

Colección TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

» VALORIZACIÓN DEL LACTOSUERO

COMPILACIÓN GRACIELA MUSEY Y MARÍA LAURA CASTELLS



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial

Suma valor
a un país de ideas



Ediciones INTI

CAPÍTULO 2

ALTERNATIVAS DE VALORIZACIÓN DE SUEROS DE QUESERÍA

Autores:

MARÍA LAURA CASTELLS

MARCELO GONZÁLEZ

CARLOS MATTOS

PABLO JULIANO

CAROLINE MELLINGER SILVA

JOSÉ URIEL SEPULVEDA

SANTIAGO JORCÍN

ANA CRISTINA KROLOW

JUAN DI RISIO

TOMÁS LÓPEZ

Existen varias opciones tecnológicas para la utilización del suero de quesería tanto a través de su estabilización, fraccionamiento, transformación como recombinación. La Figura 2.1 presenta un esquema global con la amplia gama de productos que pueden obtenerse directa o indirectamente a partir del suero de quesería, de acuerdo a las tecnologías aplicadas para su obtención.

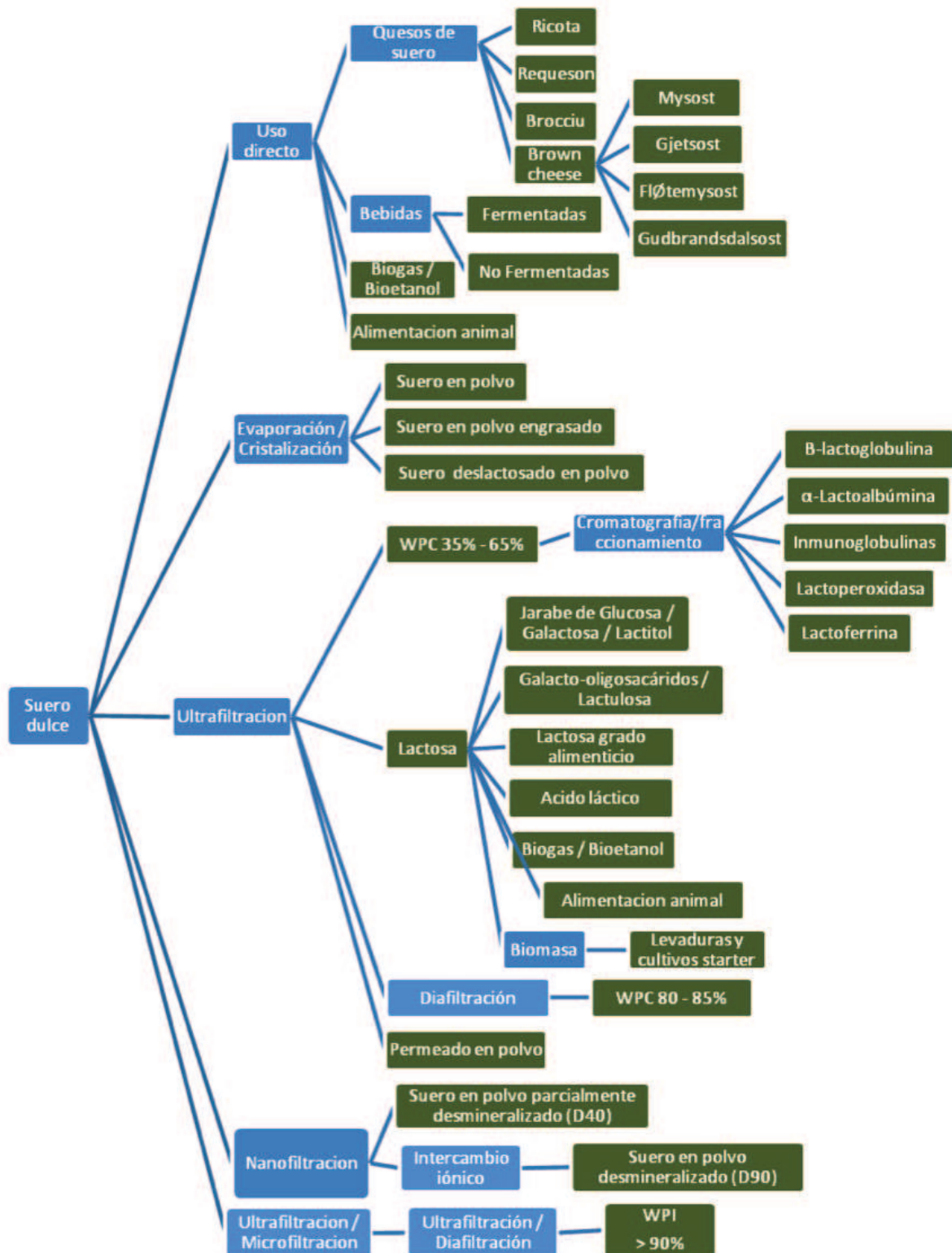


Figura 2.1 Alternativas tecnológicas para el uso del suero y posibles productos finales. WPC y WPI son acrónimos en inglés de Whey Protein Concentrate (concentrado de proteína de suero) y Whey Protein Isolate (aislado de proteína de suero).

Hace 20 años los países desarrollados destinaban el suero principalmente a la alimentación animal en forma directa. En la actualidad, la principal estrategia utilizada en estos países para valorizarlo es su transformación en ingredientes en polvo (Figura 2.2). El suero en polvo es utilizado en la elaboración de varios alimentos, incluyendo derivados lácteos, productos de panadería, confitería y embutidos debido a la funcionalidad y nutrición que brindan las proteínas del suero. También existen nuevos desarrollos en cuanto a aplicaciones en la alimentación animal, incluyendo biomasa.



Figura 2.2 Suero en polvo.

El suero líquido también puede utilizarse directamente como materia prima en la elaboración de quesos como la Ricota, el queso Brocciu o los quesos marrones, y también en la elaboración de bebidas, conocidas como bebidas a base de suero o lácteas. Esta última alternativa puede ser factible para las pequeñas queserías y granjas familiares porque las inversiones son bajas y el producto final tiene un gran valor agregado, además de ser nutritivo, especialmente si se añade fruta, zumos, cereales o cacao. Otra aplicación importante es la transformación en energía, como por ejemplo biogás.

2.1 QUESOS DE SUERO

De acuerdo al Codex Alimentarium, los quesos de suero son productos sólidos, semisólidos o blandos, obtenidos principalmente a partir de alguno de los siguientes procesos:

- La coagulación de las proteínas del suero por calentamiento con o sin agregado de ácido.
- La concentración del suero y moldeado del producto concentrado

El proceso puede también incluir la adición de leche, crema u otras materias primas de origen lácteo, antes o después de la concentración o coagulación.

2.1.1 Ricota

El queso Ricota (Figura 2.3) es un precipitado de proteínas séricas, albúmina y lactoglobulina que atrapan en su estructura a la lactosa y a la materia grasa remanente en el suero de quesería, obteniéndose por cada 100 kg de suero entre 4 y 5 kg del producto. Se compone aproximadamente de 68,3% de agua, 14,9% de proteínas, 12,6% de grasa, 2,7% de carbohidratos y 1,5% de minerales.

Este tipo de queso representa una alternativa interesante de aprovechamiento del suero dulce, sin requerir grandes instalaciones o equipos, ni gastos de elaboración. Su proceso de fabricación se basa en la precipitación de las proteínas del suero mediante el uso de calor y ácidos orgánicos, entre los que pueden mencionarse el ácido acético, láctico, tartárico y/o cítrico. La ricota puede ser elaborada a partir de suero de quesería exclusivamente, en este caso también es conocido como “requesón” en algunos países de Sudamérica, o bien, una mezcla de suero y leche descremada.



Figura 2.3 Queso Ricota

El queso Ricota es de color blanco, sin olor, de sabor dulce y consistencia débil. Generalmente posee una corta vida útil (hasta 7 días a 4°C) aunque también puede agregarse hasta un 3% de sal, según las preferencias o gustos de cada región, lo que permite extender su vida útil considerablemente. Se utiliza principalmente como relleno de pastas, aunque es una buena base para elaborar otros productos, como salsas o dips (se le puede agregar hasta 1% de especias, 5% de productos cárnicos y marinos y 10% de frutas y almíbares). Puede ser comercializado en forma ahumada, picante o cremosa, envasado en forma comprimida o en potes.

La elaboración de ricota no resulta una solución completa al uso del suero, ya que supone la generación de otro subproducto, como es el suero de ricota, que aún contiene valores altos de materia orgánica debido a la gran concentración de lactosa y ácido láctico remanente. Encontrar un uso económicamente factible al suero de ricota es aún un desafío. La generación de biogás puede ser una alternativa viable dependiendo de la escala, la inversión y los costos relativos de la energía.

2.1.2 Queso tipo Brocciu

El Brocciu (Figura 2.4) es un queso a base de suero, muy conocido y apreciado en Francia, que se fabrica en la isla de Córcega y cuenta con Denominación de Origen Protegida desde 1998. Puede producirse con suero dulce de queso, elaborado con leche de cabra o leche de oveja y se utiliza a menudo como un sustituto del queso Ricota italiano, ya que está libre de lactosa. Cuando es fresco, presenta un sabor suave y cremoso. Sin embargo, cuando se madura después de 21 días —también referido como Brocciu Passu— tiene un sabor fuerte y un poco picante. La elaboración de este tipo de queso genera otro subproducto líquido de características similares al suero de la ricota.



Figura 2.4 Queso Brocciu

2.1.3 Brown cheeses (quesos marrones)

El queso marrón (Figura 2.5) es un producto comercial que tienen su origen en Noruega, aunque también se producen en unas pocas lecherías en Suecia. Su origen data de alrededor de 1850. Es elaborado a partir de suero dulce, ya sea a partir de quesos de leche vacuna o caprina.

Este queso es considerado por muchos noruegos un ícono cultural nacional. Anualmente, se producen aproximadamente 12 millones de kg, casi 4 kg por habitante, representando el 25% de los quesos que se consumen en Noruega.

No se trata de un único queso, sino de una familia de productos diferentes, obtenidos a partir de la concentración del suero (entre 70 y 85% de sólidos totales) con el agregado o no de leche, crema y/o azúcar. Por lo tanto, esta variación en la formulación da lugar a diversos productos con diferentes características de composición, textura, figura y color, debido principalmente al contenido final de humedad y de materia grasa. La variedad más simple de estos quesos se llama Mysost y consiste simplemente en evaporar el agua del suero obtenido de la elaboración de quesos con leche vacuna, logrando un producto bajo en grasa, de sabor acaramelado dulzón y a la vez agrio, de color marrón pálido rojizo. Con el cambio de siglo, los productores comenzaron a agregarle crema, cambiando el nombre a Brunost, también conocido como brown cheese (queso marrón). Los elaborados a partir de suero, leche y crema de vaca se conocen como Fløtemysost, que representan el 30% de la producción de estos quesos. A los que además se les agrega

leche de cabra, se les conoce como Gudbrandsdalsost, que representan el 50% de la producción. Por otro lado, los elaborados a partir del suero de quesos con leche de cabra, se conocen como Gjetost; y, si además se agrega crema, se conocen como Primost.



Figura 2.5 Quesos marrones o brown cheeses

El control de la cristalización de la lactosa durante el proceso de fabricación es fundamental para evitar que la textura se vuelva arenosa en el producto final.

Este tipo de quesos tiene la ventaja de utilizar todos los sólidos del suero y requiere pequeñas inversiones. Su tecnología de producción es principalmente un proceso de concentración de sólidos, muy similar a la elaboración de dulce de leche. De hecho, los productos tienen el color del dulce de leche, debido a las reacciones de pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard) y pueden ser formulados para obtener una textura firme (> 85% de sólidos) o para untar (aproximadamente 70% de sólidos).

2.2 BEBIDAS A BASE DE SUERO

El uso del suero de quesería en bebidas nutritivas o curativas se encuentra documentado desde la antigüedad, cuando el médico griego Hipócrates lo recetaba para fines terapéuticos.

Las bebidas a base de suero son alimentos de consistencia líquida, obtenidas a partir de suero y otros derivados lácteos e ingredientes, o bien, a partir de la mezcla entre leche y suero. Aportan nutrientes como calcio y proteínas, que son importantes para el mantenimiento y restauración de diferentes tejidos corporales.

El término “bebidas a base de suero” tiende a enfocarse principalmente en productos bebibles, elaborados tradicionalmente a partir de suero líquido como componente principal o, al menos, como el más significativo.

La aparición de estas bebidas en el mercado data de fines del siglo XIX. En la actualidad existe una gran variedad de productos desarrollados, que pueden ser fermentados, saborizados, fortificados, o bien, bajos en proteínas. Además, se puede hidrolizar la lactosa por medios enzimáticos para aquella población intolerante y también es posible obtener bebidas a partir de suero concentrado.

Es factible elaborar bebidas a base de sueros dulces o ácidos. Sin embargo, debe evitarse el suero salado por su alto contenido de sodio, que transfiere un sabor inadecuado al producto final.

Generalmente, el sabor del suero ácido es más compatible con los jugos y/o pulpas de frutas cítricas. Por lo tanto, en la elaboración de algunas bebidas se emplean los sueros ácidos en forma de acidificantes, a los cuales se les añade entre un 4 y un 5% de jugos cítricos, proporcionando una bebida rica en nutrientes, de pH estable, con alto valor nutritivo, que rehidrata y es menos ácida que los jugos de frutas.

Es importante destacar que existen muchas posibilidades de innovación, ya sea en la combinación de ingredientes, en el uso de frutas exóticas o típicas de ciertas regiones (Figura 2.6), o bien, en la adición de compuestos benéficos para la salud, como los probióticos, los prebióticos (fibras) y los antioxidantes naturales. Conocer los hábitos de los consumidores locales y el público destinatario puede dirigir el desarrollo de bebidas con mayor aceptación. El proceso de producción de bebidas fermentadas y no fermentadas se detalla en el capítulo 3.



Figura 2.6 Bebidas no fermentadas de fresa, kiwi y plátano

En Colombia, el suero ácido se utiliza para la elaboración de bebidas no fermentadas, mientras el lactosuero dulce para bebidas fermentadas. También se utiliza lactosuero concentrado.

Las normas regulatorias locales deben ser consideradas para el registro y comercialización de las bebidas mencionadas anteriormente. Algunos países ya tienen sus propias reglamentaciones, lo que permite garantizar la calidad final del producto al consumidor.

En Brasil, hay una declaración regulatoria federal que describe los criterios de identidad y calidad de las bebidas a base de suero de quesería, denominadas bebidas lácteas. En este documento se menciona que las bebidas lácteas fermentadas y sin fermentar deben contener al menos un 51% de ingredientes lácteos y el 1% del contenido total debe de ser proteína láctea. De este modo, se garantiza al consumidor la calidad y la identidad de estos productos.

En Uruguay, las bebidas lácteas fermentadas no se encuentran definidas en el Reglamento Bromatológico Nacional 315/994 (RBN), por lo que se registran como leches fermentadas y se exige que cumplan con los parámetros de los yogures fijados en el Reglamento Técnico Mercosur de Identidad y Calidad de Leches Fermentadas. A pesar de ser registradas como yogures, son vendidas bajo el nombre de bebidas lácteas. Deben contener un mínimo de 2.9% de proteínas lácteas y como máximo contener 30% de ingredientes no lácteos. Las bebidas sin fermentar con agregado de suero se registran de acuerdo a lo exigido en el RBN como bebidas sin alcohol.

En Argentina, este tipo de bebidas aún no se encuentran incluidas en el Código Alimentario Argentino, por lo tanto, para su inscripción es necesario contactarse con la autoridad competente.

El desarrollo de las bebidas a base de suero de quesería puede representar un mercado prometedor en los países de América del Sur, debido a que la elaboración de productos lácteos y, por ende, su consumo, se ha incrementado en las últimas décadas, principalmente por el aumento de la capacidad de compra de los consumidores. Además, en Colombia y Brasil, como en otros países de Latinoamérica, estos productos ya ocupan un lugar en los supermercados con una gran aceptación entre los consumidores. A modo de ejemplo, en Brasil, más del 40% de la población consume semanalmente bebidas de suero de quesería y existe una gran diversidad de productos disponibles en el mercado.

2.3 SUERO CONCENTRADO LÍQUIDO

El suero concentrado líquido con un nivel de sólidos totales (ST) del 18 al 22%, es el producto obtenido a partir de la preconcentración por membranas de nanofiltración, osmosis inversa, o bien, a través de un evaporador (al 30% de ST), de suero dulce pretratado. Este proceso incluye el desmigado, descremado, pasteurizado y enfriado.

En el mercado de suero concentrado líquido los proveedores son queserías pequeñas y medianas que no tienen la tecnología necesaria para realizar el secado por cuenta propia, y los compradores son generalmente empresas medianas y grandes que tienen capacidad ociosa de secado durante todo o parte del año.

Los bajos volúmenes de suero que se obtienen diariamente a nivel individual por queserías pequeñas y medianas hacen necesario la existencia de un sitio centralizado cuya función es acopiar suero. Dicho centro puede pertenecer a una sola empresa o ser producto de la asociación entre varias firmas de la zona con la finalidad de transformar el suero crudo individual en suero líquido concentrado. La concentración del suero de queso al triple de su valor inicial (6.0-6.3% ST) justifica económicamente el transporte de grandes distancias.

La Figura 2.7 muestra un posible diagrama de flujo para la obtención de preconcentrado de suero, donde se indican los equipos y procesos necesarios.

El centro de acopio debe disponer de equipos de pretratamiento del suero, previo a la concentración con membranas de nanofiltración o de ósmosis inversa, a fin de concentrar el suero a los niveles de sólidos mencionados. Dicho centro debe también incluir tanques de almacenamiento refrigerado.

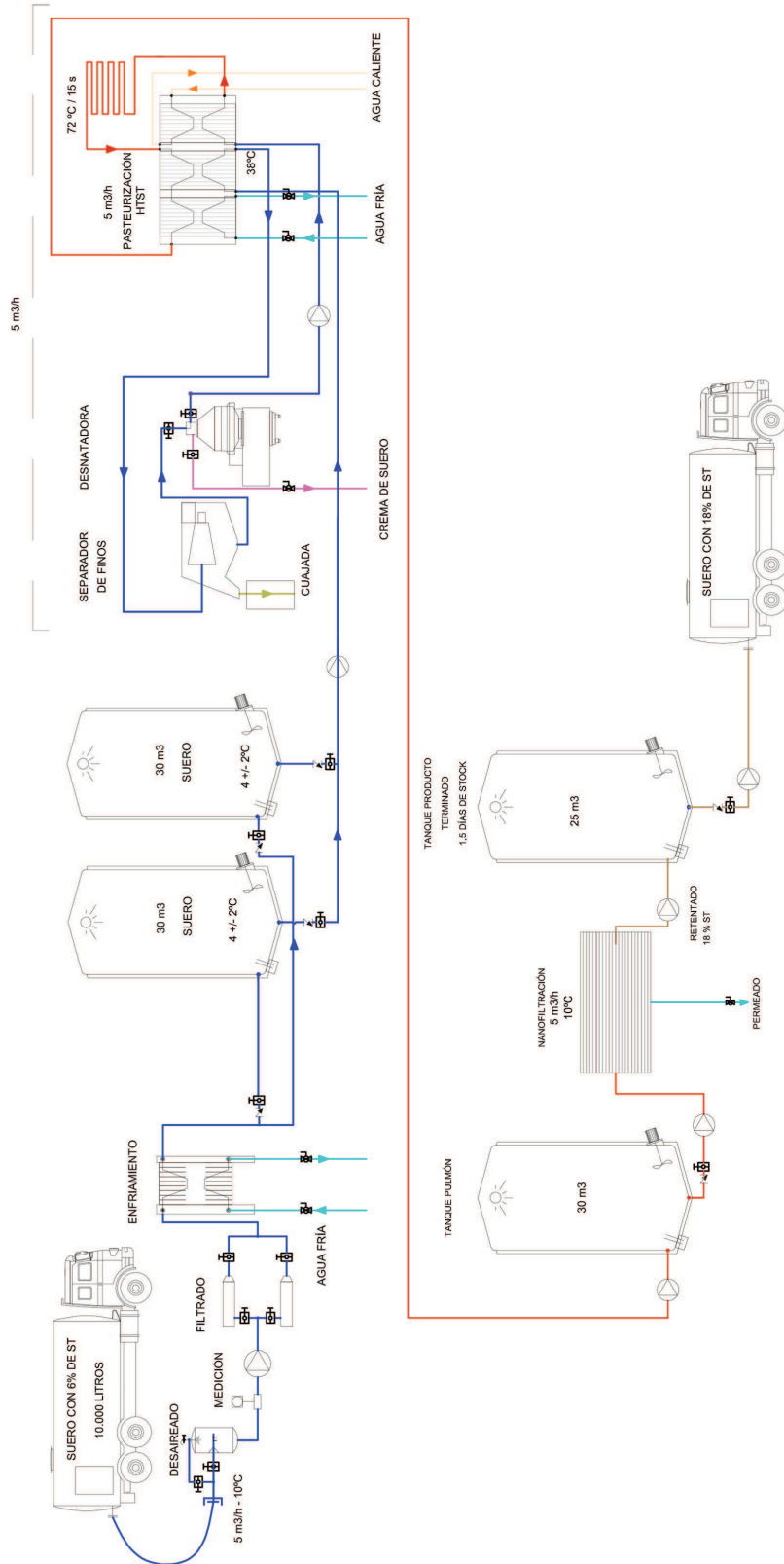


Figura 2.7 Diagrama de flujo para la obtención de lactosuero concentrado líquido.

El transporte del suero concentrado se realiza en cisternas isotérmicas de diferentes tamaños, arrastradas por un tractor acorde al peso a transportar. Las cisternas deben respetar la reglamentación de cada país donde se indica la máxima carga admitida por eje para el transporte carretero.

El pago del concentrado se realiza generalmente en base a los sólidos totales (ST) que se entregan al comprador. En general el pago puede efectuarse en base a dos opciones: a) la más común es un pago por tonelada de sólidos del concentrado recibido independiente del resultado de la empresa que seque (por ejemplo, en 2014, en regiones del sur de Sudamérica se cotizó en el orden de los USD 300 a 500 por tonelada). b) un pago por tonelada de sólido en base a los resultados obtenidos por la empresa deshidratadora.

Las especificaciones de calidad básicas de este mercado incluyen los siguientes parámetros para la elaboración de suero desmineralizado en polvo D40WP (porcentaje expresado en g/100 g de concentrado):

- Sólidos totales entre 18 y 22%; densidad > 1,058 g/mL.
- PH mínimo del suero concentrado de 6,0; máximo nivel de acidez 36 °D para 18% de sólidos.
- Contenido de grasas totales máximo en el concentrado de 0.3 - 0.4%.
- Contenido de proteínas mínimo en el producto final de 2.0 - 2.4%.
- Libre de antibióticos, colorantes, nitritos y nitratos, almidones y neutralizantes (ver especificaciones para materia prima en el capítulo 1).

El destino principal del producto comercializado es la elaboración de los ingredientes D40WP y D90WP (suero en polvo desmineralizado al 40 y al 90%, respectivamente). Existe un pequeño mercado con destino a la elaboración de bebidas lácteas y otros productos de valor agregado, orientados al mercado interno.

2.4 INGREDIENTES

La mejor ubicación para una empresa en la cadena de valorización de sueros de queso como ingredientes depende de: la calidad del suero que dispone, del volumen diario, la capacidad tecnológica de la empresa, del conocimiento de los mercados, la capacidad de inversión y hasta de su ubicación geográfica, entre otros factores a considerar.

La lógica de empresas grandes en el campo de los ingredientes es avanzar en la cadena de valor agregado, desde la alimentación animal a la farmacopea, como se indica en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Esquema de la cadena de valor agregado de utilización del suero.

Hay un número importante de queserías pequeñas productoras de suero que no han entrado en la fase de producción de alimentos en forma de ingredientes, sin embargo, tanto a nivel individual o en conjunto con otras pequeñas y medianas, pueden disponer de un volumen de suero suficiente como para comenzar a producir materia prima a fin de elaborarlos. Cabe aclarar que el suero recolectado debe alcanzar los requisitos mínimos de calidad, tal como se define en el capítulo 1. Estos requisitos complementados con un pretratamiento adecuado del suero (por ejemplo, transformación en suero concentrado líquido, Sección 2.3) les permitiría procesarlo, generando una materia prima adecuada para el secado por un tercero o en forma propia, si la escala se lo permite. Obviamente esto lo harán si la opción posible les demuestra una valorización mayor que la obtenida actualmente.

Para estas empresas pequeñas y medianas la opción de elaborar ingredientes valoriza menos que la opción ricota, así como el uso en bebidas lácteas u otros productos de valor agregado con destino al mercado local. Por lo que solo es viable para el suero excedente a la capacidad de absorción del mercado. La producción de ingredientes tiene la capacidad de tomar grandes volúmenes de suero que de no ser recuperados serían vertidos al medio ambiente o destinados a la alimentación animal por aquellas empresas sin capacidad de tratamiento.

Los ingredientes posibles a ser elaborados por una empresa que recién se inicia en este tipo de producción son los básicos en la cadena de valor del suero:

- 1) Suero en polvo no higroscópico (non hygroscopic whey powder)
- 2) Suero parcialmente desmineralizado al 40% D40WP (40% demineralized whey powder).
- 3) Suero de alta desmineralización al 90% D90WP (90% demineralized whey powder).
- 4) Concentrado de proteína de suero al 35% WPC 35 (whey protein concentrate) y permeado en polvo.

En estos productos el agregado de valor o ganancia obtenida por tonelada se incrementa en la medida que se pasa del suero en polvo no higroscópico hacia concentrados de proteínas de suero, junto a la producción de lactosa o permeado (Figura 2.9).

La empresa proveedora de sueros puede asociarse a otra que ya esté en el mercado y disponga de la tecnología de productos con mayor valor agregado. En ese sentido, en el segundo escalón de la cadena de valorización de suero está la producción de concentrado de proteína de suero al 80% (WPC 80, por sus siglas en inglés) junto a lactosa farmacéutica, mineral de calcio u otros.

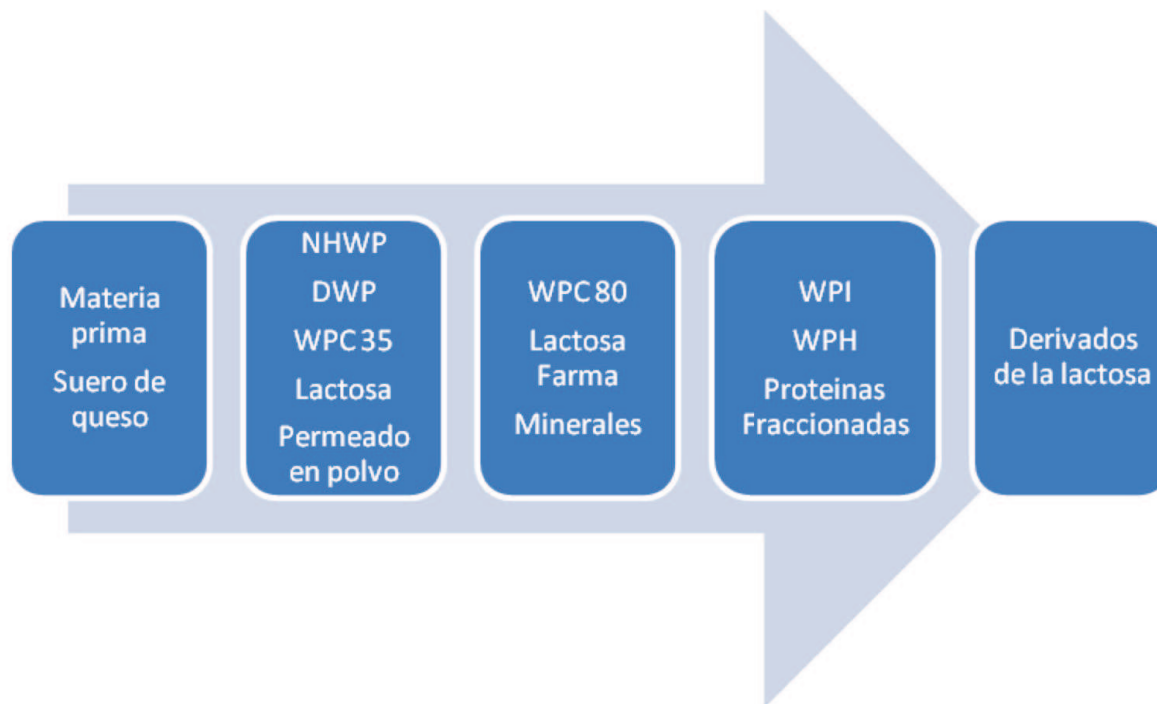


Figura 2.9 Esquema de la cadena de valor agregado de productos obtenidos a partir del suero

En el tercer escalón se encuentra el aislado de proteína de suero (WPI, por sus siglas en inglés) o hidrolizado de proteína de suero (WPH, por sus siglas en inglés) y proteínas fraccionadas.

En un cuarto escalón están los derivados de la lactosa como galactosa, lactulosa, lactitol, galacto-oligosacáridos (GOS), tagatosa y ácido lactobiónico.

A medida que se avanza en la cadena de valor disminuyen los rendimientos, se incrementan los costos en forma significativa, como el valor de los productos obtenidos y, además, se incrementa la complejidad tecnológica y la necesidad de especialización comercial.

Para la elaboración de suero de queso no higroscópico, de suero parcialmente desmineralizado y desmineralizado al 90% se necesita como parte del equipamiento principal un evaporador de película descendente, de tanques cristalizadores de lactosa y de una torre de secado que en lo posible debe ser de dos etapas.

Como parte del equipamiento básico se necesitan membranas de ósmosis inversa (concentración del suero dulce por eliminación de agua) o de nanofiltración (concentración del suero dulce por desmineralización de sales monovalentes), más todos los servicios necesarios (vapor, energía eléctrica, agua potable, planta de tratamiento de aguas residuales), a lo que suma una importante inversión en terreno y obra civil. A la fecha de esta publicación, la inversión se estima en el orden de 12 a 14 millones de dólares estadounidenses para una planta de capacidad de procesamiento de 300mil litros de suero/día, obteniendo como producto final D40WP.

La Figura 2.10 muestra un posible diagrama de flujo para la obtención de D40WP, donde se indican los equipos y procesos.

Para elaborar D90WP contando con capacidad instalada de D40WP, es necesario incorporar adicionalmente equipos de desmineralización (resinas de intercambio catiónico y membranas de electrodiálisis), lo que agrega una complejidad importante en el tratamiento de las aguas residuales.

La elaboración de D90WP puede ser un paso lógico en el desarrollo empresarial luego de adquirir la experiencia necesaria, si la escala y la demanda del mercado justifican las inversiones extras necesarias, incluyendo las de tratamiento de efluentes.

En el caso de los concentrados de proteínas del suero se requiere hacer el pretratamiento del lactosuero dulce, seguido por membranas de ultrafiltración (WPC 35), para obtener un retentado de alta concentración proteica. Además, es necesario contar con otros equipos que permitan tratar el permeado de estas membranas para producir lactosa o sus derivados. En el caso del WPC 80, luego de la ultrafiltración, se agrega una etapa de diafiltración (dilución con agua desionizada y nuevo tratamiento de ultrafiltración).

Para poder valorizar la lactosa proveniente del permeado de ultrafiltración, se necesitan inversiones complementarias, además de un dominio de la tecnología de proceso. Es por esta razón que para aquellas empresas que no tienen experiencia acumulada en el procesamiento industrial de sueros, la recomendación es comenzar con la producción de D40WP, ya que requiere prácticamente la misma inversión que para producir suero común no higroscópico, salvo la necesidad de contar con membranas de nanofiltración, pero logrando una valorización mayor del lactosuero.

2.5 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN TAMBOS QUESEROS

La producción de biogás a partir de los residuos de tambos quesería, ubicados en zonas que están fuera del alcance de posibles grupos asociativos, constituye una alternativa interesante de aprovechamiento del suero, ya que además de ser una fuente de energía renovable, proporciona una solución al problema de la contaminación ambiental.

El uso del suero como recurso energético aporta un alto contenido orgánico para la biodigestión. Su sencilla recolección y almacenamiento como subproducto de la elaboración de quesos facilita la inserción de procesos generadores de bioenergía en la quesería. En muchos casos, la energía generada resulta suficiente para abastecer todo el proceso de elaboración, dependiendo de los volúmenes obtenidos de suero. Adicionalmente, reemplaza el consumo de leña, disminuyendo la deforestación, evitando la aplicación en forma parcial o total de fertilizantes sintéticos, mejorando los costos de producción, ya que la biomasa degradada que queda como residuo del proceso de producción de biogás constituye un excelente fertilizante para cultivos agrícolas.

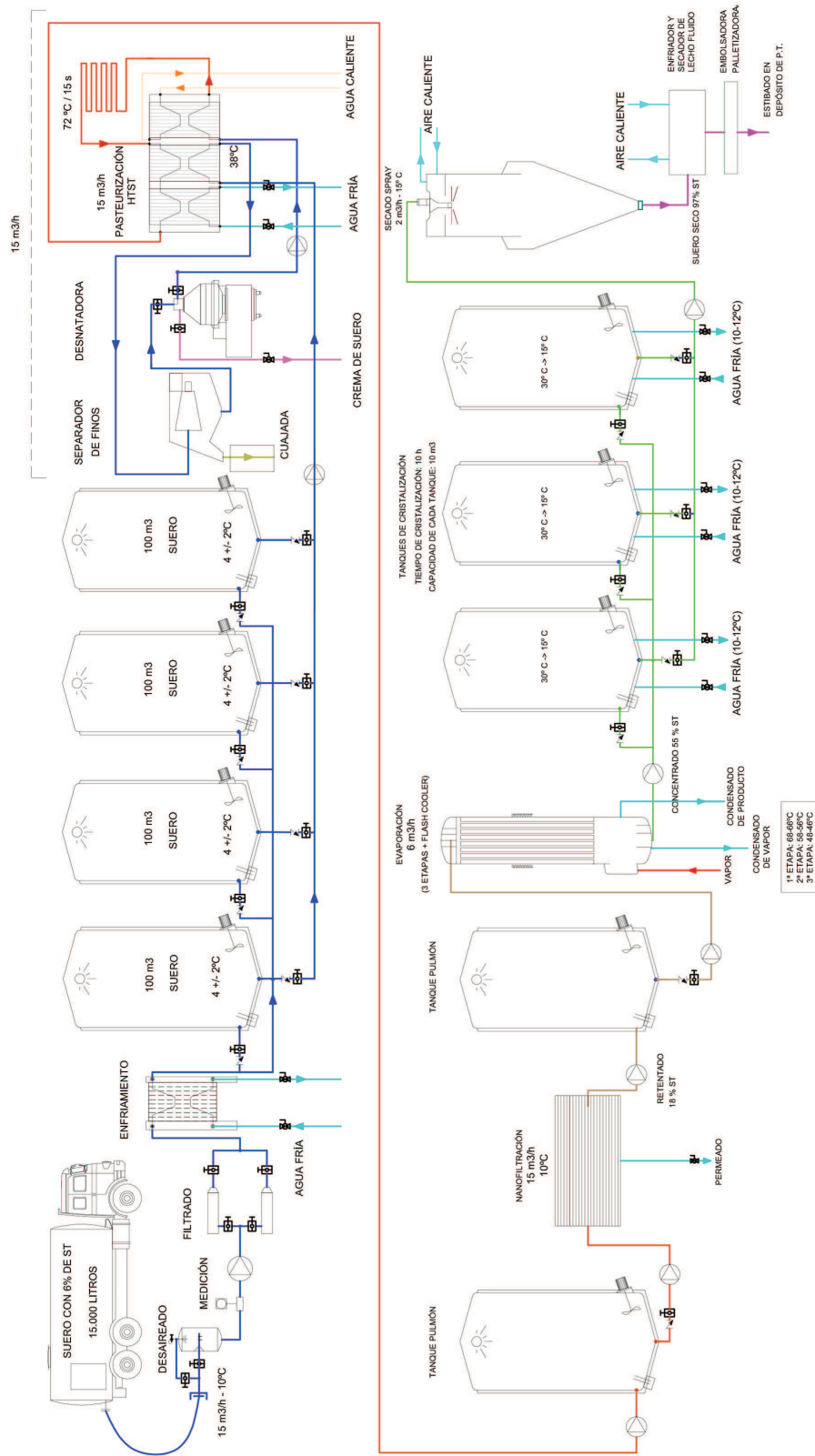


Figura 2.10 Diagrama de flujo para la obtención de D40WP.

Los recursos utilizables con fines energéticos en tambos queseros son principalmente la excreta de los animales (solamente cuando los animales se encuentran en zonas confinadas y no en campo abierto) y el suero. Las deyecciones animales son una excelente materia prima para la producción de biogás a través de la fermentación anaeróbica. Aunque estos residuos representan también un fertilizante natural del suelo, su utilización energética no afecta el equilibrio ecológico dado que el efluente que se obtiene como producto de la digestión conserva los nutrientes inalterados, permitiendo su reintegro al suelo, transformando, en cambio, los elementos potencialmente contaminantes (lactosa, proteínas y lípidos del suero) en biogás y fertilizantes (líquido y sólido).

Para la generación de biogás a partir de dichos recursos se utiliza la fermentación anaeróbica en un recipiente cerrado llamado “biodigestor”. Según muestra la Figura 2.11, el proceso de producción de biogás consiste en el agregado de un inóculo con microorganismos de diferentes tipos a la mezcla de las excretas con el suero. La digestión anaeróbica se lleva a cabo en tres etapas principales: hidrólisis de carbohidratos, lípidos y proteínas; acidificación de azúcares, aminoácidos y ácidos grasos; y metanogénesis con producción de biogás en la etapa final de la biodigestión. El proceso depende de la temperatura, del tiempo de retención hidráulica, del pH y de la mezcla final a tratar.

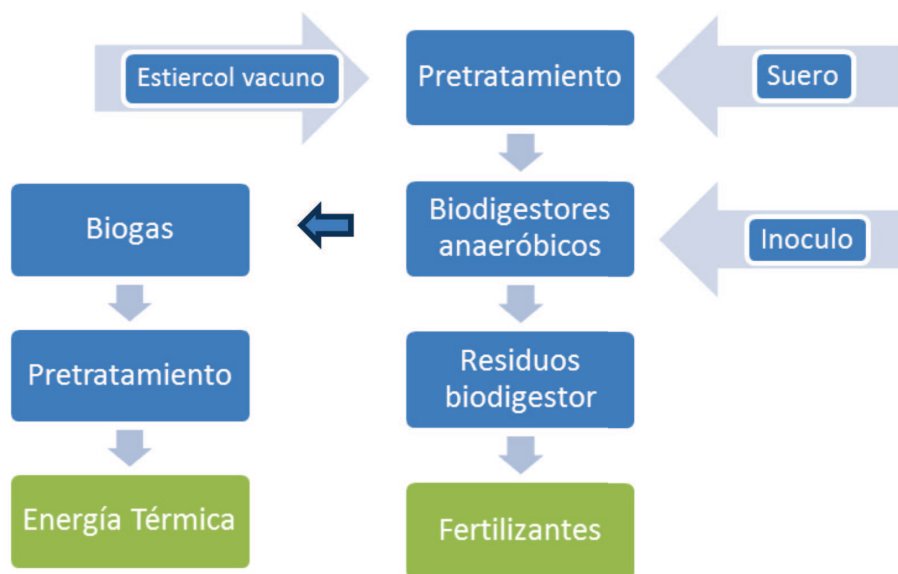


Figura 2.11 Diagrama de flujo del proceso de producción de biogás.

El biogás obtenido es una mezcla gaseosa compuesta mayoritariamente por metano y dióxido de carbono, pero también contiene impurezas (sulfhídrico, nitrógeno, oxígeno y vapor de agua). Por ello, generalmente se requiere un tratamiento de purificación previo. La composición del biogás depende del tipo de sustrato y del proceso utilizado. Cuando el contenido de metano es superior al 45%, dicha mezcla resulta inflamable.

Se considera que el biogás posee un poder energético de aproximadamente 6,5 y 7,0 kWh cuando su contenido de metano y dióxido de carbono es de 65 y 35%, respectivamente. La Tabla 2.1 indica las características generales de 1 m³ de biogás.

Composición	Metano (CH ₄) 55 – 70% Dióxido de carbono (CO ₂) 30 – 45% Trazas de otros gases (H ₂ O, SH ₂ , N ₂)
Contenido energético	6.5 – 7 kW.h.
Poder calorífico	5500-6000 Kcal.
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 l de gasoil /m ³ 0.3 kg de carbón/m ³ 0.6 m ³ de gas natural/m ³
Densidad normal	1.2 kg. m-3
Olor	Típico sulfhídrico (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)

Tabla 2.1 Características generales de composición de 1m³ biogás.

El biogás se utiliza principalmente para la generación de energía térmica y eléctrica, lo que permite aplicarlo a fuentes de iluminación y alimentación de calderas en el proceso de elaboración de quesos. La Tabla 2.2 muestra los valores de referencia para la producción de biogás de sustrato de suero y estiércol vacuno.

Sustrato	Biogas m³/t
Suero	50
Estiércol vacuno (94% humedad)	22

Tabla 2.2 Valores de referencia de biogás

Cuando se utiliza como sustrato el suero lácteo, estiércol y/o sus mezclas deben considerarse los siguientes factores:

- a) Biodegradabilidad: puede ser estimada por la relación Demanda Bioquímica de Oxígeno: Demanda Química de Oxígeno (DBO: DQO). En el caso del suero, la relación es de hasta 2:1 mientras que para el estiércol vacuno puede ser hasta 12:1, lo que indica su baja biodegradabilidad.
- b) Alcalinidad: el suero tiene baja alcalinidad lo cual es una fuente potencial de acidificación en el proceso de biodigestión, lo que hace necesario el agregado de alcalinizantes para evitar la baja productividad del proceso. Mediante la combinación de suero y excretas vacunas (alta alcalinidad) es posible eliminar este agregado luego de alcanzar la estabilidad de funcionamiento del biodigestor.

- c) Nutrientes: desempeñan un rol importante en el proceso de degradación y la consecuente producción de biogás. La literatura indica que el contenido de magnesio, potasio, calcio y fósforo es importante para el proceso de biodigestión.

Resulta indispensable realizar ensayos de laboratorio preliminares de suero, estiércol y de sus mezclas para determinar la adecuada proporción de cada sustrato. Dichos ensayos posibilitarán además la elección del diseño y condiciones de trabajo adecuadas del biodigestor.

Las actuales tecnologías de digestión pueden dividirse principalmente en sistemas continuos, semicontinuos y discontinuos. Los sistemas semicontinuos o rurales son los adecuados para utilizar en los tambos queserías, pues los sistemas continuos son de alta eficiencia pero requieren altos costos de inversión.

En la Figura 2.11 anterior se indica el diagrama de flujo del proceso, señalando los productos finales obtenidos.

Para lograr una efectiva implementación de sistemas de generación de biogás a partir de suero y estiércol en los establecimientos deben considerarse los siguientes aspectos:

- a) Colección y transporte de excretas.
Sistematización de colección de excretas y transferencia al biodigestor.
- b) Estandarización del sustrato .
Deberán evaluarse los parámetros de calidad y cantidad necesarios para la generación del biogás, de acuerdo a las condiciones particulares de cada tipo de unidad productiva.
- c) Temperaturas en biodigestor.
Para la adecuada elección de las condiciones operativas del biodigestor deben considerarse las temperaturas ambientales de cada región pues influyen en la producción de biogás.

La digestión anaeróbica puede realizarse en tres rangos de temperatura: psicrófila (0-20°C), mesófila (20-42°C) y termófila (42-75°C).

El aumento de temperatura disminuye el tiempo de digestión necesario para alcanzar un valor específico de producción de biogás. La operación del biodigestor entre 20 y 42°C permite una óptima generación de biogás para mezclas suero/excretas.

- d) Colección y transporte de biogás generado.
El biogás proveniente del biodigestor debe purificarse y almacenarse en un gasómetro para su posterior distribución hacia los puntos de consumo.

La purificación mediante filtros y enfriamiento elimina los contaminantes (sulfhídrico, nitrógeno, oxígeno y vapor de agua).

La necesidad de instalar un gasómetro independiente del biodigestor, así como los equipos de purificación del biogás, representan una inversión a considerar. En función del uso final del biogás variarán los requerimientos de purificación definiendo el equipamiento necesario.

e) Monitoreo y puesta en marcha de biodigestor.

Las tareas de monitoreo y operación del biodigestor requieren que el personal a cargo reciba el entrenamiento pertinente.

En América del Sur, la tecnología para la generación de biogás a partir de suero lácteo y/o sus mezclas necesitan aún más desarrollo, así como experiencias de aplicación. Teniendo en cuenta el gran potencial existente, la tecnología a diferentes escalas se encuentra en un camino de perfeccionamiento y alta difusión. Su futuro crecimiento dependerá de dos variables fundamentales: el crecimiento de la demanda de energía y los requerimientos medioambientales.

2.6 EL SUERO PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

La utilización de suero de quesería para alimentación animal es una de las primeras alternativas de valorización para el pequeño quesero dedicado a la crianza de cerdos y terneros. En pequeñas unidades de producción, las formas de suministro tradicional del lactosuero al animal no requieren de inversión para su puesta en marcha, dado que comprenden el uso directo del lactosuero fresco en forma de agua de bebida, o bien, como sustituto parcial de raciones balanceadas. Mayores esfuerzos de inversión serán requeridos cuando se considere el mejoramiento de la calidad de un alimento con el uso de lactosuero como conservador, tal es el caso de la elaboración de ensilajes o el incremento del valor nutricional del lactosuero como sustrato para el desarrollo de biomasa microbiana como fuente de proteína unicelular.

El desarrollo de productos con suero de quesería para alimentación animal ha cobrado importancia por su efecto comprobado como prebiótico, inmunomodulador, estimulador de la microbiota benéfica y mejorador del bienestar animal. Por otro lado, el empleo como sustituto en raciones balanceadas resulta atractivo en términos económicos por la disminución en los costos de alimentación y mejora de los parámetros productivos. Aunque el uso directo del lactosuero es un tema de discusión por los efectos negativos documentados en la salud animal, no se observan si los volúmenes de ingesta son adecuados para la especie de interés y la edad del animal (ver capítulo 4 para recomendaciones sobre volúmenes y métodos de incorporación del lactosuero en la dieta animal).

2.7 CRITERIOS PARA AGREGAR VALOR AL SUERO

Se han presentado una serie de alternativas para la valorización del suero. Existen varios criterios a tener en cuenta incluyendo: el volumen y la calidad del lactosuero producido; la elaboración de ingredientes u otros productos y su mercado potencial y, por último, la tecnología y la inversión necesaria. La Tabla 2.3 incluye la escala de volumen potencial y el ingreso bruto de cada una de las opciones, excepto en el caso de alimentación animal, como guía inicial para toma de decisiones. Estos ingresos están calculados en base a costos del año 2014 y, en algunos casos, para distintos tipos de volúmenes.

Según indica la Tabla 2.3, el volumen disponible determina la posible aplicación para la valorización. La calidad del lactosuero define si pueden considerarse opciones para productos de consumo directo o ingredientes. En el primer caso es determinante contar con un mercado capaz de absorberlos. Existiendo un mercado, la opción de mayor valorización es la producción del queso Ricota, teniendo en cuenta que habrá que darle un destino final al suero generado. La fabricación de bebidas fermentadas y no fermentadas aparece en segundo lugar como valor agregado. Seguramente otros productos de consumo directo interno (por ejemplo, dulce de leche) serán opciones prioritarias antes de entrar en el campo de los ingredientes.

Para el caso de los ingredientes, esta opción implica en primer lugar disponer de una escala mínima de producción estimada en centenares de miles de litros diarios de lactosuero dependiendo del producto final. Además, las inversiones asociadas a dichos procesos son significativas, las tecnologías requeridas son más complejas a medida que se asciende en la cadena de valor, así como también el conocimiento para la fabricación y comercialización de dichos productos.

Aplicación	Rango de volumen de suero para la aplicación (L/día)	Valores de mercado (USD/ton) ¹	Rendimiento industrial aproximado (kg/100 kg de suero líquido)	Ingreso bruto por venta (USD/tonelada suero líquido)
Alimentación animal:				
Sin animales propios	Suero entregado a terceros	no aplica	10	≤0
Animales propios ² (agua de bebida a cerdo en fases de crecimiento y ceba)	20 L/cerdo (fase crecimiento 30-70 kg) 32 L/cerdo (fase ceba 70-100 kg)	no aplica	100	Ahorro equivalente al reemplazo de la alimentación suministrada por lactosuero
Suero dulce líquido enfriado (puerta de planta)	> 10.000	9	100	9
Suero dulce líquido desmigado, desnatado, pasteurizado y enfriado (puerta de planta)	> 30.000	20	100	20
Suero dulce líquido concentrado al 18-20% y desmineralizado	> 50.000	500 USD/ton materia seca	29	30
Ricota³: Sin agregado de leche Con agregado de leche (5%)	Sin límite inferior, depende del acceso al mercado	3.000	4 6	120 180
Bebida fermentada y no fermentada (70% suero líquido)	Estimado > 5.000	900 - 1.100	140	60-80
NHWP	> 300.000	1.200	6	72
D40WP	> 300.000	1.400	5,8	81
D90WP	> 600.000	2.500	4,8	120
WPC35	> 600.000 incluye producción/ valorización de la lactosa	2.700	1,6	43
WPC80	> 600.000 incluye producción/ valorización de la lactosa	9.000	0,6	64
Lactosa	> 600.000 ; incluye producción/ valorización de WPC	1.800	2,8	50
Biogás⁴	Depende de la inversión asociada	Poder calorífico 6mil kcal/m ³ biogás Equivalencia por pérdidas 0.6 m ³ biogás /m ³ biogás natural o \$/m ³ biogás		15-20 ⁵

Tabla 2.3 Escala de volumen potencial e ingreso bruto de distintas opciones de utilización del suero de quesería

¹ Al año 2014 (referencia).

² Diferencia del costo total de alimentar a cerdos en todas sus fases con y sin suero.

³ Valores de referencia en Argentina y Colombia.

⁴ Calculado en base a quesera de 30mil litros.

⁵ Ahorro en energía por conversión de biogás en energía eléctrica y su uso.

En la producción de concentrados de proteínas (WPC) para que la inversión sea rentable es necesario asociarle la inversión de la producción de lactosa y viceversa.

Con respecto a la alimentación animal, la valorización del lactosuero depende de la sustitución de la ración en las distintas fases de cría y ceba, por lo cual el quesero deberá evaluar la rentabilidad de las distintas opciones anteriormente mencionadas.

Para tomar la decisión de sustitución del lactosuero por ración, la opción elegida tendrá que tener un incremento del margen de ganancia significativo respecto al uso actual y de los volúmenes disponibles.

Esto es claro en los casos de productos destinados a consumo directo (dependiendo de la escala y calidad) y, en el caso de los ingredientes, deberán buscarse soluciones asociativas para alcanzar las escalas necesarias en dichos procesos. La opción de biogás puede ser una alternativa factible en aquellos tambos queseros con baja producción, que se encuentran en medio del campo, sin acceso a centros de acopio y, a menudo, con altos costos para la provisión de energía. Mediante la generación propia de biogás, adicionalmente a la obtención de energía térmica y eléctrica, se dispondrá de biofertilizante para los cultivos propios.

El uso del suero crudo como sustrato en mezcla con excreta vacuno tiene las siguientes ventajas:

- 1) Elimina el costo de disposición final en planta de tratamiento de efluentes propia o de terceras partes
- 2) Elimina o disminuye los gastos en energía del establecimiento
- 3) Disminuye los costos de fertilizantes por sustitución parcial con los biofertilizantes provenientes de la biodigestión

2.8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advances in milk processing. Robinson, R. K. 1986. s.l. : Elsevier Science Publishing Co. INC, 1986, Modern Dairy Technology, Vol. 1.
- Bebidas lácteas com soro de queijo e frutas. de Morais Oliveira Siqueira, A., de Castro Lima Machado, E. y Montenegro Stamford, T. L. 9, s.l. : Santa Maria, 2013, Ciência Rural, Vol. 43, págs. 1693-1700. Revista disponible online. ISSN 0103-8478.
- Bebidas lácteas são consumidas por quase metade dos brasileiros. GFK. 2011, Food Ingredients Brazil, Vol. 16, pág. 8.
- Biogas production by anaerobic co-digestion of cattle slurry and cheese whey. Comino, E., Riggio, V. A. y Rosso, M. 2012. 2012, Bioresource Technology, Vol. 114, págs. 46-53.
- Biogas production from cheese whey in two phase anaerobic digestion. Jasko, J., Skripsts, E. y Dubrovskis, V., Zabarovskis, E., Kotelenecs, V. 2011. 2011, Engineering for Rural Development, págs. 373-376.
- Biogas production from co-digestion of a mixture of cheese whey and dairy manure. Kavacik, B., Topaloglu, B. 2010. 9, 2010, Biomass and Bioenergy, Vol. 34, págs. 1321-1329.
- Brasil. Ministerio de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea. . Brasilia, DF : s.n., 23 de agosto de 2005. Normativa no16, pág. 7.
- Cheryan, Munir. 1998. Ultrafiltration and Microfiltration Handbook. 1998.
- Dairy ingredients in bakery, snacks, sauces, dressings, processed meats and functional foods. Chandan, R. C. s.l. : Wiley-Blackwell, 2011, Dairy ingredients for food processing, págs. 473-502.
- De residuo a biogás: aprovechamiento de suero lácteo. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. 2014. Buenos Aires : s.n., 17 de Marzo de 2014, Noticiero Tecnológico Semanal, Vol. 390.
- Enhanced biogas production using cow manure to stabilize co-digestion of whey and primary sludge. Shilton, A., Powell, N., Broughton, A., Pratt, C., Pratt, S., Pepper, C. 2013. 2013, Environmental Technology, págs. 1-6.
- Food Agriculture Organization of the United Nations . Milk availability - Trends in production and demand and médium-term outlook. 2012.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Norma para los quesos de suero; Codex Stan 284-1971. Codex Alimentarius. s.l. : FAO, 1971. Revision 1999-2006. Enmienda 2010.

- Fox, P. F., y otros. Cheese: chemistry, physics and microbiology. Major cheese aspects. s.l. : Elsevier Academic Press, 2004. Vol. 1, 3th edition.
- Harbutt, Juliet. The world cheese book. New York : DK Publishing, 2009.
- Inda, A. Manejo y usos del lactosuero de quesería. Zamorano : s.n., 2001.
- Innovative two-stage anaerobic process for effective codigestion of cheese whey and cattle manure. Bertin, L., y otros. 2012. 2012, Bioresource technology., Vol. 128, págs. 779–783. doi:10.1016/j.biortech.2012.10.118.
- Jelen, P. Whey-based functional beverages. [ed.] Pauk Paquin. Functional and speciality beverage technology. s.l. : Woodhead Publishing India Pvt Ltd., 2009, 10.
- Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. Parra, R. 62, Medellín : s.n., 2009, Revista Facultad Nacional de Agronomía, Vol. 1, págs. 4967-4982.
- Lehman, H. R. y Zettler, K. H. 1993. Separators for the dairy industry. s.l. : Westfalia Separator, 1993.
- Mawson, J. Fermentation of whey. [ed.] B. Caballero. Encyclopedia of foods Sciences and Nutrition. Second. London : Academic Press, 2003, págs. 6157-6163.
- Nielsen, P. S. 1988. Membrane filtration for whey protein concentrate. [Marketing Bulletin, APV]. Aarhus, Denmark : Pasilac A. S., 1988.
- Optimization of biogas production from co-digestion of whey and cow manure. Hublin, A., Zokić, T. I. y Zelić, B. 2012. 6, 2012, Biotechnology and bioprocess engineering, Vol. 17, págs. 1284-1293
- Paz, M. 2000. Utilización de lactosuero de quesería. Seminario - Taller. Santa Fé de Bogotá, Colombia : C. D. P. A. CENTIA E ICTA, 2000. pág. 33.
- Perfil sensorial e aceitação de bebida láctea achocolatada. Pflanzler, S. B., y otros. 2, Campinas: s.n., 2010, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Vol. 30, págs. 391-398. Revista disponible online. ISSN 0101-2061.
- Proceedings of the second international whey conference. Fédération Internationale du Lait, International Dairy Federation (FIL/IDF). 1997. Chicago, USA : s.n., 1997.
- P., Jelen. Whey cheese and beverages. Whey and lactose processing. s.l. : J. G. Zadow, 1992, 5.
- Review: Technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. Pintado, M. E., Macedo, A. C. y Malcata, F. X. 2, 2001, Food Science and Technology International, Vol. 7, págs. 105-116.

- Rodríguez, R., Bailat, F., Testasecca, G. 2013. Generación de Biogas a partir del Lactosuero Ácido. INTI Ambiente. 2013.
- Sensory and microbiological Shelf-Life of a commercial ricota cheese. Hough, G., y otros. 1999, Journal of Dairy Science, Vol. 82, págs. 454-459.
- Tobares, L. 2012. La Importancia y el Futuro del Biogas en la Argentina. [3er Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación]. 2012.
- Towards the scale-up of agro-food feed mixture for biogas production. Battista, F., y otros. 2013. 4, 2013, Journal of Enviromental Chemical Engineering., Vol. 1, págs. 1223-1230.
- Whey-based beverages - a new generation of dairy products. Jeličić, I., Božanić, R. y Tratnik, L. 2008. 3, 2008, Mljekarstvo, Vol. 58, págs. 257-274.
- Zadow, J. G. 1992. Whey and Lactose processing. 1992