



# NOTA BREVE SOBRE LAS TECNOLOGÍAS DE LA CADENA DE FRÍO

## EL SECTOR DE LA PRODUCCIÓN Y PROCESADO DE ALIMENTOS




**ONU**  
programa para el  
medio ambiente



*Reconocimiento: Este Informe de la cadena de frío ha sido preparado por Jacques Guilpart (Presidente de la Sección C del IIF/IIR), ha sido revisado por Jim Curlin y Ezra Clark, expertos de la ONU OzonAction de Medio Ambiente y también por varios expertos de las comisiones del IIF/IIR.*

# **IIF/IIR-ONU Medio Ambiente**

## **Nota breve sobre la cadena de frío en el sector de la producción y procesado de alimentos**



Acción por el Ozono  
ONU Medio Ambiente  
1 rue Miollis, Edificio VII  
75015 Paris - FRANCE  
Fax: +33 1 4437 1474  
[www.unep.org/ozonaction](http://www.unep.org/ozonaction)  
[ozonaction@unep.org](mailto:ozonaction@unep.org)

Institut International du Froid  
International Institute of Refrigeration  
177, boulevard Malesherbes,  
75017 Paris - FRANCE  
Tel. +33 (0)1 42 27 32 35  
Fax +33 (0)1 47 63 17 98  
[www.iifiir.org](http://www.iifiir.org)  
[iif-iir@iifiir.org](mailto:iif-iir@iifiir.org)

# 2 La cadena de frío

## Resumen

La cadena de frío se asocia a menudo con el transporte, los minoristas y los frigoríficos domésticos. Sin embargo, la refrigeración también se utiliza ampliamente en la industria agroalimentaria para el almacenamiento de la materia prima y los productos finales, así como para el procesamiento de alimentos. La presente nota informativa ofrece una breve visión global de las aplicaciones industriales de la refrigeración. Las tecnologías de refrigeración actualmente en uso se presentan de forma concisa, de acuerdo al tamaño de la instalación y a sus requisitos de temperatura, y también se discuten los problemas relacionados con el uso de refrigerantes. Como conclusión, se exploran las oportunidades para alcanzar una refrigeración sostenible.

La «cadena de frío» se refiere a las diversas etapas por las que pasa un producto refrigerado \*, ya sea hasta que un cliente lo retira en un entorno minorista o hasta que el producto se descarga de un vehículo de entrega, a pocos metros de su destino final. Desde el momento en que se cosecha una fruta o verdura o se sacrifica un animal, el producto comienza a deteriorarse. Dicho deterioro se puede ralentizar reduciendo la temperatura a la que se almacena. En las frutas y verduras, esto dificulta los procesos metabólicos, lo cual, a su vez, ralentiza su deterioro. Las bajas temperaturas reducen el crecimiento de bacterias potencialmente dañinas en productos cárnicos que se almacenan en estado congelado, lo cual permite enviarlos a cualquier lugar del mundo con riesgos mínimos desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. Es importante que se mantenga un control de temperatura adecuado desde el principio hasta el final de la cadena de frío. Desde la etapa de materias primas hasta las diversas instalaciones de almacenamiento y distribución por las que pasa una mercancía, la refrigeración en el sector del transporte mantiene la temperatura requerida en el producto para maximizar la vida útil y la calidad del almacenamiento los días, semanas o meses que sean necesarios.

## 1 Introducción

Algunos de los productos alimentarios que comemos se pueden consumir prácticamente tal cual, es decir con sólo un mínimo procesamiento. Por ejemplo, las frutas y verduras se pueden comer crudas (ej. manzanas, naranjas, lechugas) o después de su preparación o cocción (alubias, patatas, boniatos). En algunos casos, la preparación y cocción se pueden hacer en plantas de procesamiento alimentario. Esto también es aplicable para los productos cárnicos, aunque la diferencia es que la carne se consume generalmente cocida (por ejemplo, en filetes o guisos) o siguiendo un proceso específico (ej. cocción para el jamón, molido para salchichas). En todo caso, y especialmente para aquellos que implican procesamiento de alimentos, la refrigeración es necesaria para preservar y mantener las cualidades microbianas, nutricionales y gustativas de los alimentos.

La cadena de frío

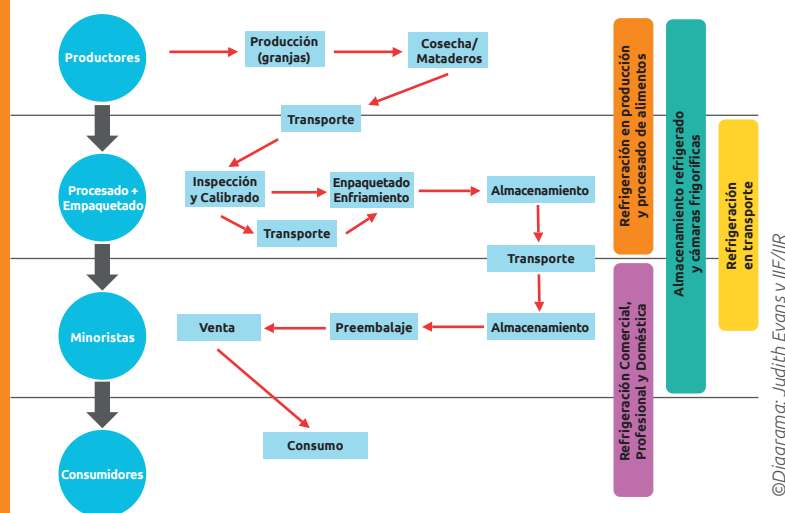


Fig.1

La cadena de frío es por lo general bastante compleja, con alimentos que se enfrían o congelan en más de una ocasión. En todo el mundo se conservan mediante refrigeración alrededor de 400 millones de toneladas de alimentos. El volumen total de cámaras frigoríficas (almacenes refrigerados) a nivel mundial es de unos 600 millones de metros cúbicos. El Instituto Internacional del Frío (IIF/IIR) estima que el número total de sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor en funcionamiento en todo el mundo es de aproximadamente 3 mil millones, incluidos 1.500 millones de frigoríficos domésticos. 90 millones de equipos frigoríficos comerciales están en operación (incluidas las unidades condensadoras, los equipos independientes y los sistemas centralizados). También hay 4 millones de vehículos de carretera frigoríficos (furgonetas, camiones, semirremolques o remolques), 1,2 millones de contenedores frigoríficos (reefers) y 477.000 supermercados, con una superficie que oscila entre 500 y 20.000 m<sup>2</sup>. El IIF/IIR estima que el 45% de la electricidad consumida se debe a equipos de refrigeración (IIF/IIR, 2015<sup>1</sup>).

\* En español el término frigorífico se emplea para designar equipos y dispositivos que mantienen la temperatura baja por medios artificiales. Es usual también utilizar frigorífico para aplicaciones con temperaturas inferiores a 0°C, y refrigerado

<sup>1</sup>IIR, 2015. 29<sup>th</sup> Note: The Role of Refrigeration in the Global Economy.

# 3 Resumen de la refrigeración de los productos alimentarios

Fig.2 : Instalaciones típicas para el pre-enfriamiento de frutas y verduras (izquierda) y productos cárnicos (derecha)  
Fig.3 : Disposición típica de una sala de almacenamiento de frío de frutas (izquierda) y de una cámara frigorífica en un matadero (derecha)

Una cadena de frío eficiente comienza muy temprano en la cadena de suministro, es decir en el momento mismo de la recolección o cosecha de frutas y verduras, o con el sacrificio de animales para productos cárnicos. El nivel de necesidad varía dependiendo de la naturaleza de los alimentos.

## 3.1. Pre-enfriamiento

### 3.1.1. Frutas y verduras

Se requiere un enfriamiento rápido para ralentizar eficazmente el metabolismo de estos productos vivos y extender su vida: cuanto más rápido se reduzca la temperatura, mejores serán los resultados.

Se recomiendan distintas técnicas dependiendo de la naturaleza del producto: se utilizan pulsos de aire para la mayoría de los productos, o también la inmersión o el hidro-enfriamiento en el caso de frutas pequeñas (cerezas, bayas). Para verduras de hoja se utiliza a menudo el enfriamiento al vacío (lechuga, espinacas). Se ha de tener un cuidado especial al impulsar aire frío para que éste se distribuya uniformemente dentro de los palets y productos empaquetados. Para ello, se recomienda utilizar cortinas y/o lonas que obliguen al aire frío a pasar por el conjunto de productos empaquetados (tal y como muestra la Figura 1, a la izquierda). Igualmente, también es aconsejable utilizar espaciadores entre las distintas capas del producto.

### 3.1.2. Productos cárnicos

Los sistemas de inyección de aire frío se utilizan para enfriar las superficies de los productos, evitando así el crecimiento de bacterias y microorganismos dañinos. Además, el enfriamiento rápido de la superficie reduce la pérdida de humedad/peso. A menos que se estimule eléctricamente el cuerpo, se recomienda aplicar un período de exposición a un frío moderado (10-12°C) antes de bajar más la temperatura para evitar el riesgo de acortamiento por frío, lo cual puede ocurrir cuando el cuerpo se expone demasiado pronto a una temperatura demasiado baja.



Fig.2

### 3.1.3. Huevos y productos lácteos

Incluso si la superficie de la cáscara del huevo está inevitablemente contaminada después de la puesta, el interior del huevo permanece estéril siempre y cuando la cáscara no esté rota o abierta. Por ello, algunos países recomiendan mantener los huevos a temperatura ambiente durante el transporte y la venta. De esta manera se consigue evitar una posible condensación en la superficie de la cáscara debido a las fluctuaciones de temperatura, las cuales serían favorables para el desarrollo de gérmenes.

Para los productos lácteos, enfriar la leche después del ordeño es esencial para obtener una materia prima de calidad. Este enfriamiento se realiza en depósitos especializados, capaces de enfriar la leche hasta una temperatura de 4°C en menos de 2 horas.

## 3.2. Enfriamiento

Después del pre-enfriamiento, el producto alimenticio ha de ser enfriado y se debe mantener una temperatura adecuada.

### 3.2.1. Frutas y verduras

El enfriamiento se puede llevar a cabo en dispositivos específicos tales como túneles oreo, pero por lo general se realiza en cámaras frigoríficas dotadas de una ventilación adecuada (Grolee y Delaunay, 1993<sup>2</sup>), a veces incluso en atmósferas modificadas (Leteinturier, 1999<sup>3</sup>).

La temperatura de enfriamiento y conservación depende de la sensibilidad del producto:

- Para productos de alta sensibilidad (por ejemplo, mangos, melones, jengibre, patatas, boniatos) no se recomiendan temperaturas por debajo de 8-12°C, ya que pueden causar perturbaciones en el metabolismo, reduciendo así la vida del producto.
- Para productos de sensibilidad media (por ejemplo, mandarinas, judías verdes o patatas), es posible bajar la temperatura a 4-6°C, pero no menos.
- Para productos de baja sensibilidad, se recomienda una temperatura de 2-3°C, es decir lo más baja posible pero siempre evitando la congelación del producto.

El incumplimiento de las recomendaciones anteriores puede conducir a defectos del producto, tales como picaduras de superficie, decoloración, descomposición interna, falta de maduración, inhibición del crecimiento, marchitamiento, pérdida de sabor o decaimiento.

Cualquiera que sea la sensibilidad del producto, se debe tener especial cuidado en ventilar el centro de la paleta o el envasado con el fin de eliminar los gases y el calor disipado por el metabolismo.

Las temperaturas que se recomiendan tener para almacenar frutas y verduras se pueden encontrar de forma más detallada en la guía "Cold Storage Guide" (Grolee y Delaunay, 1993<sup>2</sup>) y en la página web de Postharvest<sup>4</sup>.



Fig.3

para temperaturas entre 0°C y el ambiente. No obstante, el término refrigeración, y sus derivados, se ha adoptado en multitud de fuentes técnicas en lugar de frigorífico. Por ello, en este documento se utilizará indistintamente tanto frigorífico como refrigerado.

<sup>2</sup>Grolee, J. and Delaunay, J., (1993). Cold Store Guide. 3rd IIR edition, International Institute of Refrigeration (IIR), Paris, 204 p.

<sup>3</sup>Leteinturier, J., 1999. Preservation of fruit, vegetable and plant-derived products using refrigeration. Bull. IIR, 1999, vol. 79, 12 p.

<sup>4</sup><http://postharvest.ucdavis.edu/>

### 3.2.2. Productos cárnicos

Una vez se ha expuesto el producto a un frío moderado, para evitar el acortamiento por frío, se recomienda exponerlo a una temperatura baja (por debajo de 2°C) con el fin de prevenir o inhibir el crecimiento de microorganismos de deterioro. Dependiendo del equipamiento del matadero, esta baja temperatura se puede lograr en enfriadoras de inyección o directamente en cámaras frigoríficas.

### 3.2.3. Huevos y productos lácteos

En los productos lácteos, es necesaria una rigurosa conservación de la cadena de frío para preservar la calidad sanitaria y organoléptica del producto hasta su consumo o transformación. La conservación de los productos lácteos transformados (queso, yogures, leches fermentadas, ...) debe hacerse a una temperatura adecuada (4-6°C) para evitar el deterioro del alimento o el desarrollo de gérmenes patógenos. En el caso de los huevos, la conservación a temperaturas más altas (8-10°C) puede ser adecuada si la cáscara no está rota o abierta. Sin embargo, la adopción de temperaturas más bajas permite aumentar la vida útil hasta algunos meses. Por ello, en este caso se recomiendan temperaturas algo más bajas (4-6°C).

Tanto para los productos lácteos como para los huevos, las temperaturas deseadas se alcanzan almacenando los productos en cámaras frigoríficas convencionales.

## 3.3. Congelación

La congelación es un proceso que consiste en bajar la temperatura de un producto por debajo de su punto de solidificación. La reducción de la temperatura de los productos alimentarios reduce la velocidad a la que se producen las reacciones químicas. La congelación impide el metabolismo de la fruta y productos vegetales, y por ello, mientras el producto permanezca congelado, puede permanecer almacenado durante mucho tiempo.

En la mayoría de los casos, este proceso de congelación se lleva a cabo en equipos específicos diseñados para alcanzar bajas temperaturas y altas velocidades de aire (normalmente de -35°C a -45°C y de 3 a 7 m s<sup>-1</sup>) con el fin de garantizar una congelación rápida del producto. A continuación, el producto se almacena a baja temperatura (por debajo de -18°C) siguiendo las exigencias de las normas internacionales (FAO, 2008<sup>5</sup>).

## 3.4. Sobre-enfriamiento (supercooling y superchilling)

Recientemente han aparecido en la cadena de frío nuevos procesos de almacenamiento de alimentos. Se trata del supercooling (bajando la temperatura de un producto alimenticio justo por debajo de su punto de congelación, pero sin formación de hielo) y super-chilling (congelación parcial de un alimento a una temperatura justo por debajo de su punto de congelación). Estas técnicas se han adaptado a productos animales como el salmón y la carne de cerdo, y prolongan considerablemente la vida útil del producto (Kaale, 2011<sup>6</sup>). Sin embargo, la dificultad para definir y mantener la temperatura adecuada en estos procesos limita su uso a las industrias de alta tecnología y a los transportes frigoríficos.

## 3.5. Otros procesos alimentarios que requieren refrigeración

Mientras que la refrigeración es generalmente conocida como una parte esencial de la cadena alimentaria (para su conservación y almacenamiento), también se emplea en muchos otros procesos alimentarios industriales relacionados con productos de alta calidad. A continuación, se presenta una lista no-exhaustiva de dichos procesos:

- Cristalización de la grasa para la texturización de mantequilla, margarinas y algunos quesos blandos.
- Crio-separación de componentes no deseados como el ácido tartárico en vinos blancos y champán.
- Crio-concentración de componentes (ej. zumos de frutas)
- Liofilización (secado por congelación) de bienes y bebidas, entre las más conocidas, el café.

Fig.4 : Típicos productos alimentarios conservados en estado congelado

Fig.5 : Ejemplos de sobre-enfriamiento: Salmón (en alto) y dientes de ajo sobre-enfriados (abajo)

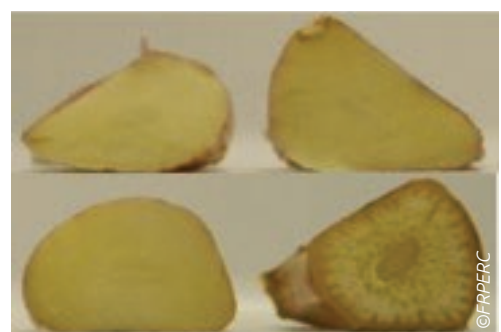


Fig.4



Fresca

Refrigerada



Sobre enfriada

Congelada

Fig.5

<sup>5</sup>Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2008. Code of Practice for the Processing and Handling of Quick Frozen Foods CAC/RCP 8-1976.

<sup>6</sup>Kaale, L. D., 2011. Superchilling of food: A review. Journal of Food Engineering. Volume 107, Issue 2, December 2011, Pages 141-146.

# 4 Refrigeración industrial y procesado de alimentos

La refrigeración se utiliza ampliamente para el almacenamiento y el procesado de alimentos. Los sistemas de refrigeración y los bucles de distribución de frío utilizados en dichas instalaciones dependen esencialmente de las temperaturas y capacidades requeridas.

## 4.1. Instalaciones de centros comerciales

En dichas aplicaciones, la refrigeración viene garantizada por lo general con sistemas clásicos de expansión directa de vapor en una sola etapa. Los compresores de pistón/recíprocos se utilizan ampliamente, y la refrigeración viene producida por el propio refrigerante. Estos sistemas ofrecen numerosas ventajas entre las que destacan su sencillez, fiabilidad, bajo coste y facilidad de implementarlos y mantenerlos.

## 4.2. Instalaciones de gran tamaño

La investigación en tecnologías de refrigeración de alta eficiencia energética ha llevado al desarrollo de otras tecnologías más adaptadas, aunque por lo general resultan más caras en términos de inversión y mantenimiento.

- Para el enfriamiento, se recomiendan sistemas de una sola etapa con evaporadores inundados. Se reduce sustancialmente la carga de refrigerante utilizando un refrigerante secundario para la distribución del frío (por ejemplo, con propilenglicol).
- Para la congelación, se suelen utilizar y recomendar los sistemas de refrigeración de doble etapa (generalmente con compresor de tornillo y/o pistón en serie) con evaporadores inundados.
- Para el enfriamiento y la congelación, los compresores de tornillo se utilizan a menudo debido a su alta relación entre la capacidad de refrigeración y su tamaño, incluso aunque los compresores de pistón grandes puedan realizar fácilmente dicho trabajo.



Fig.6



Fig.7

# 5 Refrigerantes utilizados actualmente y posibles alternativas

Los refrigerantes utilizados para la producción de frío dependen del tamaño de la instalación y de la temperatura requerida.

## 5.1. Instalaciones pequeñas

En estas aplicaciones, se utilizan por lo general refrigerantes inflamables de baja toxicidad, como los hidrofluorocarbonados (HFC). Debido a su alto potencial de calentamiento global (Poder de Calentamiento Atmosférico, PCA), los reglamentos de la UE e internacionales sobre el cambio climático (enmienda de Kigali) exigen a los países que reduzcan progresivamente o que incluso que recorten completamente su uso (IIF/IIR, 2015<sup>7</sup>), (Reglamento F-Gas, 2014<sup>8</sup>).

Las alternativas a los HFCs podrían ser refrigerantes de PCA bajos y/o mezclas de refrigerantes adaptados a la temperatura requerida. Estas mezclas están diseñadas para ofrecer el mejor compromiso entre impacto ambiental, seguridad y prestaciones energéticas. Sin embargo, la mayoría de estas mezclas presentan un deslizamiento muy alto. Para algunas aplicaciones, esta particularidad puede ocasionar ciertos problemas y requerir una atención específica.

Otras posibles alternativas que se están empezando a desarrollar en pequeñas instalaciones son (RealAlternatives, 2015<sup>9</sup>):

- Uso de hidro-fluoro-olefinas (HFOs), una familia de refrigerantes que posee un PCA muy bajo. La disponibilidad, el coste actual y su ligera inflamabilidad limita el uso generalizado de estos refrigerantes. Además, la acumulación a largo plazo de sus residuos de descomposición todavía ha de ser revisada y estudiada por su impacto en el medio ambiente.

- El uso de hidrocarburos (por ejemplo, isobutano o propano) es posible, pero sólo para cargas de refrigerante muy bajas, debido a su alta inflamabilidad.

- Se está implantando cada vez más el uso de dióxido de carbono. Si bien las prestaciones intrínsecas de este refrigerante son inferiores a las alcanzadas con otros, el bajo impacto ambiental así como los progresos realizados en el diseño de bucles de CO<sub>2</sub> hacen de esta una alternativa potencialmente sostenible, especialmente en climas templados (IIF/IIR, 2000<sup>10</sup>).

<sup>7</sup>IIR 26<sup>th</sup> Informatory Note, 2015. Overview of Regulations Restricting HFC Use, Focus on the EU F-Gas Regulation, January 2015.

<sup>8</sup>Reglamento F-Gas, 2014. Reglamento (UE) no 517/2014 sobre los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga el Reglamento - de 16 de abril de 2014.

<sup>9</sup>RealAlternatives, 2015. IIR - IoR Life European project. Available at: <http://www.realalternatives.eu>

<sup>10</sup>IIR 15<sup>th</sup> Informatory Note, 2000. Carbon dioxide as a Refrigerant, February 2000.

Fig.6 : Unidades de refrigeración típicas de instalaciones pequeñas (izquierda) y medianas (derecha)

Fig.7 : Unidad típica de refrigeración en instalaciones de tamaño grande

Fig.8 : Sistemas típicos para refrigeración industrial, con doble etapa y separador líquido-vapor

Fig.9 : Instalaciones típicas de refrigeración industrial basadas en un bucle secundario

## 5.2. Instalaciones de gran tamaño

En este tipo de instalaciones, lo habitual es utilizar amoníaco. A pesar de ciertas características de este refrigerante, (por ejemplo, su toxicidad) se puede utilizar durante mucho tiempo en grandes circuitos de frío, y sin ninguna otra restricción a parte de las impuestas por su toxicidad. Sin embargo, y siguiendo regulaciones específicas de diseño y mantenimiento, es posible reducir el riesgo y disponer así de instalaciones más seguras (Pearson, 2008<sup>11</sup>).

Para la congelación, lo más estándar son los sistemas de doble etapa con recipientes de separación de líquido y vapor, además del uso de compresores de tornillo.

Dado el bajo PCA del amoníaco, usar dicho refrigerante suele resultar la mejor opción. Cuando se trata de reducir el peligro relacionado con un refrigerante, algunos enfoques se han seguido durante mucho tiempo, mientras que otros se han estado desarrollando más recientemente:

- Para el enfriamiento, el uso de un bucle de distribución de frío basado en un refrigerante secundario (ej. propilenglicol) es una tecnología que ha existido durante mucho tiempo. Reduce significativamente la cantidad de amoníaco presente en el sistema, y por lo tanto mejora sustancialmente la seguridad de la instalación.
- Para la congelación, el uso cascadas de doble etapa con, por ejemplo, HFC-R134a o amoníaco en la etapa de alta temperatura y CO<sub>2</sub> en la etapa de baja temperatura también reduce la carga de amoníaco.
- El progreso realizado en el diseño de bucles de CO<sub>2</sub> ha incrementado el uso de sistemas completos de CO<sub>2</sub>, especialmente para almacenes de congelación y baja temperatura.

Tabla 1: Resumen de refrigerantes actuales y alternativos

Refrigeración en la producción y procesado de alimentos		
Tipo de instalación	Refrigerantes actuales con un PCA más alto (PCA kg. CO <sub>2</sub> )	Refrigerantes alternativos con un PCA más bajo (PCA kg. CO <sub>2</sub> )
Pequeña	HFC-134a (1360), HCFC-22 (1810), HFC-404A (3920), HFC-407C (1920)	R-744 (1), HC (1.8 - 20), HFO-1234 yf y ze (<1-2), Mezclas de bajo PCA como los HFC-HFO (< 1300)
Grande	R-717 (0), HFC-404A (3920), HFC-507A (3990), HFC-134a (1300)	R-717 (0); R-744 (1)



Fig.8



Fig.9

<sup>11</sup>Pearson, A, 2008. IIR guide on Ammonia as a Refrigerant. 3rd IIR edition, International Institute of Refrigeration (IIR), París, p.88.

# 6 Perspectiva y retos de desarrollo

Gracias a su rendimiento, compacidad y fiabilidad, se han utilizado durante más de un siglo los sistemas de compresión-expansión de refrigerantes que cambian de fase, y probablemente continuarán siendo utilizados durante mucho tiempo.

## 6.1. Retos técnicos

El verdadero desafío consiste en desarrollar y utilizar refrigerantes con alto rendimiento energético, bajo impacto medio ambiental y baja peligrosidad (por ejemplo, baja inflamabilidad y toxicidad). Existe una gran variedad de mezclas de refrigerante actualmente en el mercado, pero sin embargo no se ha descubierto todavía ningún refrigerante "universal", y probablemente nunca sea descubierto ninguno.

Algunas tecnologías alternativas, como son los sistemas de absorción y adsorción, han sido desarrolladas en el pasado y siguen siendo objeto de investigación. En la actualidad, estos sistemas tienen una inercia muy alta y siguen siendo difíciles de controlar en instalaciones con grandes cargas de refrigeración. El coste de inversión de dichos sistemas es también más alto en comparación con los sistemas convencionales, y hay pocos técnicos calificados para garantizar un buen mantenimiento.

## 6.2. Políticas que impulsan el sector

La industria de refrigeración y aire acondicionado ha sido testigo de un considerable desarrollo y modernización en las últimas tres décadas. Esto ha sido posible, en parte como resultado de las políticas internacionales en materia medio ambiental. Dichas políticas consideran muchos de los refrigerantes que se han utilizado eficientemente durante décadas como responsables del agotamiento de la capa de ozono, así como del calentamiento global. La eliminación gradual de las sustancias que reducen el ozono (SAO), en virtud del Protocolo de Montreal, ha desencadenado cambios significativos en la industria encaminando ésta hacia refrigerantes y tecnologías alternativas con cero potenciales de agotamiento de ozono (ozone depletion potential, ODP).

En octubre de 2016, la enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal aportó otra dimensión al mandato del Protocolo de Montreal, incorporando el control de la producción y el consumo de hidrofluorocarburos (HFC). Se espera que estos refrigerantes tengan una contribución importante a la lucha contra el cambio climático. El control de la producción y el consumo de HFCs aumentará los beneficios climáticos ya alcanzados por el Protocolo de Montreal mediante la eliminación gradual de los SAO, incluidos los CFCs y los HCFCs. Las emisiones de HFCs también se consideran dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en virtud de los convenios relacionados sobre el clima, es decir, el Acuerdo de París y anteriormente el Protocolo de Kioto. Sin embargo, aún no se han establecido medidas para controlar específicamente las emisiones de HFCs dentro del ámbito climático, excepto para los requisitos de provisión de información dentro del marco de la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).

El impacto climático del refrigerante de los equipos de refrigeración depende de sus efectos directos e indirectos. El efecto directo proviene de su potencial de calentamiento global (PCA) y la cantidad de refrigerante emitida a la atmósfera (ya sea por fugas, accidentes o por manipulación o eliminación inadecuadas). El efecto indirecto se asocia con la energía consumida durante la operación de equipos a lo largo de su vida útil. Dicho consumo produce de forma indirecta una cantidad considerable de CO<sub>2</sub> (y CH<sub>4</sub> en menor cantidad) en las plantas de energía de combustibles fósiles, y por ello el efecto indirecto es comúnmente mayor que el efecto directo. Para minimizar los impactos directos e

indirectos de todos los tipos de refrigerantes, las emisiones deberían abordarse mejorando el diseño, adoptando mejores prácticas de puesta en marcha y mantenimiento, así como adoptando procedimientos de desmantelamiento claros y aplicando todas las normas y reglamentos locales pertinentes.

Existen varias organizaciones que son las principales en el desarrollo de estándares relacionados con el sector de la refrigeración y aire acondicionado. El folleto de la UNEP denominado "International Standards in Refrigeration and Air-Conditioning" (PNUMA, 2014<sup>12</sup>) resume las principales organizaciones internacionales de normalización y proporciona algunos ejemplos de organizaciones nacionales y regionales de normalización.

El sector de la cadena de frío es uno de los segmentos de negocio más importantes, pero sin embargo no se ha tratado todavía con un enfoque integral. Esto se debe a que interviene en diferentes áreas económicas, sociales y técnicas, es decir, la industria alimentaria, la salud, la refrigeración, el transporte, el turismo, etc. Incluso en diferentes grupos o dentro de un mismo país, hay distintas normas y direcciones a la hora de seleccionar tecnologías dentro de la cadena de frío con menos impacto ambiental, mayor eficiencia energética y economía asequible. En septiembre de 2015, la Comunidad Internacional adoptó los Objetivos de Desarrollo Sostenible de 2030 que estipulaban el objetivo #2 "Hambre Cero" como el segundo objetivo mundial para alcanzar de cara a 2030. Esto implica una necesidad urgente de gestionar de forma eficiente los portafolios de "Seguridad Alimentaria" y "Desperdicio de Alimentos", lo cual depende de las capacidades de la cadena de frío. Si bien este objetivo puede señalarse como el objetivo principal en relación con la cadena de frío, otros objetivos también están relacionados con dicho negocio, como por ejemplo el objetivo #3 en materia de Salud y bienestar, el #9 (Innovación e infraestructura de la industria), el #12 (Consumo y producción responsables), así como el #13 (Acción climática).

<sup>12</sup>PNUMA, 2014. Normas Internacionales de Refrigeración y Aire Acondicionado. Introducción al papel que desempeñan dichas normas en el contexto de la eliminación de los HCFC en los países.

## Conclusiones

La refrigeración industrial es el primer paso en la cadena de frío, donde los alimentos se procesan y almacenan antes del transporte, el comercio minorista y el consumo. El sector de la refrigeración se enfrenta a varios desafíos relacionados con la fiabilidad, el rendimiento (reducción del consumo de energía), el impacto medioambiental (promoviendo el uso de refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global y teniendo en cuenta los problemas de seguridad), las regulaciones y económicas. Las soluciones para alcanzar una refrigeración industrial sostenible dependen del tamaño de la instalación y del nivel de temperatura requeridos. Estas soluciones existen y deben implementarse. Sólo entonces se podrá continuar proporcionando alimentos seguros y de alta calidad y contribuir al desarrollo y bienestar a nivel mundial.

*Exención de responsabilidad: Las denominaciones empleadas y la presentación del material de esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la Unidad de Medio Ambiente de la ONU ni del IIF/IIR con respecto a la situación jurídica de cualquier país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites. Además, las opiniones expresadas no representan necesariamente las decisiones o políticas de la Unidad de Medio Ambiente de la ONU ni del IIF/IIR, y la cita de nombres comerciales o procesos comerciales tampoco constituye ningún apoyo a las mismas.*