

# LECHE SIN VACAS: UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE DE PRODUCCIÓN A PARTIR DE FERMENTACIÓN

## COW-FREE MILK: A SUSTAINABLE PRODUCTION ALTERNATIVE FROM FERMENTATION

Juan Bautista-Romero, Uriel Alejandro Contreras-Rodríguez, Gloria Odalis  
Martínez-Luna

Licenciatura en Biotecnología  
Facultad de Ciencias Biológicas

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

[juan.bautistar@alumno.buap.mx](mailto:juan.bautistar@alumno.buap.mx); [uriel.contreras@correo.buap.mx](mailto:uriel.contreras@correo.buap.mx);  
[gloria.martinezlu@alumno.buap.mx](mailto:gloria.martinezlu@alumno.buap.mx)

### Resumen

Actualmente, la industria láctea representa más de 10% de la contaminación mundial debido a las grandes cantidades de agua que utiliza y también a las grandes cantidades de metano que las vacas expelen al medio. Como consecuencia, se están buscando alternativas para que el impacto de esta industria en el medio ambiente disminuya. Uno de los métodos más innovadores es la producción de proteínas pertenecientes a la leche, como la caseína, a partir de procesos de fermentación realizados por levaduras. Así, este artículo presenta una revisión de la literatura sobre la producción de lácteos a base de cultivos celulares como una alternativa a la leche de vaca, con un enfoque en leche producida a partir de la fermentación por levaduras.

**Palabras clave:** Fermentación, leche, sustentable, biotecnología, levadura.

### Abstract

Nowadays, the dairy industry accounts for more than 10% of global pollution due to the large amount of water it uses and the large amount of methane that cows expel to the environment. As a result, different alternatives are being sought to diminish the impact of this industry on the environment. One of the most innovative methods is the production of proteins that belong to milk, such as casein, from fermentation processes carried out by yeasts. Thus, this paper presents a literature review about dairy products based on

cell cultures as an alternative to cow milk and an approach on milk produced from yeast fermentation.

**Keywords:** Fermentation, milk, sustainable, biotechnology, yeast.

## Introducción

La biotecnología es la aplicación tecnológica de sistemas biológicos, organismos vivos o compuestos derivados de estos para la modificación o producción de bienes o servicios, y se ha utilizado desde las civilizaciones antiguas en la elaboración de pan, vino, cerveza, queso, yogurt, etc.

Durante los últimos años, sin embargo, la ciencia ha evolucionado y mejorado de manera considerable, principalmente en el área de las ciencias biológicas con el uso de nuevas técnicas en biología molecular, las cuales han tenido un fuerte impacto en todas las áreas con las que se relaciona. Entre estos nuevos avances está el uso de las ciencias “ómicas”, como la genómica, la proteómica y la bioinformática, para así facilitar la resolución de problemas y brindar un bien o servicio en menor tiempo, a menor costo y con alta calidad (Serrano *et al.*, s.f.).

El uso de estas nuevas ciencias o técnicas ha impactado en diversas áreas de la industria, desde la producción animal, tal como en el área de los lácteos, hasta otras áreas donde antes parecía imposible su aplicación. Un ejemplo claro, de lo anteriormente mencionado, es la modificación genética de microorganismos, como bacterias, levaduras, hongos, etc., para mejorar algún producto, ya sea sabor, aroma o valor nutricional mediante la expresión de proteínas o enzimas. A partir de esto, se han generado quesos para personas intolerantes a la lactosa, quesos para personas diabéticas, quesos con probióticos, etc. La manipulación genética permite desarrollar productos con un valor nutricional agregado y de mejor calidad a partir de la leche y sus derivados (Carvajal *et al.*, s.f.).

La leche de vaca es un alimento consumido por la gran mayoría de los seres humanos a cualquier edad, por lo cual es un alimento que genera una gran demanda, además del

alto valor nutricional de cada uno de sus componentes y, por consiguiente, se considera un alimento esencial en la dieta diaria de niños y ancianos.

Los seres humanos aprovechan la leche para la alimentación, ya sea de manera directa o transformándola en otros productos, por ejemplo, queso, yogurt, entre otros (“Composición nutricional de la leche de ganado vacuno”, 2005).

Debido al aumento demográfico aumenta la demanda de este alimento de manera exponencial y, por consiguiente, se necesitan formas modernas para su producción intensiva (“La ganadería y el medio ambiente |FAO| Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,” s.f.). Como consecuencia, la producción ganadera intensiva genera gases de efecto invernadero que contribuyen al problema mundial del cambio climático (“El impacto de la ganadería en el medio ambiente y la seguridad humana global |ICALP| Derecho Animal”, n.d.). Debido a la gran demanda que genera y sus distintos usos, actualmente, con las nuevas tecnologías en biología molecular, se plantea generar leche a partir de organismos modificados genéticamente y dejar a un lado la forma tradicional para generar ventajas, como la producción en mayores cantidades, la disminución del impacto ambiental y la generación de un producto con valor nutricional agregado (Imura, 1985).

En esta revisión de la literatura abordaremos temas como la producción tradicional de leche, los componentes de la leche, el impacto ambiental que genera y, posteriormente, los microorganismos con fines de producción de leche, así como una perspectiva futura sobre el uso de estas tecnologías.

### **Leche y Su Producción Actual**

La leche es un fluido de color blanco y opaco, con un sabor dulce y aroma característicos, además de una consistencia uniforme, es decir, sin grumos. Se obtiene de manera natural del ordeño de las vacas (Imura, 1985) y es el producto normal de la secreción de la glándula mamaria de estos mamíferos (García, Montiel y Borderas, 2014).

La leche de vaca es un alimento importante en la alimentación humana por su gran valor nutricional que se debe a dos de sus componentes: el primero es la fracción lipídica, que

está conformada principalmente por ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, y el segundo es la fracción proteica, donde se encuentran las caseínas, que son las proteínas presentes en el lactosuero, y las proteínas de la membrana del glóbulo graso (García *et al.*, 2014).

Los principales componentes de la leche y sus proporciones son: agua (90%); proteína (2.8-3.0%); grasa (2.9-3.3%); lactosa (3.6-5.5%); vitaminas A, B1, B2, C y D; y minerales como calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, entre otros. Estos últimos componentes se encuentran en concentraciones menores (Imura, 1985).

### **Composición de la Leche**

La leche es una mezcla compleja de distintas sustancias (“Composición nutricional de la leche de ganado vacuno,” 2005), ya sea en forma de suspensión/emulsión o en solución verdadera (Imura, 1985). A continuación, abordaremos cada uno de sus componentes.

#### **Proteínas**

Las proteínas son macromoléculas formadas por pequeñas unidades llamadas aminoácidos. Actualmente, se sabe que más de 25 aminoácidos componen la leche, de ahí su gran valor nutricional y por ello su importancia de consumo desde el nacimiento y durante el crecimiento. Se conocen cuatro tipos de proteínas: caseína, albúmina, globulina y proteínas de membrana, de las cuales la caseína es la de mayor proporción hasta en un 80% y es de vital importancia para la elaboración de los quesos (Imura, 1985).

La caseína es la proteína más abundante y característica de la leche, puesto que no está presente en otros alimentos. La albúmina es la proteína que sigue a la caseína (“Composición nutricional de la leche de ganado vacuno”, 2005).

#### **Grasa**

Las grasas pertenecen al grupo de los ésteres, es decir, están compuestas por alcoholes y ácidos. La grasa de la leche es una mezcla de distintos ácidos grasos, llamados triglicéridos, que están compuestos por una molécula de glicerol unido a tres ácidos

grasos, los cuales están en una proporción de 90% de la grasa presente en la leche (Imura, 1985).

## **Agua**

El agua es la fase dispersante, es decir, los glóbulos grasos y los componentes de mayor tamaño están en forma de emulsión o suspensión (“Composición nutricional de la leche de ganado vacuno”, 2005).

## **Minerales**

La leche contiene minerales como sodio, potasio, magnesio, calcio, entre muchos otros. Estos están presentes en muy pequeñas cantidades.

## **Levaduras**

El uso de las levaduras se remonta a la antigüedad cuando diferentes culturas y civilizaciones las usaron sin saberlo en la elaboración de diversos productos fermentados como pan y bebidas alcohólicas. Con el paso del tiempo y debido a los avances científicos, se descubrió que ciertos microorganismos eucariotas son los responsables del proceso conocido como fermentación. A estos microorganismos se les clasificó como hongos y recibieron el nombre de levaduras.

Por sus características, las levaduras se utilizan en una gran cantidad de procesos industriales, la mayoría de los cuales están enfocados a la industria alimentaria, donde se usan para la elaboración de bebidas alcohólicas, yogurt, pan, etc.

En la actualidad, se conocen más de 700 especies de levaduras (Wolf, 1996), pero se conocen muy pocas de una manera cotidiana. Una de las especies más usadas hoy día es *Saccharomyces cerevisiae*, la cual es reconocida como un microorganismo eucariota ideal para estudios biológicos (Sherman, 1991). Esta especie se emplea principalmente en la elaboración de cerveza, ya que se encarga de realizar la fermentación alcohólica. Existen otros tipos de levaduras que también pueden ser utilizadas para la elaboración de bebidas alcohólicas, las cuales se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Levaduras relacionadas con la obtención de bebidas alcohólicas. Extraída de ACE (n.d.). Recuperada el 14 de noviembre de 2019 de [http://www.acenologia.com/correspondencia/levaduras\\_vinicas\\_cor0214.htm](http://www.acenologia.com/correspondencia/levaduras_vinicas_cor0214.htm).

Género	Especies y/o Denominaciones antiguas	Denominación actual según: Kreger van Rij, 1984; Barnett, 1992; Martini, 1993 & Fell, 1998	Hábitat o adaptaciones	
<i>Saccharomyces</i>	<i>cerevisiae</i>	<i>cerevisiae</i>	Mayor resistencia a anaerobiosis y alcohol	
	<i>beticus</i>	<i>cerevisiae</i>		
	<i>capensis</i>	<i>cerevisiae</i>		
		<i>chevalieri</i>	<i>cerevisiae</i>	Capacidad para terminar la vinificación
		<i>ellipsoideus</i>	<i>cerevisiae</i>	
		<i>oviformis</i>	<i>cerevisiae</i>	
		<i>bayanus</i>	<i>bayanus</i>	
		<i>uvarum</i>	<i>bayanus</i>	
		<i>fermentati</i>	<i>torulaspora delbrueckii</i>	
	<i>roseli</i>	<i>torulaspora delbrueckii</i>		
<i>Hanseniaspora</i>	<i>uvarum</i>		Apiculada típica de las cáscaras de uva en la viña	
<i>Kloeckera</i>	<i>apiculata</i>		Apiculada, forma anamorfa de <i>Hanseniaspora</i>	
<i>Hansenula</i>	<i>anomala khuyveri</i>	<i>pichia anomala</i>	En cáscaras de uvas y con aireación. Aumenta población en mostos aireados	
		<i>pichia khuyveri</i>		
<i>Pichia</i>	<i>khuyveri</i>		En cáscaras de uvas. Pueden formar flor en vino	
	<i>membranofaciens</i>			
<i>Candida guilliermondii</i>	<i>guilliermondii</i>		En mostos aireados, inicio de fermentación	
	<i>krusei</i>			
	<i>stellata</i>			
<i>Cryptococcus</i>	<i>albidus</i>		En uvas	
<i>Debaromyces</i>	<i>hansenii</i>		En uvas	
	<i>anomalus</i>			
<i>Brettanomyces</i>	<i>bruxellensis</i>	<i>brettanomyces bruxellensis</i>	Típicos contaminantes de vinos en barricas y en bodega	
	<i>intermedius</i>			
	<i>anomala</i>			
<i>Dekkera</i>	<i>bruxellensis</i>		Anamorfa de <i>Brettanomyces</i> . También contaminante	
	<i>marxianus</i>			
<i>Khuyveromyces</i>	<i>thermotolerans</i>		Buena fermentadora	
<i>Metschnikowia</i>	<i>pulcherrima</i>		En uvas	
<i>Rhodotorula</i>	<i>glutinis</i>		En uvas	
<i>Saccharomycodes</i>	<i>ludwigii</i>		En uvas	
<i>Schizosaccharomyces</i>	<i>pombe</i>		Fermentan el ácido málico a alcohol. Desacidificación	
	<i>japonicus</i>			
<i>Torulaspora</i>	<i>delbrueckii</i>		Osmotolerantes. Ideales para vinos muy dulces	
<i>Zygosaccharomyces</i>	<i>bailii</i>		Contaminantes de jugos y vinos. Resisten a varios conservantes	
	<i>florentinus</i>			
	<i>bisporus</i>			
	<i>rouxii</i>			

## Modificación Genética de las Levaduras

Con el avance de la biología molecular se ha logrado alterar el genoma de diferentes especies de levaduras para aplicarles técnicas de ingeniería genética que las modifiquen y mejoren en la obtención de un nuevo producto.

Estas técnicas consisten en alterar el genoma de las levaduras al reemplazar las secuencias cromosómicas normales con derivados mutados producidos *in vitro* y crear moléculas de ADN que se comporten como replicones autónomos o minicromosomas (Struhl, K., 1983).

## **Leche Sin Vacas Obtenida de Fermentación de Levaduras Modificadas Genéticamente**

De acuerdo con lo ya establecido en los apartados anteriores, la solución que plantea un grupo de científicos estadounidenses es generar un producto con todas las características, como olor, sabor y textura de la leche de las vacas, pero sin las vacas. La técnica consiste en obtener cada uno de los componentes de la leche por fermentación de levaduras modificadas y, después, mezclarlos todos para obtener el producto. De esta manera, se obtienen productos de origen animal, pero sin animales, es decir, a partir de cultivos celulares.

Para elaborar las proteínas de la leche a partir de levaduras, en lugar de vacas, a las levaduras se les insertan los genes de las proteínas de la caseína y el suero a las células de las levaduras (“Perfect Day Foods–Nueva cosecha,” s.f.).

Las levaduras se pueden cultivar en grandes tanques de acero inoxidable (fermentadores) para preparar la leche. El cultivo iniciador de levadura consume azúcares simples para producir exactamente las proteínas lácteas que produciría una vaca. El proceso de levadura que consume azúcar para hacer un producto diferente se llama fermentación. Después de que se hayan producido suficientes proteínas de la leche, la mezcla de levadura y proteína de la leche se separa, por lo que sólo quedan las proteínas de la caseína y el suero (“Cómo y por qué esta empresa emergente está produciendo leche sintética” s.f.).

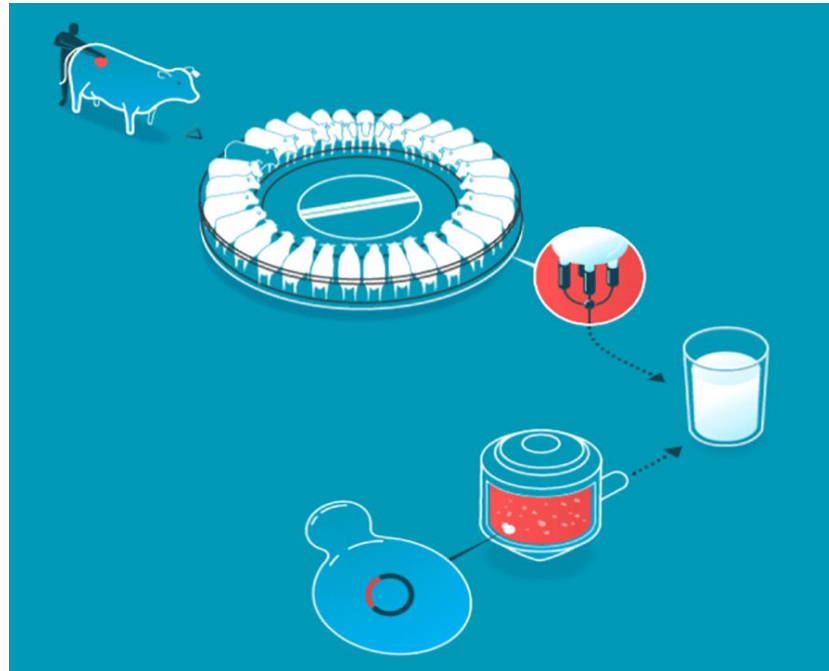
Este grupo de científicos utiliza levaduras modificadas para producir seis proteínas importantes que proporcionan la textura y plantas para cosechar los ocho ácidos grasos que contribuyen al sabor. Posteriormente, agregan azúcares, minerales y agua.

De esta manera, la composición puede modificarse para eliminar componentes que sean dañinos, como colesterol y hormonas. Asimismo, se puede producir leche sin lactosa, puesto que 75% de la población mundial es intolerante a la lactosa.

Sin embargo, existe la desventaja de que este producto se venda al doble de precio de la leche de vaca al salir al mercado, pero se espera que este precio baje rápidamente



con la demanda del producto (“Cómo y por qué esta empresa emergente está produciendo leche sintética” s.f.).



**Figura 1.** La leche se obtiene del ordeño de las vacas lactantes en su entorno industrial. La nueva leche se produce de forma similar a la cerveza, es decir, por la fermentación de la levadura modificada y azúcares simples hasta conseguir las proteínas de la leche. Extraída de NewHarvest.org. Recuperada el 22 de noviembre de <https://libredelacteos.com/alimentacion/nueva-leche-perfect-day-producida-sin-vacas/>.

### Impacto del Producto en el Mercado

Con respecto al impacto económico de la leche, se ha establecido que la leche tradicional representa un producto ampliamente comercializado en el mundo que genera millones de dólares anualmente. Tan sólo México representa uno de los mercados más grandes del mundo en lo que se refiere a la producción de este alimento. En el mercado mundial es posible ver que la producción de leche se divide en dos grandes grupos integrados, por una parte, por países altamente desarrollados como Estados Unidos y los grandes productores de Europa, cuya producción se obtiene con un elevado subsidio y, por otra parte, por países con bajos costos de producción como Australia, Nueva Zelanda, Argentina y Uruguay, los cuales cuentan con las condiciones climáticas y geográficas óptimas para la producción de este alimento y con la infraestructura necesaria para una producción eficiente. En el caso de México, se debe resaltar que de dos a tres de cada

cien litros de leche que se producen en el mundo son de origen mexicano, lo que significa que nuestro país se ubica en el décimo sexto lugar en este rubro.

Al analizar el comportamiento de la productividad de las vacas lecheras en los países productores más importantes, se observa que en todo el período 2009-2014 Estados Unidos tuvo el mayor rendimiento por cabeza, seguido por Japón en segundo lugar y Canadá en tercero. México fue uno de los países con menor productividad de leche por vaca en el mundo, con apenas 1.8 ton/cabeza/año en 2014, superando únicamente a Brasil (1.6 ton/cabeza/año) e India (1.2 ton/cabeza/año) en el grupo de los países más importantes en esta actividad.

Tomando en cuenta esta información, se puede aseverar que el mercado de lácteos es muy lucrativo, pues las personas compran el producto por la confianza que tienen en él y por la popularidad que se ha generado gracias a los medios de información, por lo cual ha demostrado ser uno de los mercados que mejor se ha mantenido a lo largo de la historia de la domesticación animal.

La viabilidad por tipo de explotación lechera está relacionada no sólo con la rentabilidad que se obtiene, sino también con los niveles de productividad y competitividad con los que se trabajan. En general, en términos absolutos y relativos, la utilidad es más alta en las explotaciones no tecnificadas; pero en contraste, el promedio de producción en litros por día es considerablemente menor al compararlas con las explotaciones tecnificadas (Secretaría de Economía, 2012).

En la Tabla 2 se muestra la producción mundial de leche en diferentes países, donde se puede observar el impacto que esta industria ha tenido y cómo se ha incrementado de manera considerable a lo largo de los años.

**Tabla 2.** Producción mundial de leche en un lustro.

Producción mundial de leche (millones de litros)					
País	2012	2013	2014	2015	2016
Estados Unidos	91,009	91,276	93,460	94,620	96,343
Unión Europea (28)	150,939	152,300	159,135	150,200	152,000
India	59,805	62,194	64,423	64,000	68,000
China	37,784	35,673	37,609	37,550	35,700
Nueva Zelanda	19,129	19,469	21,317	21,582	21,370
México	10,880	10,965	11,129	11,736	11,934
<b>Mundo</b>	<b>627,205</b>	<b>631,845</b>	<b>652,351</b>		

Fuente: Elaborado con datos de la FAO. <http://www.fao.org> y Boletín Lechero, enero-marzo 2017.

Sin embargo, al hablar de la introducción de un tipo de leche producida a partir de levaduras por ser un producto nuevo, no se tiene noción de cómo impactaría en la sociedad, el mercado y, en general, en la economía mundial. Mientras algunos sectores de la población seguramente aceptarían este tipo de leche sin problema, algunos otros sectores más conservadores se mostrarían renuentes a aceptar su consumo.

Esto tipo de fenómeno no sería nuevo, pues ya ha ocurrido con anterioridad cada vez que un producto nuevo ha llegado al mercado y seguirá ocurriendo al no tener certeza de cómo éste se comportará a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la leche en polvo tuvo éxito en el mercado mexicano debido a la practicidad y la innovación mostradas cuando se lanzó a la venta al público. Tal fue el éxito de este tipo de leche que México tuvo que importarla para satisfacer las necesidades de la población.

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) informó que México es el primer importador de leche en polvo y el quinto en leche fluida, y detalló que en 2018 se importó el equivalente a 3,740 millones de litros de ambos productos, más 2.3 millones de toneladas de otros lácteos.

El consumo anual de leche es de 16,120 millones de litros, es decir, 122 litros anuales per cápita, pero aún hay margen para que este último aumente a 188 litros por recomendación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés).

La producción nacional de leche fluida se concentra en tres regiones. La primera la conforman Chihuahua, Durango y Coahuila, con 30% de la aportación total; la segunda

la constituyen Jalisco, Aguascalientes y Michoacán, con 26.6%; y la tercera la integran Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México y Puebla, con 24.7%.

### 3. Importación de leche en polvo en México durante un lustro.

México, importación de leche en polvo (toneladas)					
	2012	2013	2014	2015	2016
Descremada	235,542	197,757	203,182	258,522	285,631
Semidescremada	8,555	10,612	7,338	7,180	11,550
<b>Total</b>	<b>244,097</b>	<b>208,369</b>	<b>210,520</b>	<b>265,702</b>	<b>297,181</b>

Fuente: Secretaría de economía, <https://www.gob.mx/se/>

El producto que se pretende comercializar resultaría novedoso por supuesto, pero lo novedoso siempre corre riesgos al momento de introducirse a los clientes, quienes a fin de cuentas deciden si un producto se mantiene a flote o no. De esta forma, la leche producida a partir de levaduras y sus derivados podría ser una gran opción para sectores de la población preocupados por la conservación del medio ambiente a través del uso de productos que no lo dañen y que sean respetuosos con los animales.

Generalmente, estos sectores de la población están entre los estratos más altos de la sociedad, los cuales pueden permitirse adquirir este tipo de productos. Aunque esto no significa que los sectores más desfavorecidos no estén interesados en el cuidado del medio ambiente, se quiere decir que probablemente no cuenten con los recursos y medios económicos para solventar el costo de estos nuevos productos.

Probablemente el tipo de mercado más apropiado para la introducción de este producto es el sector de la población que sienta una responsabilidad social mayor hacia el medio ambiente, que cuente con los medios económicos necesarios para la adquisición de este tipo de alimentos y que tenga la disposición de probar formas de alimentos producidas de manera alternativa a los métodos tradicionales.

### Conclusión

La innovación tecnológica está presente en diferentes aspectos de la vida del ser humano y la alimentación por supuesto no es la excepción, así que las innovaciones que

se realizan en este rubro pretenden mejorar la calidad de vida de las personas y aumentar el bienestar social. Sin embargo, para satisfacer estos objetivos generalmente no se toma en cuenta el respeto por la naturaleza, por lo cual las innovaciones que mantienen el respeto hacia el medio ambiente son tan importantes y deberían ser éstas las que se llevaran a cabo siempre.

Aunque el producto que se ha discutido en este trabajo no goza de un éxito verdadero en la industria alimentaria y probablemente tome cierto tiempo para lograrlo, se debe tener en mente que éste y muchos otros productos están esperando a ser descubiertos para mejorar la calidad de vida del ser humano, pero sin olvidar el cuidado por el medio ambiente.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer a todas las personas que hacen posible su estancia en la universidad animando y motivando su desempeño óptimo en la licenciatura, así como al Dr. Enrique González Vergara por el apoyo y el asesoramiento para poder realizar este trabajo con éxito.

### Referencias

1. Anónimo. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 38-42.
2. Bauman, D. E., Mather, I. H., Wall, R. J. y Lock, A. L. (2006). Major advances associated with the biosynthesis of milk. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1235-1243.
3. Carvajal, A., Felmer, R., Mujica, F., Ortiz, M., Sagredo, B. y Valderrama, X. (s.f.). Impacto de la Biotecnología en el Sector Lácteo. Potenciales nichos de aplicación en Chile. 1-25.
4. El impacto de la ganadería en el medio ambiente y la seguridad humana global [ICALP]. Derecho Animal. (n.d.). Consultado el 15 de noviembre de 2019. Recuperado de: <https://derechoanimal.info/es/icalp/actividades/2018/el-impacto-de-la-ganaderia-en-el-medio-ambiente-y-la-seguridad-humana-global>.

5. García, C. A. C., Montiel, R. L. A. y Borderas, T. F. (2014). Grasa y proteína de la leche de vaca: componentes, síntesis y modificación. *Archivos de Zootecnia*, 63(241), 85.
6. Imura, S. (1985). Phototherapy of neonatal jaundice: its indication and prevention of adverse effects. *Nippon Rinsho. Japanese Journal of Clinical Medicine*, 43(8), 1741-1748.
7. Loera J., Banda J. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Rev. Investig. Altoandin*, Vol 19 No. 4: 419-426.
8. Ma, T., Tao, J., Yang, M., He, C., Tian, X., Zhang, X., ... Liu, G. (2017). An AANAT/ASMT transgenic animal model constructed with CRISPR/Cas9 system serving as the mammary gland bioreactor to produce melatonin-enriched milk in sheep. *Journal of Pineal Research*, 63(1), 1-10.
9. Perfect Day Foods–Nueva cosecha. (n.d.). Consultado el 16 de noviembre de 2019. Recuperado de: [https://www.new-harvest.org/perfect\\_day\\_foods](https://www.new-harvest.org/perfect_day_foods).
10. Poveda E. E. (2013). Suero lácteo, generalidades y uso potencial como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 397-403.
11. Serrano, B., María, C., Sánchez, R. C. E., Félix, E. P., Filomeno, B., Iturmendi, M. G., Casals, E. (n.d.). II Congreso sobre las Nuevas Tecnologías y sus repercusiones en el seguro: Internet, Biotecnología y Nanotecnología PONENTES Con la colaboración y el soporte científico de la Universidad Autónoma de Barcelona Campus de Excelencia Internacional.
12. Struhl, K. (1983). The new yeast genetics. *Nature*, 305(5933), 391-397.
13. Tadini, C. C., Curi, F. y Cardoso, A. M. (1997). Queso Minas Frescal con caseinato de calcio: una evaluación alternativa de producción de queso con menos grasa. *Alimentaria*, 35(281), 83-88.
14. Torres García, C. J. y Torres Guzmán, J. C. (2017). Optimización de la producción de levaduras con interés biotecnológico. *Verano de la Investigación Científica*, 3(2), 586-590.
15. Sherman, F. (1991). Getting Started with Yeast. *Methods in Enzymology*, 194(C), 3-21.

16. Wolf, K., Boekhout, T. y Kurtzman, C. P. (1996). Principles and Methods Used in Yeast Classification, and an Overview of Currently Accepted Yeast Genera. In *Nonconventional Yeasts in Biotechnology* (pp. 1-81). Springer Berlin Heidelberg.
17. Zumbado W, Esquivel P, Wong E. (2006). Selección de una levadura para la producción de biomasa: crecimiento en suero de queso. *Agronomía Mesoamericana*, Vol. 17, No. 2, pp. 151-160.