



# CUAJO TRANSGÉNICO

Y EL CONTROL EMPRESARIAL EN LA PRODUCCIÓN QUESERA

## CUAJO TRANSGÉNICO Y EL CONTROL EMPRESARIAL EN LA PRODUCCIÓN QUESERA

**Elizabeth Bravo**

Red por una América Latina Libre de Transgénicos  
Acción Ecológica

Primera Edición  
Quito-Ecuador  
Marzo, 2018

Esta publicación es de carácter educativo y formativo. Está prohibida su venta. Se permite la reproducción parcial o total de esta obra en formato físico, mecánico, digital u otro, siempre y cuando no se modifique su contenido y se haga referencia a los autores. Documento de libre disposición en la web de Acción Ecológica y RALLT.



Attribution- NonCommercial-ShareAlike 4.0 International  
(CC BYNC-SA 4.0)

Con el apoyo de:



# CUAJO TRANSGÉNICO

## Y EL CONTROL EMPRESARIAL EN LA PRODUCCIÓN QUESERA

### INTRODUCCIÓN

**E**l cuajo transgénico es un importante insumo en la producción de un alimento que, por ser parte de nuestra alimentación diaria, su uso podría naturalizarse, sin que se conozca sus impactos e implicaciones en términos de dependencia tecnológica; por lo que es importante iniciar un debate sobre este insumo transgénico.

El cuajo y los coagulantes, conforman un conjunto de enzimas usadas milenariamente para la elaboración del queso. Es una sustancia presente en el abomaso<sup>1</sup> de los mamíferos rumiantes, (y de otros mamíferos como cabras, chanchos, ovejas, camellos y hasta en células de niños lactantes) que contiene la enzima llamada rennina, que se le conoce también como quimosina. Esta enzima es utilizada para la fabricación de quesos.

La quimosina separa la principal proteína de la leche o *caseína*<sup>2</sup>, de su fase líquida o suero (compuesto por agua, proteínas del lactosuero y carbohidratos), para iniciar la coagulación.

Para formar la cuajada se forman grumos de caseína, que se separa del suero acuoso. Posteriormente, empieza el proceso de maduración del queso.

Al momento existen cuatro tipos de cuajo:

- *animal* (terneros, vacas adultas y cerdos, camellos)
- *vegetal*, proveniente de plantas como galio o sanjuanera (*Galium verum*), cardo (*Cynara cardunculus*), hojas de alcaparras, ortigas, malva y hiedra de tierra
- *microbiológico*, proveniente de los hongos provienen de los hongos: *Rhizomucor miehei*, *Endothia parasitica* y *Rhizomucor pusillus*
- *transgénico*, producidos en la bacteria *Escherichia coli* y los hongos *Kluyveromyces lactis* y *Aspergillus niger*

El uso de hongos filamentosos en procesos de fermentación para la producción de determinadas sustancias con valor industrial ha sido usado desde inicios del

1. El abomaso o cuajar es el cuarto y último compartimento del estómago de los rumiantes. Secreta la rennina - cuya variedad artificial se denomina cuajo, y que se utiliza en la producción de queso

2. La caseína es una fosfoproteína presente en la leche y en algunos de sus derivados (productos fermentados como el yogur o el queso). En la leche, se encuentra en la fase soluble asociada al calcio (fosfato de calcio) en un complejo que se ha denominado caseinógeno. Representa el 80% del total de proteínas de la leche

siglo XX. En procesos de fermentación, los hongos pueden producir grandes cantidades de proteína homólogas, no necesariamente a través de métodos de biología molecular (Mohanty et al, 1999).

## Historia del cuajo transgénico

Para la producción de cuajo transgénico, se extrae el gen que expresa la enzima de la panza de terneros lactantes, y se inserta en el material genético de los microorganismos elegidos. Estos microorganismos son reproducidos en tanques de fermentación donde liberan el cuajo recombinante.

En la década de 1960 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO- declaró que en los próximos años habría una grave escasez de cuajo de ternera, puesto que habría una mayor demanda de carne, lo que llevaría a que los terneros se críen hasta la madurez, y por lo tanto, habrá menos cuajo disponible. Esto abrió la puerta al desarrollo de varios sustitutos de cuajo de ternera, incluyendo el uso de la biología molecular.

En la década de 1960 y 70 hubo un auge empresarial en la investigación de proteínas recombinantes, y de la búsqueda de nuevos "sustitutos del cuajo" usando este paradigma científico. Un fuerte incentivo para que las empresas inviertan en la industrialización del cuajo transgénico fue el dictamen de la Corte Suprema de Estados Unidos de 1980, cuando por un voto: 5 a favor y 4 en contra, se permitió que las "nuevas formas de vida" podían ser patentadas. Aquí hay que preguntarse si una levadura, que incluye un conjunto de genes foráneos (transgenes), puede ser considerado como una "nueva forma de vida", y por lo

mismo, constituye una innovación. Para la Corte Suprema, aparentemente sí. Ya para entonces, se habían trabajado en varios productos basados en proteína recombinantes, que esperaban su aprobación, siendo uno de ellos, la quimosina transgénica.

Los primeros cuajos transgénicos fueron desarrollados en 1981 a partir de bacterias modificadas genéticamente, aunque posteriormente se usaron levaduras y hongos filamentosos.

La empresa Pfizer se acredita el perfeccionamiento de la técnica de extracción de ácido ribonucleico o ARN del abomaso del ternero que codifica quimosina, para insertarla en ADN microbiano (en la bacteria *E. coli* K-12) con la ayuda de plásmidos, promotores y otros elementos moleculares. Este es un proceso conocido como empalme de genes (un tipo de tecnología de ADN recombinante).

La bacteria transformada era puesta en tanques de fermentación para que produzca quimosina bovina recombinante en grandes cantidades - mucho mayores que las de cuajo de ternera-, la que era después aislada y purificada.

Y fue precisamente Pfizer la empresa que recibió, en 1990, la primera aprobación por parte de FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos), para una enzima recombinante a (es decir, sintetizada por un microorganismo transgénico) a ser utilizada como aditivo alimenticio: la quimosina recombinante o quimosina transgénica. A esta enzima recombinante se la conoce hoy como FPC (Quimosina producida por fermentación, por sus siglas en inglés), sin hacer ninguna referencia a su origen transgénico.



Utilización de cuajo de origen animal para elaboración de Quesillo en la Comunidad Indígena de San Lucas (Loja- Ecuador)

Esta decisión sentó un precedente nefasto en el proceso aprobatorio de los organismos transgénicos en la alimentación<sup>3</sup>. La noticia fue, por un lado, bien recibida por la industria láctea que en ese tiempo gastaba alrededor de \$ 100 millones de dólares en cuajo cada año, pero no por el movimiento de consumidores y ecologistas. A más del desconocimiento que el cuajo transgénico podría producir en la salud humana y el ambiente, con esta aprobación se sentó un precedente negativo en la lucha contra la presencia de ingredientes transgénicos en la alimentación humana, pues varias empresas esperaban que la FDA aprobara otras enzimas fabricadas por microorganismos transgénicos<sup>4</sup>.

Para el grupo *Vegetarian Resource Group*, el principal precedente sentado con esta

aprobación, fue que se le dio a la quimosina recombinante, el estatus de ser un producto seguro (GRAS General Recognised as Safe por sus siglas en inglés), lo que significó que Pfizer estaba exenta de cumplir los requisitos de aprobación requieren todos los nuevos aditivos alimentarios, y con ello, otros aditivos recombinantes.

La quimosina recombinante de Pfizer obtuvo también el estatus de "*equivalencia sustancial*", cuando la FDA concluyó que la quimosina recombinante era sustancialmente equivalente al cuajo de ternera, por lo que no necesitaba un etiquetado especial, ni una indicación de su origen o de su método de producción (Yacoubou, 2012). Basándose en esta decisión, lo mismo sucedió con las otras enzimas recombinantes.

3. <http://www.ncbe.reading.ac.uk/ncbe/gmfood/chymosin.html>

4. [http://articles.latimes.com/1990-03-24/news/mn-681\\_1\\_genetically-engineered-product-for-food](http://articles.latimes.com/1990-03-24/news/mn-681_1_genetically-engineered-product-for-food)

Esta enzima recombinante de Pfizer fue vendida a Chr Hansen quien utilizó el nombre de Pfizer para su propia enzima, originalmente, el producto Hansen era conocido como “*Chymogen*”, y aunque ya salió del mercado, abrió la puerta para una nueva era de alimentos transgénicos en el mundo.

La FPC (Quimosina producida por Fermentación) ha estado en el mercado desde 1990, y fue la primera enzima alimenticia producida artificialmente en ser registrado y permitida por la FDA (Administración de Alimentos y Fármacos de Estados Unidos). Este fue el resultado de un proceso de investigación de sustitutos al cuajo, llevado a cabo en las últimas décadas del Siglo XX. Uno de los resultados de estas investigaciones fue la obtención de quimosina transgénica producida por procesos de fermentación.

## Aprobaciones del cuajo transgénico

En 1997 se aprobaron en Alemania tres tipos de quimosinas recombinantes, y se comercializan libremente.

En la Unión Europea, las empresas no estaban legalmente obligadas a revelar la fuente del cuajo, pero la nueva regulación del 2013 considera que, dado que la quimosina se queda en el queso, debe ser declarada en la lista de ingredientes del queso. Sin embargo, en la etiqueta no se necesita explicitar que se ha usado un organismo transgénico en su producción (GMO Compass, 2010).

Una etiqueta de diga “*cuajo micro-biológico*”, podría tratarse de cuajo transgénico.

En 1999, en Estados Unidos, alrededor del 60% del queso duro fue hecho con FPC, el mismo que tenía una cuota de mercado mundial de cuajo de hasta el 80%. Para el año 2008, aproximadamente entre el 80% y 90% de los quesos elaborados comercialmente en los Estados Unidos y el Reino Unido se realizaron mediante FPC.

La mayoría de la quimosina aplicada en la elaboración de quesos, se retiene en el suero de leche (o lactosuero). En el queso maduro, el tipo y la procedencia de la quimosina utilizado en la producción no se puede determinar.

La mayor parte de la quimosina se queda en el suero, y está presente en trazas en el queso maduro. ¿Qué pasa en el queso fresco?. Al respecto hay que anotar que el lactosuero es usado para la elaboración de una amplia gama de productos lácteos.

El uso de cuajo transgénico está prohibido en Francia y Austria, y en el Ecuador deberían etiquetarse los quesos hechos con suero transgénico.

## Patentes relacionadas con la quimosina

Dada la complejidad que entraña hacer que un hongo o una bacteria produzca cantidades industriales de una proteína de origen animal, en el proceso de desarrollo de esta tecnología, se han usado y se ha experimentado con genes de distinto origen (como se analizó en el acápite anterior), y con distintas tecnologías.

Esta es una tecnología que está patentada; pero además están patentados los genes utilizados (procedentes de fuentes naturales o elaborados sintéticamente en el laboratorio), las células que secretan la

quimosina y los organismos transgénicos resultantes. En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las principales patentes relacionadas con la obtención de quimosina transgénica.

Tabla N° 1: Algunas patentes relacionadas con la producción de quimosina transgénica

Fecha y número de la patente	Nombre de la patente	Reivindicaciones Solicitante	Solicitante
394,433 (USA) 1 julio /1982	Bovine Calf Chymosin	Plásmidos Microorganismos	Genex Corporation Es una empresa que hasta 2006, se dedica a la producción de insumos para la industria ganadera.
European Patent Application EP0134662 3 marzo 1985	Production of Bovine Calf Chymosin	16 reivindicaciones, incluyendo: el polipéptido para producir quimosina Un vector plásmido El microorganismo transformado El método de transformación	
GB 2200118 A 27 julio 1988	Segmentos de ADN que codifican quimosina sintética y proquimosina.	Información no disponible. Segmentos de ADN sintético que codifica proteínas La transformación del huésped se lleva a cabo con vectores que contienen el segmento de codificación sintética. Levaduras u hongos filamentosos se transforman para expresar un segmento sintético que codifica la proquimosina.	Allelix Inc. En 1999 se fusionó con NSP Pharmaceutical, empresa que se dedica a descubrir moléculas para otras empresas
WO 1986006097 A1 25 septiembre 1986	Promotores de hongos filamentosos y sus usos	88 reivindicaciones: promotores, vectores, péptido señal, secuencias codificadoras, los constructos, las células y el hongo modificados con esos constructos y que secretan las proteínas Los procesos. Alelix Inc.	

Fecha y número de la patente	Nombre de la patente	Reivindicaciones Solicitante	Solicitante
EP 0429628 A1 15 de junio 1991	Secuencias de ADN, vectores, y fusión de polipéptidos para incrementar la secreción de polipéptidos útiles de hongos filamentosos	27 reivindicaciones, incluyendo: La secuencia de ADN que codifica quimosina, y la quimosina y sus usos Una fusión de ADN de al menos 7 orígenes distintos ( <i>Aspergillus</i> , <i>Trichoderma</i> , quimosina bovina, tejido humano) Las proteínas que codifican (enzimas, hormonas, proteínas del suero) La expresión de esas proteínas en 12 géneros de hongos Los procedimientos Genencor Inc.	Genencor Inc.  Es una compañía de biotecnología basada en Palo Alto California. Es subsidiaria de la transnacional DuPont, desde su fusión con ésta en 2008.
US 5364770 A 15 noviembre 1994	Quimosina bovina y glucoamilasa	53 reivindicaciones: constructo de ADN para transformar <i>Aspergillus</i> para que secrete polipéptidos heterogéneos bioquímicamente activos (promotores, vectores, ADN codificante de péptidos señal, gen de glucoamilasa de <i>A. niger</i> quimosina y pro-quimosina de un mamífero) <i>Aspergillus</i> transformado bioquímicamente activo proceso	Es una división de Danisco Produce enzimas industriales.
EP 0625577 A1 23 noviembre 1994	Polipéptidos heterólogos expresados en hongos filamentosos, procesos para su preparación y vectores para su preparación	30 reivindicaciones: secuencia de ADN que codifica un polipéptido heterólogo que contiene promotores, vectores, secuencias codificantes de péptidos señal (foráneos y nativos), pre-proquimosina bovina, y pre-proglucoamilasa de <i>A. niger</i> El hongo filamentoso transformado El proceso Genencor Inc	

Fecha y número de la patente	Nombre de la patente	Reivindicaciones Solicitante	Solicitante
<p>EP 0357127 A1 16 agosto 1989</p>	<p>Reemplazo de genes Como un instrumento de construcción de estirpes de aspergillus</p>	<p>16 reivindicaciones: Un hongo filamentoso huésped con: un cromosoma que comprende un casete de expresión de ADN originario por recombinación in vitro y que comprende una región reguladora de iniciación de la transcripción, un marco de lectura abierto que codifica una secuencia señal para la secreción de un gen estructural de interés y una región reguladora de terminación de la transcripción. El método para producir la proteína de interés. Un constructo de expresión de la quimosina se inserta en un locus, en donde la quimosina puede estar unido a una secuencia señal para la secreción eficiente.</p>	<p>Gist-Brocades N.V. Empresa fundada en 1966 y adquirida en 1988 por Koninklijke DSM N.V (Holanda) Dedicada a la producción biotecnológica de enzimas, antibióticos y levaduras.</p>
<p>US 7482148 B2 27 enero 2009</p>	<p>Quimosina de ternero recombinante y un proceso para producirla</p>	<p>13 reivindicaciones: La proteína recombinante, la cepa de <i>E. coli</i> transformada, un vector de expresión, el método que incluye: el gen que codifica la proteína, el vector clonado, la transformación de <i>E.coli</i> con dicho vector, el proceso de fermentación de <i>E. coli</i> para producir pro-quimosina, su conversión en quimosina, la recuperación de la quimosina recombinante. El gen fue obtenido del ARN del abomaso de ternero, y sintetizado con un cADN más un plásmido.</p>	<p>Sudershan Biotech Ltd. Basada en Hyderabad - India Es una empresa de investigación biotecnológica, especializada en tecnología del ADN recombinante, para producir enzimas industriales, métodos de diagnóstico y proteínas terapéuticas.</p>

Fecha y número de la patente	Nombre de la patente	Reivindicaciones Solicitante	Solicitante
US 7482148 B2 27 enero 2009 WO 2008098973 A1 21 agosto 2008	Coagulación de la leche	35 reivindicaciones: el método de producción de queso y cuajada, a través de la transformación de <i>N. niger</i> , con genes de quimosina de camello, la secuencia de ADN que codifica la quimosina de camello, el método transformación de <i>N. niger</i> .	Ch. Hansen
WO 2002036752 A3 26 septiembre 2002	Método de producción de quimosina de origen no bovino y sus usos	El desarrollo de pre pro-quimosina, pro-quimosina y quimosina recombinantes de ciervos, búfalos, antílopes, jirafas, ovinos, porcinos, équidos, caprinos y camélidos	
WO 2005089040 A3 27 de octubre 2005	Método de producción de quimosina C y sus usos	La invención se refiere además al uso de la quimosina C en las composiciones de coagulación de la leche en la fabricación de queso a base de leche de vaca y leche de cualquier especie animal, que se utilizan en el queso.	

Fuente: Registro Europeo de Patentes, Google patentes.  
Elaboración propia

## Producción comercial de cuajo transgénico

La quimosina transgénica o quimosina producida por fermentación FPC (por sus siglas en inglés), es producida por dos empresas europeas: Chr. Hansen (Dinamarca) que comercializa la FPC bajo la marca que Chy-Max es, y DSM (Holanda) con la marca Maxiren.

## Chr. Hansen

Christian Hansen, industrial de origen danés, fue quien obtuvo por primera vez una preparación de quimosina relativamente pura, y de calidad constante de un lote a otro, en la década de 1870, lo que le llevó a fundar una compañía para su comercialización, que le puso su nombre. Esta fue la primera enzima purificada, comercializada en el mundo.

En estos 135 años, Chr. Hansen se desarrolló como proveedor internacional de insumos para la industria alimenticia, farmacéutica, agrícola y de complementos nutricionales con plantas en varios países del mundo<sup>5</sup>, incluyendo colores artificiales, enzimas, probióticos, etc.

Al momento cuenta con empresas y agentes en Europa y Norteamérica; Sudamérica, Australia y Asia.

La empresa trabaja en tres grandes ramas: enzimas y cultivos (que representan el 61% de sus negocios, salud y nutrición el 18%, y colorantes para la industria alimenticia, el 21%. La ambición de la empresa es que su área de cultivos y enzimas tengan un crecimiento anual del 7 - 8%.

El continente americano representa el 36% de sus ingresos, donde sostienen a 600 empleados, con un crecimiento del 4% en el 2014.

La sección de cultivos y enzimas tienen una fuerte especializada en cultivos lácteos, y es el líder mundial en la producción de aditivos alimenticios para la industria láctea. En 2014 esta sección tuvo ingresos de 464,4 millones de euros. La tecnología de Ch. Hensen de leche fermentada llamada DVS<sup>6</sup> cubre el 75-80%, excluyendo a la India, aunque está disminuyendo su uso por el éxito que han tenido algunos yogures griegos que no han adoptado esta tecnología.

A pesar de producir proteínas transgénicas, la empresa dice que su éxito se debe a presentar “*etiquetas limpias*” para llegar a un público preocupado por temas de salud, aunque es el primer productor de cuajo transgénico.

Los cuajo transgénico (FPC) producidos por empresa son:

Quimosina bovina pura, producto de la manipulación genética de *Aspergillus niger*, comercializado bajo la marca CHY-MAX.

*Aspergillus* es un género de hongos filamentosos de alrededor de 200 especies, y *A. niger* es un hongo que produce un moho negro en vegetales. *A. niger* no causa las enfermedades que ocasionan otras especies del mismo género, pero en altas concentraciones puede producir *aspergilosis*, una dolencia que provoca alteraciones pulmonares, y que es más frecuente en horticultores, cuando inhalan el polvo producido por el hongo.

A pesar de su origen transgénico, CHY-MAX ha sido certificada como Kosher, Halal, Vegetariana y libre de transgénicos.

Por otro lado, la empresa produce una quimosina recombinante de camello, producto de la manipulación genética de *N. niger*, la fabricación de quesos a partir de leche de camello, con la marca FAR-M. Dentro de su programa de relaciones comunitarias, Ch. Hansen trabaja en asociación con la compañía keniana Oleleshwa Enterprises Ltd, para producir recetas de diferentes tipos de queso de camello<sup>7</sup>.

La empresa comercializa además otros cuajos de origen animal y no transgénicos y coagulantes microbianos no transgénicos, que son más caros, por ser naturales.

5. <http://www.chr-hansen.es/nuestra-empresa/historia.html>

6. Los cultivos DVS son bacterias liofilizadas que se pueden añadir directamente a la leche, para fermentar la leche con el fin de hacer yogurt, queso, por medio de transformar el azúcar de la leche, la lactosa, en ácido láctico.

7. <http://www.dairyreporter.com/R-D/Chr.-Hansen-initiates-camel-cheese-development-project>

La empresa ha aplicado a más de 50 patentes relacionadas con la producción de enzimas industriales y otras aplicaciones, incluyendo la producción de cuajo transgénico a partir de una gran cantidad de especies animales como ciervos, jirafas, camellos, chanchos, búfalos, antílopes, ovejas y cabellos<sup>8</sup>.

### Royal DSM

Royal DSM es una empresa registrada en Holanda y Suiza, que comenzó como una empresa minera de carbón en 1902, transformándose en los últimos años en una empresa internacional de Ciencias de la Vida y Ciencias de Materiales. Es por lo tanto más diversificada que Ch. Hansen.

En el campo de “*ciencias de la vida*”, la empresa trabaja en productos lácteos, aves y huevos, rumiantes, acuicultura, alimentación animal, sustitutos alimenticios, nutrición infantil, saborizantes,

edulcorantes, cuidado personal, jugos y bebidas, cultivos y enzimas. En el tema nutricional, la empresa trabaja en el desarrollo de enzimas, aditivos de sabor y cultivos.

MAXIREN es la marca de su cuajo transgénico, producido por la levadura *Kluyveromyces lactis*.

*Kluyveromyces lactis*, es una levadura que tiene la capacidad de asimilar la lactosa y convertirlo en ácido láctico, por lo que se la usa para producir quimosina (cuajo) a escala comercial.

La empresa produce además cuajo no transgénico, a partir del hongo *Rhizomucor miehei*, *Cryphonectria parasitica*, y comercializa otras enzimas para la industria del queso.

En la siguiente se presenta información financiera de las dos empresas que producen cuajo transgénico.

**Tabla N° 2:** ventas y ganancias de las dos empresas que hacen cuajo transgénico (2016/17)

Empresa	Ventas netas (millones de euros)	Beneficios (millones de euros)
Ch. Hansen	1.062,5	578,1
Royal DSM	7.920	621

Fuente: sitio web de las empresas  
Elaboración propia

### ¿Es la quimosina inocua?

La industria defiende la importancia de la quimosina transgénica dada la ausencia de pepsina bovina, que está presente en niveles variables en cuajos tradicionales becerro (sitio web de la Ch. Hansen). Ante

esta información valdría la pena preguntarnos, qué pasa con la industria ganadera en el Ecuador. De acuerdo al censo agropecuario de 2002, en el país existirían 4,5 millones de cabezas de ganado que son faenadas en 200 camales, a los que se suman algunos mataderos

8. Ver tabla No. sobre patentes relacionadas con la quimosinas

privados o no registrados. ¿Por qué no se aprovecha el cuajo procedente de estos animales?.

La información de la industria sostiene además que la quimosina transgénica (FPC) es “*idéntica a la quimosina bovina*” y que, aunque la FPC es un producto de la industria de la biotecnología y se expresan en microorganismos modificados genéticamente (OMG), se trata de productos recombinantes y no contienen organismos vivos genéticamente modificados (sitio web de la Ch. Hansen).

La FPC es una proteína recombinante, producto de la manipulación genética, un proceso complejo que incluye genes de una amplia gama de organismos provenientes de distintos reinos, así como

elementos genéticos sintéticos (como se puede apreciar en las distintas patentes que se han otorgado en relación a la producción de cuajo transgénico). A más de la complejidad propia de cualquier proceso de transgénesis, la producción de FPC se complica porque el objetivo es introducir el gen de un mamífero en células de levaduras, hongos filamentosos o en una bacteria, para que ésta sintetice una proteína que es secretada en un tejido altamente especializado como es el abomaso bovino (Mohanty et al, 1999). Por lo que es imposible sostener que las dos quimosinas son “*idénticas*”.

En el siguiente recuadro se presenta información adicional sobre las proteínas recombinantes.

### Proteínas Recombinantes

Las proteínas recombinantes son el resultado de la manipulación genética de un organismo (generalmente un microorganismo o cultivos de células de organismos superiores), con genes de otro organismo no relacionado, para obtener proteínas con aplicaciones industriales (por ejemplo hormonas como la insulina, la hormona del crecimiento y la quimosina o cuajo).

Para la transformación genética de las células que va a servir de “biofábricas” de las proteínas recombinantes, se necesitan usar:

Vectores moleculares, que acarreen el material. Entre los vectores moleculares más usados se incluye:

Los plásmidos, que son elementos de ADN extra-cromosómico capaz de autoreplicarse. Se utiliza sobre todo cuando se va a manipular genéticamente un organismo procariótico. Dado que los plásmidos pueden tener una tasa de sobrevivencia en poblaciones celulares bajas, se introduce nuevas secuencias génicas para aumentar su estabilidad. Para que las células que contienen el plásmido (es decir,

9. De hecho, hay muchas comunidades de pequeños ganaderos que hacen queso a partir de este cuajo

que han sido exitosamente manipuladas genéticamente), tengan ventajas sobre las células que no han podido ser modificadas, se añade en el coctel genético, genes de resistencia a antibióticos, lo que les permite sobrevivir en un medio rico en antibióticos. Dado que la presencia de antibióticos no es deseable en la industria alimenticia, se han ensayado otros métodos, como la delección de genes esenciales en el cromosoma bacteriano y su introducción en el plásmido, o la introducción de genes supresores del crecimiento en la bacteria, y su antídoto en el plásmido.

Los vectores virales. Los virus han evolucionado para integrar su material genético en otro organismo, sin dañarlo (en la mayoría de casos). Los retrovirus promueven la integración al ADN foráneo en el cromosoma del huésped. En algunos casos, la transformación genética es posible en ciertas etapas del ciclo vital del virus. Se usan virus como vectores para manipular células eucarióticas “superiores”. Otros virus utilizados como vectores en la producción de proteínas recombinantes son los adenovirus, virus del herpes, baculovirus, poxvirus, entre otros.

Hay que tener en cuenta que expresar una proteína de un determinado organismo en otro (por ejemplo expresar un gen humano en una levadura) puede tener consecuencias negativas, como cambios de conformación o distintas modificaciones postraduccionales (glicosilaciones, carboxilaciones, acetilaciones, metilaciones, etc.), o en el plegamiento de la proteína deseada, lo que puede ocasionar que la proteína no funcione o que produzca efectos no deseados.

Según la complejidad y la naturaleza de la proteína que se desee producir industrialmente, se elegirá un organismo u otro: hongos filamentosos, levaduras, bacterias, insectos, células de mamífero.

A más de los vectores, se requiere de promotores / enhancer, cuya función es permite que el gen foráneo (por ejemplo el que va a permitir la síntesis de cuajo), se exprese. Algunos de los promotores que se utilizan para la producción de proteínas recombinantes son las secuencias de diversos tipos de virus, algunos muy infecciosos o causantes de tumores.

La región de control del locus (LCR) es un elemento regulador de largo alcance que aumenta la expresión de ciertos genes. Es común en vertebrados, por eso, en la fabricación de proteínas recombinantes se utilizan varios elementos de ADN de origen humano.

Otro componente transgénico necesario para la producción de proteínas recombinantes son los “genes reporteros”. Los genes reporteros son usados para indicar si un determinado gen se expresa en una célula modificada genéticamente, o en una población de organismos transgénicos. Se escogen como genes reporteros aquellos cuya expresión es fácil de identificar o medir. En el proceso de elaboración de proteínas recombinantes se usan proteínas fluorescentes, la fosfatasa alcalina de la placenta humana, la luciferasa de las luciérnagas, entre otras.

Para la producción de proteínas recombinantes en bacterias, se requiere además proteínas chaperonas, cuya función es ayudar al pliegamiento de la proteína recombinante.

Hay varios otros elementos genéticos necesarios para la expresión de proteínas recombinantes, que provienen de varios tipos de virus, genes que sintetizan determinadas enzimas; así como otras moléculas que se añaden a los proceso de fermentación, incluyendo antibióticos y drogas citotóxicas (dependiendo del tipo de proteína que se desee producir industrialmente, y del tipo de organismo que se usa como huésped).

(Palomares et al, 2004).



Utilización de cuajo de origen industrial en la elaboración de quesos en el cantón Chone (Manabí-Ecuador)

## El lactosuero

Aproximadamente el 90-95% de la pequeña cantidad de cuajo que permanece en el suero de leche producida durante la fabricación de queso. Este suero, considerado un subproducto de la producción de queso, a menudo se añade a muchos otros productos alimenticios actuales, especialmente en los alimentos envasados.

El lactosuero, es un sub-producto de los procesos industriales de la leche. Las proteínas del lactosuero, que representan alrededor del 20% de las proteínas de la leche de vaca, se definen como aquellas que se mantienen en solución, tras precipitar las caseínas a pH 4,6, a una temperatura de 20°C.

Algunos especialistas y nutricionistas afirman que los aportes del suero lácteo no son iguales a los ingredientes que contiene la leche. El problema es que algunos productos alimenticios basados en sueros lácteos aumentan, y las personas los compran creyendo que se trata de leche.

El aporte de proteínas de las preparaciones alimenticias a base de lactosueros es mínima con relación al aporte de la leche entera pasteurizada, y lo mismo sucede con el calcio y otros minerales. Lamentablemente, las familias con escasos recursos consumen estos productos creyendo que son con base en leche, y los compran porque están a un precio más bajo.

El lactosuero se vende como “bebidas lácteas” y a menudo se añade a muchos productos alimenticios envasados, como panadería, chocolatería, galletería; bebidas energéticas, refrescantes y diversos alimentos funcionales.

Aproximadamente el 90-95% de la pequeña cantidad de cuajo que permanece en el suero de leche producida durante la fabricación de queso.

La importación de lactosuero (como podría ocurrir a partir de las negociaciones comerciales con la Unión Europea) podría poner en riesgo la producción nacional de leche, porque entrarían a competir con la producción nacional de productos lácteos.

## Desgravación de lactosueros en el Acuerdo Comercial con la Unión Europea

En el documento de adhesión del Ecuador al Acuerdo Comercial con la Unión Europea, se negoció la desgravación de Lactosuero parcial o totalmente desmineralizado, en los siguientes términos:

Entrará con un arancel inicial del 5%, y con una canasta de desgravación de 5 años. En Colombia hay voces que dan cuenta de que el ingreso de lactosuero importado, como resultado del TLC con Estados Unidos están teniendo impactos negativos. Suárez Montoya productor lechero de ese, refiriéndose a las negociaciones que hizo su país con Estados Unidos dice que:

*No es lo mismo el lactosuero que llega del extranjero, que el suero dulce que queda de la leche tras la confección de un queso artesanal. Ahí hay que tener mucho cuidado, pues tratan de confundirnos. El suero dulce es totalmente diferente al que se utiliza en la alimentación de cerdos; pero para los ganaderos y porcicultores, que son voces autorizadas, el lactosuero ni siquiera ha dado buenos resultados para la alimentación de sus animales. (El Nuevo Día, 2012).*

Por otro lado, el director ejecutivo de la Asociación Nacional por la Salvación Agropecuaria de Colombia señaló la contradicción que existe en la toma de decisiones en materia láctea: *“el Gobierno permite el comercio del lactosuero y persigue a los productores de leche en cantinas. Es un acto poco entendible”*.

En Colombia, la Superintendencia de Industria y Comercio, abrió una investigación por competencia desleal contra 23 empresas entre pasteurizadoras, compañías lecheras e hipermercados, incluyendo a la transnacional francesa Danone.

### Importaciones de cuajo: el caso del Ecuador

De acuerdo a Chr. Hansen una de las dos productoras de cuajo transgénico a nivel mundial, sus operaciones en América Latina aumentaron en un 10% en el 2016.

En el Ecuador, las actividades lecheras y queseras sustentan la economía de casi 800 familias campesinas, y es una de las pocas actividades campesinas que compite con el agronegocio. Es además un sector donde hay mucha competencia por el mercado internacional. La aspiración de las empresas es ganar el mercado, especialmente de los países del

denominado Tercer Mundo, que es uno de los últimos reductos donde se puede construir nichos de mercado para colocar sus productos.

La mayor parte de la producción lechera está destinada a la venta en forma líquida y la producción de queso a nivel artesanal.

En la zona de los Andes Centrales, la producción de leche está mayoritariamente en manos de pequeños y medianos campesinos, el porcentaje de la producción dedicada a la venta es importante. Aquí la producción está en manos de pequeños productores diversificados que trabajan con poca tecnología, pero se adaptan para aprovechar al máximo sus recursos productivos. Para ellos el centro de acopio es fundamental para evitar la venta de la leche a través de intermediarios. Los que no tienen acceso a los centros de acopio, elaboran quesos en la chacra para su autoconsumo o para el mercado. A nivel nacional hay casi 43 mil fincas campesinas están dedicadas a la producción de queso y de otros productos lácteos.

Aunque el cuajo es una enzima que se produce en la panza de algunos mamíferos, el Ecuador importa suero de varios países, siendo el más importante Dinamarca, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla N° 3: IMPORTACIONES ECUATORIANAS DE CUAJO (2000 -2013)

País	Volumen	% del total	FOB	% del total
Dinamarca	154,99	29,6	7.534,0	
Colombia	211,26	39,9	2.309,33	
Estados Unidos	63,58	12	2.001,67	
Perú	24,15	4,6	897,21	
Panamá	19,96	3,8	897,21	
Italia	10,51	2,0	570,12	
Total (18 países)	529,71		14.891,9	

Fuente: Estadísticas del Banco Central / Elaboración: propia

En el Acuerdo Comercial con la Unión Europea, el suero entrará al país desde esta región cero aranceles, y una canasta de desgravación paulatina.

### ¿Se venden cuajos transgénicos en el Ecuador?

A pesar de que el Ecuador cuenta desde el año 2013 con una fuerte reglamentación sobre etiquetado de la presencia de transgénicos en los alimentos, ésta norma no se ha aplicado en el caso de los cuajos, por lo que es difícil determinar si un cuajo que se vende en el mercado es transgénico

o no, especialmente cuando se compra en pequeñas cantidades (que es el formato que se compra para la producción artesanal de quesos), ya que estos tienen nombres muy genéricos como “Cuajo Hansen” o “cuajo holandés” y sabemos que empresas danesas (como Ch-Hansen) u holandesas (como DSM), producen tanto cuajos transgénicos como no transgénicos.

En un inventario hecho en el Cantón Mejía de la Provincia de Pichincha, donde se elabora tanto queso a escala industrial como artesanal, se encontró los siguientes tipos de cuajos disponibles en los almacenes agropecuarios:

**Tabla N° 3:** tipos de cuajo que se expenden en el cantón Mejía (Pichincha)

Nombre	Origen	Formato	Empresa	¿Transgénico?
Cheese Mix (cuajo holandés)	Holanda	Líquido granulado Polvo	Vitalgro	No. Elaborado a partir de cepas de <i>Mucor miehei</i>
Cuaja yaı	Colombia	Polvo granulado	Tecnoalimentaria	
Cuajo Hansen	Dinamarca	Polvo granulado	Hansen	Hansen hace cuajos transgénicos y no transgénicos, por lo que es difícil decirlo
Maxiren	Holanda	Polvo granulado	DSM	Si. Elaborado a partir de <i>Kluyveromyces lactis</i>

Fuente: Elaboración propia

Estos cuajos se venden en unidades muy pequeñas que sirven para procesar entre 75 y 100 litros de leche, por lo que están destinados a pequeños queseros artesanales.

Las haciendas en muchos casos son importadoras directas, o usan el cuajo de origen animal proveniente de su propia producción bovina y en algunos casos, porcina.

Ahora bien, aunque en el Ecuador hay una normativa que exige etiquetar los alimentos transgénicos, esta normativa no se aplica al cuajo, y mucho menos a los quesos hechos con cuajo transgénico, por lo que es muy difícil conocer si los quesos campesinos, artesanales e industriales son elaborados o no con cuajo transgénico.

Una situación similar debe darse en otros países de la región.

