

# INTERCAMBIADORES DE CALOR: RESULTADOS DE UNA ENCUESTA

Dylan Chevalier, Christian Nicolas, Gerard Amand, Antoine de la Morinière  
y Marie Laure Cloarec

TeMA, 2013 : 27 : 9-14

## Resumen

*La subida de los precios de la energía ha representado un grave problema para los criadores de aves. El gasto por calefacción, para la cual el gas propano es lo más utilizado, constituye hoy en día la primera partida en los costes de crianza -unos 20.000 €/año para una explotación de 3.000 m<sup>2</sup>. Una parte del consumo de gas está relacionada con las pérdidas relativas a la renovación del aire de las naves, que se hace necesaria para la eliminación del exceso de vapor de agua y de gases nocivos. La utilización de intercambiadores de calor permite recuperar las calorías procedentes del aire viciado extraído del local para recalentar el aire nuevo entrante. Desde la aparición en el mercado de estos sistemas en el 2009, cerca del 20% de los avicultores han optado por invertir en ellos.*

*Esta encuesta, realizada a 795 avicultores, tenía como objetivo establecer un primer balance sobre la eficacia de estos sistemas y hacer hincapié sobre las condiciones de uso y los problemas surgidos. Se han podido analizar también los beneficios obtenidos por 197 granjeros usuarios de los recuperadores de calor desde hace seis meses. De ello se extrae que, según los criadores, estos aparatos les han permitido realizar un ahorro de gas de alrededor del 28%, un descenso del nivel de higrometría del 11% y una reducción de las cantidades de paja utilizada del orden del 15%. Los intercambiadores instalados habrían permitido también mejorar el ambiente -especialmente el amoníaco-, y los rendimientos técnicos -en el 40% de los casos-. El 55% de los criadores señalan la dificultad de su limpieza y desinfección, con un tiempo medio de trabajo estimado para esta operación de una hora y cuarto por aparato y por lote durante el vacío sanitario. Los consumos de electricidad aumentan en el mismo tiempo del orden del 7%. La encuesta indica por fin que los criadores usuarios de recuperadores de calor están satisfechos de su inversión.*

## Contexto

La subida del precio de la energía se ha convertido en una problemática real para los criadores de aves. El precio del propano distribuido a domicilio ha alcanzado rápidamente elevados niveles, pasando de 600 € en el 2006 a más de 950 €/ tonelada en el 212<sup>(1)</sup>. Utilizada para la calefacción de los edificios, esta fuente de energía fósil constituye hoy en día la primera partida económica de los avicultores, con gastos que pueden llegar a alcanzar hasta el 35% del total de los costes operacionales -encuesta de las cámaras de agricultura del Gran Oeste, 2010/2011-. El consumo medio de propano en la producción de aves para carne estándar y certificadas es de alrededor de 7,6 kg /m<sup>2</sup>/año -referencia CRA -ITAVI- ADEME, 2008- o sea un gasto de más de 20.000 €/año para una explotación de 3.000 m<sup>2</sup>.

La recuperación de calor por intercambiador aire - aire permite disminuir sensiblemente la factura energética, mejorando al mismo tiempo las condiciones de crianza. Muchos avicultores han optado, por tanto, por invertir, a menudo apoyados financieramente por ayudas públicas y hasta privadas, para equipar sus naves con estos sistemas. Paralelamente, nuevos aparatos hacen progresivamente su aparición en el mercado. Al final hoy en día se estima que el 20% del parque nacional de gallineros, destinados a aves para carne estándar y certificadas, están equipados con ellos. La utilización de un sistema de recuperación de calor por intercambiador de aire permite limitar las pérdidas de energía en el arranque para recalentar el aire fresco exterior antes de introducirlo en el edificio. Así se asegura la renovación de aire mínima del edificio por el intercambiador. Una parte del calor aportado por los animales y la calefacción se transfiere al aire nuevo entrante, que se recalienta por el calor sensible -la transferencia de calor se hace por convección a través de las placas o tubos de intercambio del aparato- y el calor latente -el agua al pasar del estado gaseoso al estado líquido libera calorías-. Estas transferencias se hacen sin contacto directo o de mezcla entre las dos masas de aire. La condensación del vapor de agua contenido en el aire cálido saliente es más o menos importante, incluso nula, según las condiciones de temperatura exteriores y los niveles de

1 N. de la R.: La evolución y el aumento de los costes del gas ha sido similar en España. Ver en la figura 1 un gráfico recopilado por gentileza de de la Cooperativa de Guissona sobre los precios en este país.



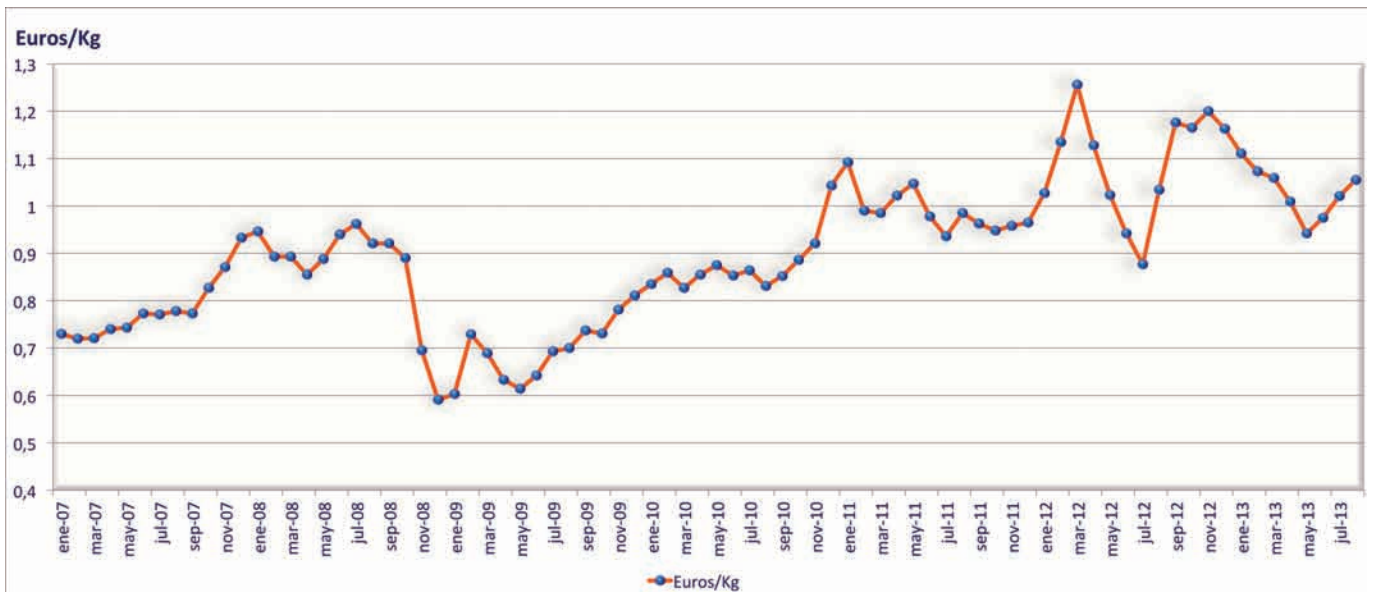


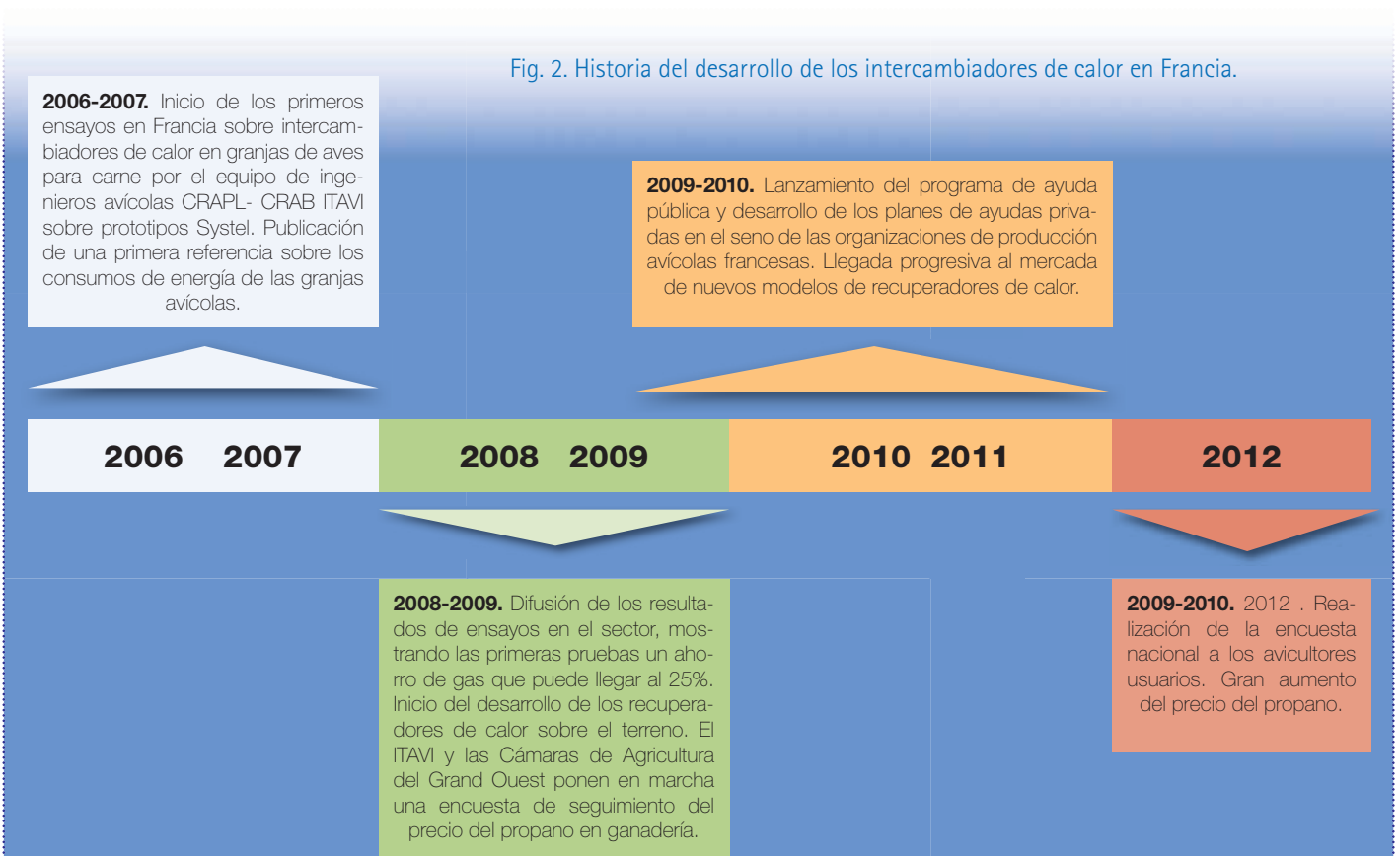
Fig. 1. Evolución de los precios del gas propano a granel en España, en €/Kg (Inf. Cooperativa de Guissona)

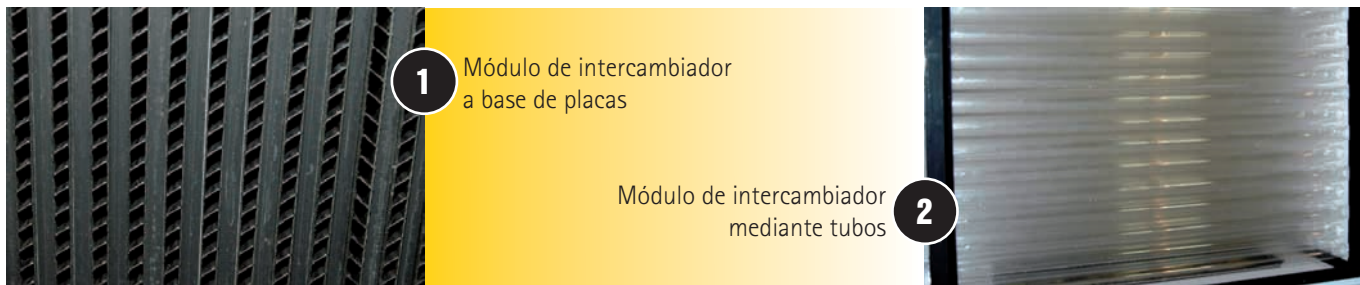
temperatura y de higrometría interiores. Pueden distinguirse dos tipos de recuperadores de calor: los intercambiadores de placas -los más extendidos actualmente en el sector avícola, foto 1- y los intercambiadores a base de tubos -foto 2-.

### Planteamiento de la encuesta

El método clásico consistía en encuestar a avicultores que contaran ya con más de seis meses de experiencia. Se ha podido constituir una muestra de 795 granjas equipadas gracias a los

Fig. 2. Historia del desarrollo de los intercambiadores de calor en Francia.





datos extraídos de las encuestas de las cámaras de agricultura del Grand Ouest y del ITAVI y con la colaboración de los equipos de Big Dutchman, Elva, Lead LeRoy Concept y Systel. Se ha realizado también un cuestionario con 138 preguntas que se ha enviado por correo en abril del 2012. En mayo y julio se ha efectuado un nuevo envío postal para aumentar el número de respuestas. Se han hecho también más de 50 llamadas telefónicas para completar los cuestionarios que se habían rellenado parcialmente. Algunas visitas sobre el terreno han permitido también precisar las respuestas y adquirir datos sobre las características de los equipamientos. El cuestionario comprendía varios capítulos para:

1. Describir las instalaciones –explotación, edificio, recuperadores de calor, elementos de seguridad, tipos de accesorios, costes...-,
2. Caracterizar el nivel de eficacia de los aparatos –energía, ambiente, resultados técnicos, comportamiento de los animales, cargos...-,
3. Precisar sus modalidades de utilización –pilotaje, manera de funcionar, limpieza...-

Para cada indicador de eficacia la cuestión planteada era la siguiente: “¿desde que usted ha colocado los recuperadores, el resultado es peor, estable o mejor?”. Se ha pedido igualmente una cifra aproximada de la evolución a la baja o al alza de estos diferentes indicadores. Las respuestas “estables” significan por ejemplo “ningún ahorro” puesto que la evolución cifrada retenida ha sido de 0.

Se ha utilizado el “logiciel” de encuestas SPHINX para entrar los datos y realizar análisis simples –cruzamientos de criterio 2 a 2, medias, frecuencias y distribuciones-. El logiciel de estadísticas R se ha utilizado para efectuar análisis multivariados.

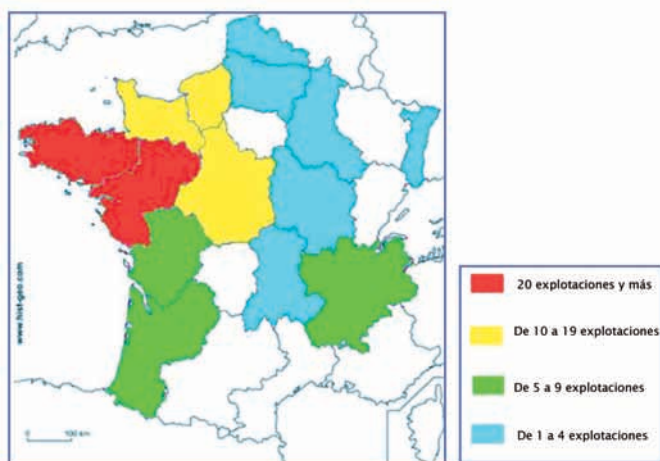


Fig. 3. Distribución de las respuestas a la encuesta.

En la medida en que, para un intercambiador determinado, el caudal de aire suministrado por el fabricante es a menudo diferente para el aire nuevo y el aire viciado, para el cálculo de los caudales de los intercambiadores hemos escogido tener en cuenta el caudal teórico de los ventiladores que hacen que el aire recalentado entre en la nave. En cuanto a la superficie de intercambio, se trata de la superficie de una placa o un tubo multiplicada por el número de placas / tubos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de las muestras

El número de contestaciones ha sido de 25%, o sea 201 cuestionarios utilizables. La muestra está constituida por 197 explotaciones distribuidas por todo el territorio francés –37 departamentos-, pero con dominio del Grand Ouest, de acuerdo con la realidad de las localizaciones de las granjas avícolas. Estas explotaciones albergan un total de 470 edificios, de los cuales 331 están equipados con recuperadores de calor –o sea el 70%-. Los edificios equipados son más bien antiguos –una media de edad de 19 años- pero los criadores encuestados han calificado entre buena y excelente la calidad de su estanqueidad y su aislamiento en el 82% de los casos. El 17% de los edificios tiene menos de diez años.

Además, el 53% de los edificios disponen de ventilación dinámica y el 42% son de ventilación estática –no se especifica en un 5%-. Más del 24% de los edificios se han beneficiado de una renovación energética en los últimos 4 últimos años –mejoría de la estanqueidad, del aislamiento, de la calefacción y/o dinamización de la ventilación-. Estas diversas constantes sugieren que la mayor parte de los edificios de la muestra están realmente bien aislados y estancos, con lo que confirman las respuestas de los criadores.

La encuesta indica que los recuperadores de calor están presentes en el seno de diferentes sectores de producción –pollitas reproductoras pesadas, aves reproductoras, aves para carne estándar, certificadas y label, patos listos para cebar- y de la mayor parte de las especies avícolas. La muestra comporta un 49% de cría de pollos, 41% de pavos, 5% de patos y 4% de pintadas. Esto indica que los intercambiadores se han diseñado para responder a las diferentes situaciones y problemáticas de la granja, incluso en el caso de edificios sin calefacción, por ejemplo para aves reproductoras.

En la muestra se han puesto de relieve diversos modelos y marcas de recuperadores –ERC 500, PRC 180, PRC 31, LLC, ELVA, AGROSUPPLY, PLETTENBURG Y EARNY. Figura 4-. Vemos también que los tres aparatos ERC 500, PRC 180 y LLC son los más representados por equipar, respectivamente, el 37 %, 35% y 21% de

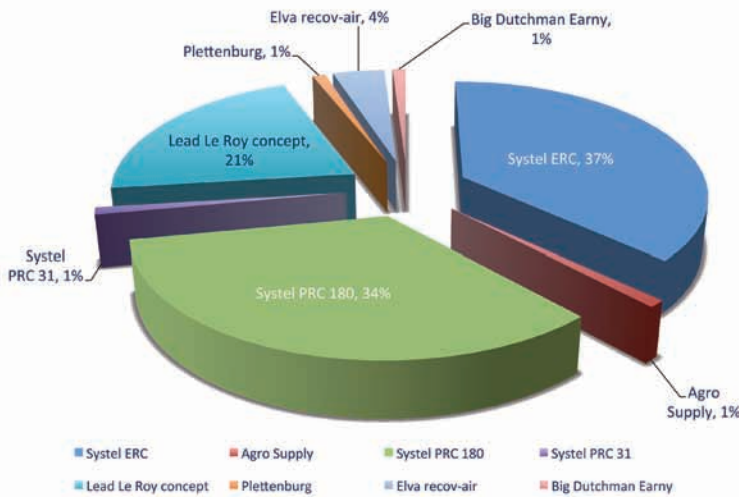


Fig. 4. Marcas y modelos representados en la encuesta

las naves de la muestra. Estos modelos tienen pues una influencia mayor sobre los resultados generales obtenidos. Existen diferencias de los rendimientos entre modelos. Sin embargo, en la medida en que los modelos han evolucionado en el tiempo y las condiciones climáticas de obtención de resultados son variables, hemos optado por presentar los datos solamente para el conjunto de la muestra, sin distinción de los resultados para cualquier modelo comercial. La mayor parte de los sistemas estudiados en la encuesta han sido instalados en el 2011 -el 49%- . Aunque la encuesta se hace sobre una muestra y nosotros no podemos indicar de manera precisa el nivel de progresión anual, sí sabemos que el número de instalaciones ha aumentado fuertemente desde el 2009.

Por último, el coste medio invertido se eleva a 16.860 €, con montaje incluido -sin impuestos-, para una media de 1.112 m<sup>2</sup> de edificios equipados, o sea 15,6 €/m<sup>2</sup>. Se ha observado una gran variabilidad según los modelos y las dimensiones de instalación.

El dimensionamiento de los recuperadores puede definirse según dos indicadores: el caudal de aire y la superficie de intercambio instalados. En nuestra muestra el dimensionamiento medio se acerca respectivamente a 10 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> de nave -una media de 2,74 en label a 14,34 en pato para carne- y de 0,26 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> de nave -de 0,06 en

label a 0,38 en pato para carne-. Existen disparidades relativas entre producciones, especialmente según las características del edificio y los modelos utilizados.

### El impacto de los recuperadores de calor sobre los consumos de gas y factores de variación

Los resultados indican que el 88% de los criadores han constatado una disminución de su consumo de gas después de la instalación de los sistemas. Teniendo en cuenta el conjunto de respuestas "estable" -índice "0"- y las respuestas "mejor", la evolución media del consumo de gas después de la instalación de los intercambiadores corresponde a -28 % -figura 5-. Además, si se elimina las respuestas "estables" y las respuestas "mejor" pero no cifradas, para considerar tan solo a los criadores que han podido evaluar su ahorro, la evolución media del consumo se establece

entonces a -3,2%. Si en el transcurso del mismo período en el que se realizó la instalación de los intercambiadores de calor se realizaron también trabajos de modernización del local, de la calefacción o de la ventilación, se podría limitar considerablemente la precisión de las evoluciones de los índices indicados por los avicultores encuestados y sobrevalorar particularmente el efecto de los recuperadores de calor. El cuestionario se ha realizado pues de forma tal que los criadores puedan describir sus trabajos y separar, en cuanto sea posible, los datos extraídos solo de los recuperadores de calor. Al final se constata una pequeña diferencia entre explotaciones renovadas -3% de ahorro de gas suplementario- y explotaciones no renovadas, lo que confirma el interés de los datos recogidos sobre este indicador del rendimiento.

Los términos medios de ahorro de gas esconden, de todas formas, grandes disparidades entre explotaciones, con ahorros que pueden ir del 5 al 75% -según el uso y el dimensionamiento de los aparatos- y una variación - tipo medio de 16 %. Para la mayor parte de las producciones de rotación más larga o con niveles de carga por metro cuadrado más débiles -que tienen necesidades de renovación del aire menos importantes-, se constata que las frecuencias de la respuesta "mejor" son elevadas -superiores al

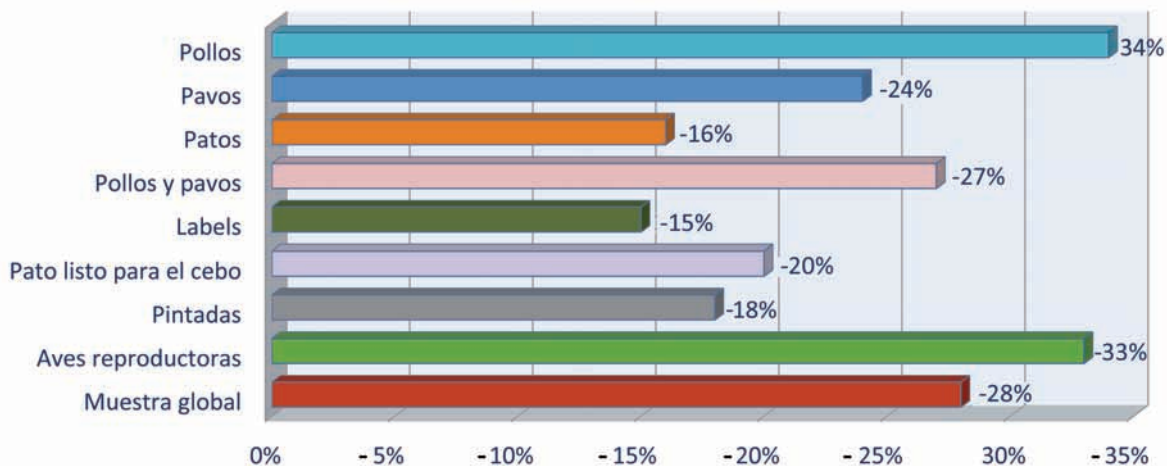


Fig. 5. Impacto de los intercambiadores de calor sobre los consumos de gas según las producciones



## INTERCAMBIADORES DE CALOR: RESULTADOS DE UNA ENCUESTA

67%- pero, lógicamente, menores que para la producción de pollo estándar o certificado. La misma tendencia se confirma con las evoluciones cifradas.

También se estudió la situación de los intercambiadores en los edificios. El 77% de los mismos se han instalado en los lados de los mismos -fachadas largas- y el 23% en un muro piñon. La comparación de los ahorros de energía indica que es preferible, cualquiera que sea el modelo, situar los intercambiadores en los laterales - 7% de ahorro supletorio de media-. Esto se explica por una mejor difusión del aire cuando los sistemas están instalados una pared lateral. Por otra parte, la limpieza de los aparatos situados en el caballete del tejado es frecuentemente más delicada debido a la accesibilidad ya que, frecuentemente, la altura es considerable.

Se ha estudiado igualmente el impacto del modo de funcionamiento de los aparatos. El 42% de los sistemas funcionan de forma cíclica -secuencial-, el 34% de forma progresiva -velocidad variable-

y el 24 % de forma continuada -al 100 % del tiempo-. Se ha sacado la conclusión de que con el funcionamiento progresivo se ahorra más gas que con el cíclico -8% menos de ahorro- o con el continuo -15 % menos de ahorro-. Por otra parte, parece que solo el 28 % de los criadores comienza a utilizarlos desde el precalentamiento, el 38 % a partir del día de llegada de los animales y que el 34% de ellos no ponen en marcha los intercambiadores hasta el tercer día de edad de estos. La puesta en marcha precoz de los sistemas permite obtener ahorros de energía más importantes - 13,5% de ganancia por término medio entre un arranque efectuado desde el precalentamiento o el día de llegada de las aves, en relación a un arranque efectuado después de 3 días-. La renovación de aire debe iniciarse desde el precalentamiento para oxigenar y evacuar el gas de combustión, después, en base a las necesidades de aire de los animales, para responder a las necesidades de estos pero también para optimizar los consumos de energía.



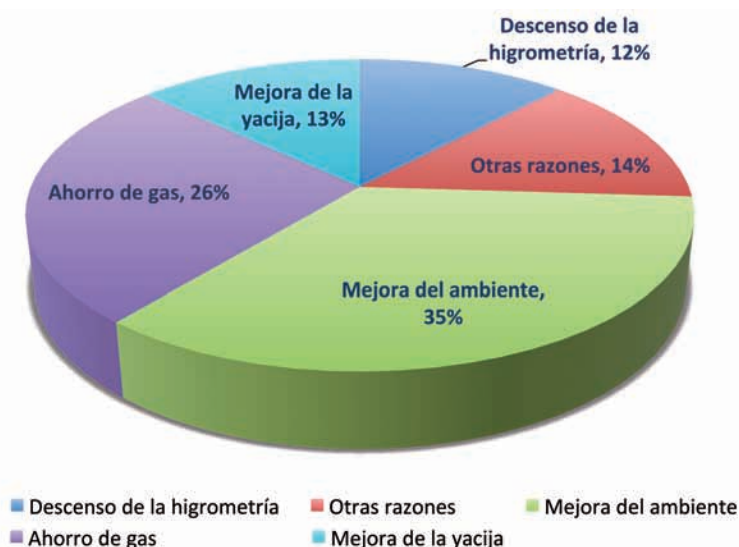


Fig. 6. Puntos de satisfacción citados por los usuarios.

El conjunto de los criadores encuestados ha considerado que el control de los aparatos era fácil y abordable. El empleo de controlers manuales del tipo minutero resulta ser más caro en términos de economía de energía -el 6% de ahorro de media- que el uso de aparatos automáticos de regulación centralizada.

Un 56 % de los criadores consideran que han estado suficientemente bien asesorados técnicamente en el momento de la puesta en practica de los aparatos, el 30% no lo suficiente y el 12 % no lo ha estado. La comparación de los ahorros de gas indica que cerca del 6% de ahorro suplementario lo han obtenido los criadores que han estado bien asesorados. Es pues indispensable que todos los implicados con los criadores -fabricantes, instaladores, técnicos, asesores, etc.- formen y acompañen a los criadores cuando estos pongan en marcha los sistemas.

Para completar la búsqueda de los factores más importantes de variación de los ahorros energéticos, se ha realizado un análisis multifactorial a fin de estudiar la interacción entre las principales variables reseñadas en la encuesta. De él se han podido desprender algunas tendencias. Las condiciones favorables que se asocian a los mayores ahorros de energía son las siguientes: unas naves cuya estanqueidad es excelente, un perfecto aislamiento, una buena superficie de intercambio por m<sup>2</sup> de edificio y un control de los sistemas de forma progresiva. La eficacia de los intercambiadores está particularmente relacionada con la calidad de la estanqueidad. Por último, para optimizar el funcionamiento y contribuir al éxito de la inversión es indispensable realizar un diagnóstico previo del edificio y de las prácticas de cría, así como formar a los futuros usuarios en materia de dimensionamiento, de control y de la limpieza y desinfección de estos aparatos.

### Impacto de los recuperadores de calor sobre los consumos de electricidad

El 61% de los criadores han constatado un aumento de los consumos eléctricos de sus edificios. El alza estimada ha sido, de

promedio, de un 7,75 %, pero la frecuente ausencia de contadores eléctricos específicos en las naves invita a la prudencia en la utilización de esta cifra. El nivel de sobreconsumo eléctrico depende esencialmente del tipo de ventilación de los edificios y de sus diferentes puntos de electricidad. Vemos, por ejemplo, que es mucho mayor en una nave de ventilación estática que en otra dotada de ventilación dinámica.

La encuesta revela igualmente que el 80% de los criadores disponen de un sistema de seguridad eléctrica que permite gestionar los períodos de corte sobre la red. En el caso del 20 % restante -todos con naves estáticas-, es indispensable que instalen un equipo de alarma -como en las naves de ambiente controlado- para evitar el peligro de asfixia de los animales.

### Impacto de los recuperadores de calor sobre las condiciones ambientales dentro de los edificios

El 94% de los criadores usuarios han declarado haber reducido el nivel de humedad interior de las naves. La mejora se ha estimado en un 11 % de media. El 53 % de los criadores han notado una mejoría general del comportamiento animal, el 30 % declaran que han visto disminuir sus gastos de sanidad y el 83% del conjunto de los criadores han declarado que los niveles de amoníaco habían descendido después de la puesta en funcionamiento de los aparatos. Todas estas mejoras se deben, probablemente, a una menor producción de vapor de agua -menos combustión de gas- y a una mayor renovación del aire. En todas las producciones el estado de la yacija ha mejorado: el 88% de los criadores ha constatado esta mejoría. Esto se traduce en una ganancia de los tiempos de trabajo y una reducción de las cantidades de cama inicial colocadas -un 15% de ahorro de yacija de paja o de viruta añadida durante el transcurso de un lote de pavos-.

El 14 % de los criadores interrogados han observado una degradación del nivel de polvo del ambiente, especialmente en explotaciones de pavos o de patos listos para el cebo. Un 43% no han observado cambios después de la instalación de sus sistemas y otro 43% han observado una mejoría -especialmente en pollos y pintadas criados en naves sin ventilación forzada-.

La reducción de la higrometría del ambiente contribuye a mejorar la calidad del aire y permitirá dentro de un tiempo limitar el envejecimiento del material y del edificio.

### Impacto de los recuperadores de calor sobre los rendimientos técnicos

Hemos reagrupado los efectos constatados promediando las respuestas sobre tres indicadores de crecimiento de los animales: el índice de conversión del pienso, el peso vivo medio y el aumento medio diario. De ello se deduce que el 39% de los criadores han constatado una mejoría de los rendimientos del crecimiento y el 61% han observado unos crecimientos estables. Hay que resaltar



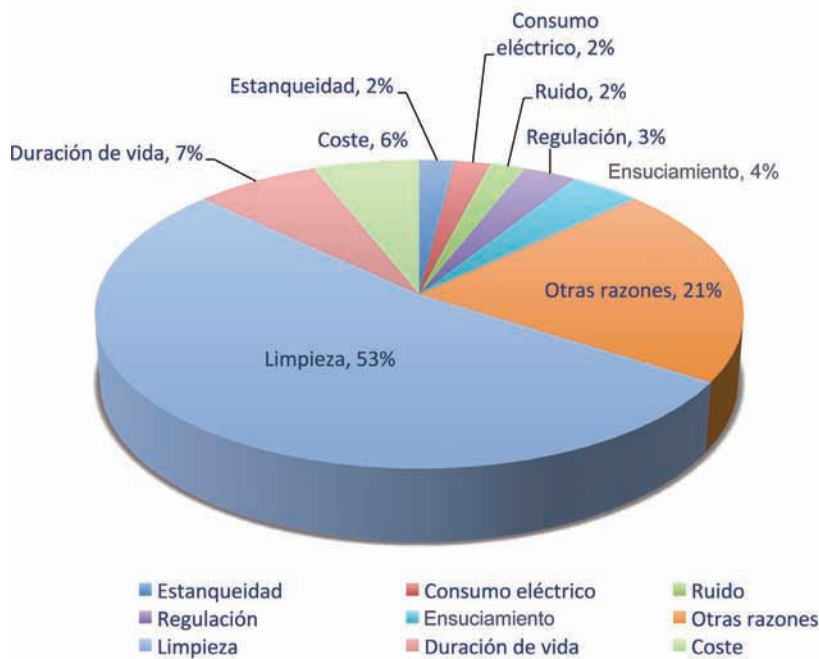


Fig. 7. Puntos problemáticos evocados en las encuestas.

que los criadores de aves reproductoras han constatado igualmente mejoras en sus resultados técnicos –en calidad de los huevos–.

### Problemas surgidos

El 53 % de los criadores encuestados han calificado de difícil la limpieza de los intercambiadores –figura 7–. El tiempo medio de limpieza estimado por aparato y por lote en vacío sanitario es de 73 minutos por término medio, lo que representa un tiempo nada desdeñable. La encuesta revela además que el 25 % de los criadores no desinfectan los sistemas y que el 56 % no desinfectan los aparatos a nivel de las entradas de aire nuevo, consideradas, equivocadamente, como "limpias". Deben establecerse pues unas recomendaciones precisas en términos de limpieza y de desinfección que deberían comunicarse a los usuarios. La limpieza permite la eliminación masiva de las materias orgánicas, la preservación de la función de ventilación de los intercambiadores –garantía de oxigenación– para el mantenimiento del caudal y la conservación del nivel de rendimiento energético de los aparatos –el ensuciamiento limita la recuperación de las calorías–. La desinfección realizada después de una limpieza a fondo del conjunto del aparato y de las canalizaciones de aire permite limitar el peligro de contaminación.

La encuesta revela igualmente que el 67% de los criadores han construido áreas recubiertas de hormigón debajo de los intercambiadores a fin de facilitar la colocación de los sistemas –nivelación y asentamiento– y la limpieza de los accesos. Los aparatos producen importantes volúmenes de condensación que pueden acumularse en la periferia de las naves, por lo que un 35 % de los criadores han instalado ya sistemas de evacuación. Estas prácticas deberían generalizarse para controlar los riesgos sanitarios. Los fabricantes

deberían desarrollar sobre todo aparatos que, por su concepción o por sus accesorios, limitaran el engrasado y mejoraran y facilitarían su limpieza y desinfección –sistemas de filtración o de limpieza, accesibilidad de los aparatos de intercambio, posibilidad de desmontaje, etc.–.

El 19 % de los avicultores se han encontrado con problemas de hielo en sus aparatos. Hemos localizado las zonas geográficas afectadas. Se trata esencialmente de las regiones del Nord Pas de Calais, Alsacia, Auvernia y Borgoña. El 21 % de los criadores habían equipado sus instalaciones con sistemas antihielo –recalentamiento automático por el aire extraído del edificio–. El hielo de los aparatos, que muy a menudo están constituidos con material plástico, fragiliza considerablemente los sistemas y puede dañarlos irreversiblemente. Se recomienda pues encarecidamente, sobre todo a los criadores de las regiones en peligro, instalar los intercambiadores en la cara sur de los edificios y equiparse con sistemas de protección contra el hielo.

### Conclusiones

De esta encuesta, basada sobre 197 explotaciones avícolas francesas, podemos extraer que los intercambiadores de calor, instalados entre 2009 y el principios del 2012, han permitido a los criadores realizar un ahorro medio de gas de alrededor del 30%, un descenso del nivel de humedad ambiental del 11%, una disminución de las cantidades de paja utilizadas del orden del 15% y una mejora del ambiente –por amoníaco y mantenimiento de la yacija–. Los rendimientos técnicos han mejorado en alrededor del 39% de las explotaciones. Los consumos de electricidad aumentan del orden del 7%. Estos sistemas son utilizados en casi todos los tipos de producciones avícolas –aves para carne, para cebo y reproductoras– y se justifican más en el marco de la renovación de las naves que en los edificios nuevos.

Por último, el 90% de los criadores que utilizan intercambiadores de calor están satisfechos de su inversión. El coste medio invertido se eleva a 16.860 € –sin impuestos–, con la instalación incluida, o sea 15,16 €/m<sup>2</sup>, con una gran variabilidad según los modelos y las dimensiones de la instalación. Las razones por las que se ha llevado a cabo la inversión eran, por orden prioritario, el ahorro de energía, la gestión del ambiente, el manejo de las camas, una mejora de los rendimientos y el confort en el trabajo. Después de su utilización, la gran mayoría de los usuarios sitúan el control del ambiente –higrometría, amoníaco, yacija, etc. y el ahorro de energía como principales argumentos para explicar su satisfacción – figura 6 –. Las vías para la mejora de la eficacia de estos sistemas son el acompañamiento técnico reforzado de los utilizadores, el respeto a las normas de instalación –situación, dimensionamiento, etc.–, un control optimizado –control de regulación, funcionamiento progresivo, etc.–, la prevención de los peligros de accidente –alarma por fallo eléctrico – y del hielo y, sobre todo, de una concepción del aparato que facilite una limpieza rigurosa completada con una desinfección total. •