1965). *Patente nº 3220850*. Colgate - Palmolive Company New York.
- Madrigal Monge, O., Murillo Rojas, M., & Solano Carvajal, L. (2011). *Establecimiento de un cultivo de Gluconobacter Oxydans en un medio rico en glicerol para determinar la producción de DHA*. Ingeniería en Biotecnología. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Merck KGaA. (29 de Agosto de 2012). MSDS Dihidroxiacetona para síntesis. Alemania.
- Mesas, J., & Alegre, M. (1999). El papel de los microorganismos en la elaboración del vino. *CYTA - Journal of Food*, Vol. 2(Núm. 4), Pág. 174 - 183.
- Miller, D., Hong, X., Lira, C., & MacGiveron, O. (2012). *Patente nº 2012/0014889 A1*. US.
- Montoya Castaño, D., & Aragón Caycedo, O. (2010). Bioprocess for adding value to residual glycerol in the production of biodiesel. *Palmas*, Vol. 31(Núm. Especial, Tomo II), Pág. 126 - 135.
- Mora Ochoa, M., Olivares Savignon, A., González Gross, T., & Castro Mela, I. (2010). El sol: ¿enemigo de nuestra piel? *MEDISAN*, Vol. 14(Núm. 6), Pág. 825 - 837.

- National Center for Biotechnology Information. (13 de Enero de 2018). *1,3 - Dihydroxyacetone*. Obtenido de U.S. National Library of Medicine: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dihydroxyacetone#section=Top>
- National Center for Biotechnology Information. (2018). *2,5-Bis(hydroxymethyl)-1,4-dioxane-2,5-diol*. Obtenido de U.S. National Library of Medicine: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1\\_3-Dihydroxyacetone\\_dimer#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1_3-Dihydroxyacetone_dimer#section=Top)
- Olguin, M. (2017). *Los aditivos alimentarios. Aspectos legales relacionados con la inocuidad y la seguridad. Nuevas opciones*. Bromatología y Nutrición. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Universidad Nacional del Rosario.
- OPIS. (2017). Pricing, News and Analysis for Buying and Supplying Ethanol - Blended Fuel and Biodiesel. *Ethanol & Biodiesel Information Service., Vol. 14*(Núm. 10), Pág. 1 - 17.
- Ortega Rojo, A., Gracia Romero, M., & Lacy Niebla, R. (Octubre - Diciembre de 2009). El vitiligo y su repigmentación. *Dermatología cosmética, Médica y Quirúrgica, Vol. 7*(Núm. 4), Pág. 270 - 279.
- Phelan, G., & Carlson, W. (2014). *Patente nº 8691198 B2*. US.
- Putnam, D. (2009). Dihydroxyacetone - Based Polymers. En T. Derosa, *Patent Applications. A tool for identifying advances in polymer chemistry R & D*. New Jersey: Wiley.
- Rajatanavin, N., Suwanachote, S., & Kulkollakarn, S. (2008). Dihydroxyacetone: a safe camouflaging option in vitiligo. *International Journal of Dermatology, Vol. 47*(Núm. 4), Pág. 402 - 406.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2018). Obtenido de Ministerio de Defensa. Presidencia de la Nación Argentina.: <https://www.smn.gob.ar/>
- Sigma-Aldrich. (24 de Enero de 2018). MSDS Dihidroxiacetona UPS.
- SINC. La ciencia es noticia. (2014). Las bacterias de la uva y del vino., al descubierto por su ADN.
- Smith, R., Cohen, S., Doull, J., Feron, V., Goodman, J., Marnett, L., y otros. (2003). GRAS Flavoring Substances. *Food Technology Feature, Vol. 57*(Núm. 5), Pág. 46 - 59.
- Sociedad Argentina de Dermatología. (2005). Consenso sobre Vitiligo. Argentina.
- Stopiglia, C., Vieiria, F., Mondadori, A., Oppe, T., & Scroferneker, M. (2011). In vitro antifungal activity of dihydroxyacetone against causative agents of dermatomycosis. *Mycopathologia, Vol. 171*(Núm. 4), Pág. 267 - 271.
- The Jacobsen. (2017). *Biodiesel Bulletin*. Estados Unidos.
- Weiser, J., Zawaneh, P., & Putnam, D. (2011). Poly(carbonate.ester)s of dihydroxyacetone and lactic acid as potential biomaterials. *Biomacromolecules, Vol. 12*(Núm. 4), Pág. 977 - 986.
- Wolf, Goldsmith, Katz, Gilchrest, Paller, & Leffell. (2009). *Fitzpatrick. Dermatología en Medicina General. 7a edición*. (Vol. 4). Editorial Médica Panamericana.

Wong, J., Bronzino, J., & Peterson, D. (2013). Poly(carbonate-acetal)s from Dihydroxyacetone. En *Biomaterials. Principles and practices*. Boca Raton: CRC Press.

World Health Organization - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2007). *Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants*. Geneva.

World Health Organization - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). *Who Food Additives Series: 59 - Safety evaluation of certain food additives and contaminants*. Geneva, Suiza: IPCS (Internatinal Programme of Chemical Safety).

Zelikin, A., Zawaneh, P., & Putnam, D. (2006). A fuctionalizable biomaterial based on dihydroxyacetone, an intermediate of glucose metabolism. *Biomacromolecules*, Vol. 7(Núm. 11), Pág. 3239 - 3244.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Definir los lineamientos estratégicos del comercio internacional de la DHA. Analizar la factibilidad económica del proyecto con el fin de sustituir un porcentaje de las importaciones nacionales. Determinar la cantidad y el precio del producto a fabricar en función de la demanda estimada. Fundamentar la posibilidad de una expansión futura hacia mercados limítrofes.

## 2. RESUMEN

El capítulo comprende un análisis de la demanda anual argentina de 1,3-Dihidroxiacetona con el objeto de justificar la viabilidad del proyecto de instalación de una planta de obtención biotecnológica del compuesto utilizando como materia prima glicerol, un residuo de la producción del biodiésel. Para ello, se realizó una vasta investigación del mercado nacional y limítrofe.

## 3. CONCLUSIONES

Se estima que para el año 2023, la planta en proyecto produzca y venda 52.615,3 Kg anuales de DHA sólida a 135,65 dólares el kilo para abastecer un 40% del mercado argentino y un 20% del uruguayo. El ingreso anual será de 7.137.276,99 dólares, lo que equivale a un promedio de 594.773,08 dólares mensuales.

En Argentina, la ausencia de producción nacional será una ventaja frente a la competencia, ya que permitirá entregar un producto de calidad en un menor tiempo y a un costo más económico debido a la ausencia de gastos de comercio exterior. En el territorio uruguayo no se cuenta con este beneficio.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo II. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO III: MATERIA PRIMA

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Analizar la materia prima para llevar a cabo el proceso de fabricación industrial de la 1,3-Dihidroxiacetona monomérica al 98% para uso en cosmética. Estimar la disponibilidad de la misma y determinar sus posibles proveedores.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo analiza al glicerol como materia prima para la producción biotecnológica de la 1,3-DHA. La glicerina (mezcla con alta concentración de glicerol) es un subproducto de la industria del biodiésel de bajo costo y alta disponibilidad. Su cantidad anual disponible fue determinada a partir de los datos de producción de biodiésel emitidos por el Ministerio de Energía y Minería.

## 3. CONCLUSIÓN

La glicerina cruda es una materia prima viable para la fabricación de la 1,3-DHA monomérica al 98%. Las plantas proveedoras de la misma en Argentina son 34, las cuales en su mayoría se ubican en la provincia de Santa Fe. La producción anual del país fue de 287.144 Tn durante 2017 y se espera que sea de 398.899 Tn en el año 2023. El precio por Kg será para esa fecha de 0,46 U\$S (si se considera la situación económica más desfavorable).

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo III. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO IV: UBICACIÓN DE LA PLANTA

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Determinar la ubicación geográfica de la planta de producción de 1,3-Dihidroxiacetona monomérica al 98% para uso en cosmética, según el análisis de ciertas variables significativas para el proceso.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo determina la ubicación potencial favorable para la construcción de una planta biotecnológica de 1,3-DHA, la cual surge de un extenso análisis que refleja la comparación de distintas provincias argentinas y parques industriales según criterios de relevancia para el proceso industrial.

El Parque Industrial San Lorenzo resulta óptimo, ya que satisface una mayor cantidad de variables entre las que se incluye no solo las esenciales, como la cercanía a la materia prima, el suministro de agua, gas y electricidad, vías de acceso para ingreso y egreso de productos y costo moderado del terreno, sino también ofrece áreas de esparcimiento internas, deportes y comercios para un bienestar de los trabajadores durante la jornada.

## 3. CONCLUSIÓN

La Provincia de Santa Fe se caracteriza por ser una de las mayores productoras de biocombustibles en el país, motivo por el cual resulta ser una ubicación estratégica para la construcción de una planta de DHA que utiliza como materia prima el residuo de la obtención industrial del biodiésel. Su localización central en el territorio argentino y su conectividad con puertos y aeropuertos permite el fácil acceso de transportes de carga de procedencia nacional e internacional.

El Parque Industrial San Lorenzo, emplazado en el Departamento de Rosario, garantiza no solo servicios esenciales que posibilitan el adecuado desarrollo del proceso productivo, sino también, un conjunto de servicios complementarios, a diferencia de otros parques industriales, que favorecen el confort de los trabajadores durante la jornada laboral. Además, el área fue diseñada con el propósito de reducir el impacto ambiental que generan las actividades industriales, contando con plantas de tratamiento de efluentes y una recolección clasificada de residuos para su posterior reciclaje.

Pero no son las únicas ventajas que lo distinguen de otros espacios, a los beneficios impositivos que ofrece por ley el gobierno de la provincia, se le adicionan tasas preferenciales de servicios y una disminución en los costos de materias primas e insumos por la generación de economías de aglomeración.

Por sus características, el Parque Industrial San Lorenzo es una posición específica de relevancia para el desarrollo del proyecto en cuestión y la futura zona de emplazamiento del mismo.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo IV. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO V: PROCESO DE FABRICACIÓN

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Determinar la secuencia de operaciones necesarias para producir industrialmente 1,3-Dihidroxiacetona monomérica al 98% con fines cosméticos.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo determina las operaciones necesarias para obtener 1,3-DHA al 98% por vía biotecnológica empleando la cepa *Gluconobacter Oxydans*. La secuencia de las mismas contempla la inestabilidad del glicerol frente a cambios de pH y temperatura y la inhibición de la bacteria por incremento de sustrato y producto.

Dado que el destino final del producto es la industria cosmética se incluye un proceso de refinamiento de la glicerina a grado USP para eliminar, entre otros contaminantes, el metanol, residuo de la transesterificación del biodiésel.

## 3. CONCLUSIÓN

El proceso diseñado para la obtención del producto de interés permite alcanzar la pureza requerida si se efectúa previamente una purificación de la materia prima a grado USP. Además, las condiciones de operación no ponen en riesgo la estabilidad de la glicerina ni de la DHA. Igualmente es necesario un control del pH durante la operación, y de los niveles de sustrato y producto para disminuir los efectos inhibitorios de la bacteria.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo V. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO VI: INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Determinar los parámetros físicos necesarios (temperatura, presión) para desarrollar la secuencia de operaciones descritas en el capítulo anterior. Establecer los rendimientos alcanzados y los tiempos involucrados en cada etapa. Instaurar los límites de inhibición por sustrato y formación de producto.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo comprende el desarrollo del proceso con sus rendimientos, tiempo de residencia y condiciones de presión y temperatura. Además, del análisis de las temperaturas críticas que provocan la degradación de la DHA y la glicerina, y de las situaciones límites que conducen al cese del crecimiento de la bacteria.

## 3. CONCLUSIÓN

El capítulo incluye un completo análisis de las variables del proceso, con el objeto de tomar decisiones fundamentadas acerca de las condiciones de diseño y operación. Es importante tener en cuenta la inhibición de la bacteria frente a concentraciones elevadas de sustrato y/o producto y la influencia de la temperatura y el pH en su cinética. Además, es necesario considerar condiciones de presión y temperatura de trabajo que no afecten la estabilidad de la glicerina y la DHA.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo VI. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO VII: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO

### A: BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Determinar el balance de masa y energía de los equipos que intervienen en el proceso de producción del compuesto. Establecer las condiciones necesarias para el diseño de los equipos.

## 2. RESUMEN

El proceso descrito en el capítulo anterior se divide en 2 etapas: un ciclo inicial destinado a la purificación de la materia prima y posteriormente, uno realizado con el objeto de producir el compuesto de interés, dihidroxiacetona.

El mecanismo de obtención de la dihidroxiacetona se divide en dos fases: una que se efectúa a escala de laboratorio con el propósito de reproducir la cepa y otra a escala industrial, la cual contempla las operaciones necesarias para sintetizar DHA con el nivel de pureza requerido.

El presente capítulo comprende el cálculo de los balances de masa y energía de todos los equipos que intervienen en el proceso y el análisis de los tiempos de producción.

## 3. CONCLUSIÓN

En este capítulo se presentó un completo análisis de los flujos de materia y energía, con el objeto de efectuar, posteriormente, los diseños correspondientes.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo VII A. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO VII: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO

### B: INGENIERÍA BÁSICA

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Determinar el diseño de los equipos que intervienen en el proceso de producción del compuesto. Establecer las especificaciones necesarias para su construcción.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo comprende el diseño mecánico y térmico de los siguientes equipos: la columna de destilación flash P-5/V-101 (perteneciente al proceso de purificación de la glicerina), el intercambiador de calor LAB-0/HX-101 y el fermentador IP-2/FR-101 (ambos vinculados a las etapas de producción de la DHA).

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo VII B. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO VII: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO

### C: CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Diseñar el lazo que controla la temperatura en el intercambiador de calor LAB-0/HX-101.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo contempla el diseño de un sistema de control automático de la temperatura en uno de los intercambiadores de calor del proceso

El intercambiador de calor LAB-0/HX-101 enfriará la corriente de glicerina (S-112), proveniente de la etapa de purificación, para alcanzar la temperatura necesaria para desarrollar la prefermentación de manera segura. Es importante destacar, que cualquier variación brusca de temperatura en la salida del intercambiador (S-113) afectará de manera significativa la viabilidad de la bacteria involucrada.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo VII C. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO VIII: SERVICIOS AUXILIARES

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V - PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Determinar el consumo de los servicios auxiliares para un ciclo de producción.

## 2. RESUMEN

El Parque Industrial San Lorenzo, sitio de emplazamiento del proyecto en cuestión, asegura el suministro de los siguientes servicios básicos: electricidad de baja y media tensión, agua corriente potable y gas natural.

Pero, la planta industrial también requiere ciertos servicios auxiliares indispensables para el correcto funcionamiento de las unidades que tienen involucradas procesos químicos y operaciones de transferencia de calor.

El presente capítulo determina el consumo en el proceso de los siguientes servicios auxiliares: agua de enfriamiento, vapor, agua potable, gas natural, energía eléctrica y aire comprimido.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo VIII. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO IX: LAYOUT

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Determinar las dimensiones de los tanques de almacenamiento de materia primas y de los equipos de proceso que no fueron diseñados en el capítulo anterior. Presentar el plano de la planta respetando las distancias de seguridad requeridas.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo presenta el dimensionamiento de los equipos de proceso y los tanques de almacenamiento y el layout de la empresa.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo IX. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO X: SEGURIDAD E HIGIENE

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Establecer las acciones necesarias para garantizar la seguridad del personal, la higiene y el cuidado del medio ambiente en todas las actividades de la Compañía.

Asegurar un desempeño en las tareas con el compromiso suficiente para alcanzar la integración de las personas, el medio ambiente, los equipos y las operaciones, trabajando desde la prevención y concientización de todos los involucrados.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo comprende la estructura y los lineamientos generales para la implementación de un Sistema de Seguridad e Higiene que cumpla con los requisitos establecidos en el Decreto 351/79 y en la Ley 24.557.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo X. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO XI: SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Analizar los beneficios que surgen de la implementación de un sistema integrado de gestión. Determinar las condiciones necesarias para la certificación de las normas involucradas.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo comprende la estructura y los lineamientos generales para la implementación de un sistema integrado de gestión que cumpla con los requisitos establecidos en las normas internacionales ISO: 9001, 14001 y 45001, bajo las cuales estará certificada la planta de producción.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo XI. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO XII: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Analizar el impacto ambiental de las actividades industriales efectuadas. Registrar los efluentes generados en las etapas productivas.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo comprende la Evaluación de Impacto ambiental del proyecto en cuestión.

## 3. CONCLUSIÓN

Las medidas de mitigación ambiental, constituirán el conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de los impactos ambientales negativos que se produzcan, a fin de asegurar el uso sostenible de los recursos naturales involucrados y la protección del medio ambiente. En base a la evaluación efectuada, la mayoría de éstas tenderán fundamentalmente a controlar y evitar las situaciones indeseadas.

El proyecto en cuestión, no presenta aspectos ambientales significativos que impidan su ejecución. Por lo tanto, los aspectos estudiados con ponderación negativa baja o media deberán ser mitigados.

La evaluación ambiental resultó positiva, por su bajo perjuicio al ambiente. Pero, además, cabe aclarar, que la fabricación del producto favorecerá al medio al emplear como materia prima un residuo de otra industria.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo XII. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

---

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO XIII: EVALUACIÓN ECONÓMICA

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## 1. OBJETIVOS

Efectuar un estudio económico proyectado de la empresa, determinar su factibilidad mediante el análisis de los ingresos y egresos de capital, de la capacidad de solventar deudas contraídas y, a su vez, de generar ganancias.

## 2. RESUMEN

El presente capítulo comprende la Evaluación Económica del proyecto en cuestión. El análisis económico será la herramienta esencial para determinar la viabilidad concreta del proyecto en sus distintas etapas y su sustentabilidad en el mediano y largo plazo.

La realización de un análisis económico es fundamental para evaluar distintos aspectos vinculados con el proyecto y su evolución. El mismo permitirá:

- conocer, en detalle, los costos involucrados en la ejecución del mismo,
- identificar la necesidad de capital externo para la inversión,
- proyectar las ventas potenciales.

El modelo adoptado para determinar la factibilidad económica del proyecto, contemplará el análisis de:

1. Presupuesto de inversiones
2. Presupuesto económico
3. Presupuesto financiero
4. Indicadores económicos

## 3. CONCLUSIONES

El proyecto es rentable en el período de 12 años. Si bien tiene una inversión significativa, el mismo la recuperará en 4,2 años.

### NOTA

El desarrollo del presente capítulo se encuentra contenido en los anexos del capítulo XIII. Para más información, consultar, este documento, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda o contactar a la autora de este trabajo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



# PRODUCCIÓN DE 1,3-DIHIDROXIACETONA A PARTIR DE GLICEROL

Proceso de fermentación oxidativa del glicerol  
por acción de la cepa *Gluconobacter Oxydans*

## CAPÍTULO XIV: RESUMEN EJECUTIVO

**ALUMNA: MARIANA SOLEDAD GARCÍA**

**CÁTEDRA: INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL**

**PROFESOR CONSULTOR: ING. HIPÓLITO CHOREN**

**PROFESOR TITULAR: ING. ALBERTO FLORIO**

**JTP: ING. PABLO LORENZO**

**AUXILIAR: ING. DAMIÁN ESQUIVEL**

## RESUMEN EJECUTIVO

La empresa Pharma Quality producirá 1,3-Dihidroxiacetona al 98% (CAS N°: 96-26-4) por método biotecnológico empleando glicerina al 80% como materia prima. El producto es de distinguido interés, ya que carece de producción nacional.

El proceso involucra una fermentación oxidativa de la glicerina empleando la bacteria *Gluconobacter Oxydans* como catalizador.

La materia prima es económica, ya que es parte del residuo de la producción de biodiésel. Su costo de obtención es 0,46 U\$S/Kg, mientras que el del producto terminado es de 60,08 U\$S/Kg.

Se planea que la planta estará en funcionamiento en el año 2023 y tendrá una producción anual de 52.615,3 Kg/año a un precio de venta de 135,7 U\$S/Kg, con una ganancia de U\$S 2.982.213 el primer año.

El mercado de interés representará un 40% del consumo de Argentina y un 20% del de Uruguay. Se propone un incremento del mismo del 3% en el ámbito nacional y 1,5% en el internacional.

Para alcanzar esto, será necesaria una inversión inicial de U\$S 12.462.199, de los cuales U\$S 6.5604.870 serán obtenidos por préstamo del banco, U\$S 4.984.808 por aportes de socios y el resto será capital propio de la dirección.

Los siguientes indicadores demuestran la amplia rentabilidad del proyecto en cuestión:

- VAN: 19.001.869,4
- TIR: 24,8%
- CMPC: 5,6%
- PRI: 4,2 años