

Proyectos de Investigación IVIA

MEMORIA CIENTIFICO-TÉCNICA

CODIGO: Proy_IVIA10/01

AREA: CONTROL AMBIENTAL DE INSTALACIONES AGROPECUARIAS.

TÍTULO DEL PROYECTO: Modelización y control de instalaciones agrícolas y ganaderas

DURACIÓN PREVISTA: 4 AÑOS

CENTRO: AGROINGENIERIA

1. ANTECEDENTES-INTRODUCCIÓN

Finalidad del proyecto

La capacidad para mantener las condiciones ambientales deseadas en las instalaciones agropecuarias depende del diseño y el rendimiento del sistema de ventilación. Los procesos convectivos de intercambio de calor y de masa rigen fundamentalmente el intercambio en los procesos de ventilación. Como consecuencia de ello, los parámetros ambientales como la temperatura, la humedad y la presencia de determinados gases (por ejemplo amoníaco y dióxido de carbono) se rigen por patrones relacionados con el flujo de aire. Estos patrones de flujo de aire son el vínculo principal entre el aire libre y el microclima de los recintos agropecuarios y, por consiguiente, la comprensión de los principios del movimiento del aire es necesaria a fin de establecer las cantidades de aire y la distribución de los patrones para su correcta aplicación.

El adecuado control ambiental de las instalaciones agropecuarias permite mejorar la calidad de la producción, reducir el impacto medioambiental de la actividad agraria y mejorar las condiciones de trabajo y de bienestar animal. Tradicionalmente, en el diseño y concepción de instalaciones se utilizan diferentes técnicas para estudiar los flujos de aire y los fenómenos de transferencia de calor y de masa: los modelos a escala, la medida del flujo de aire en una instalación tipo y los modelos matemáticos de flujos de aire. Cuando se utilizan los modelos a escala, la validez de la comparación del comportamiento entre la instalación real y el modelo puede ser cuestionable. El segundo método consume mucho tiempo y es complicado de aplicar a recintos en uso, al mismo tiempo que los resultados son difícilmente generalizables. La generación de modelos simulados es más versátil: puede utilizarse tanto en instalaciones existentes como para su diseño.

La finalidad de este proyecto es generar conocimiento para contribuir al control ambiental de las instalaciones agropecuarias. Se elige como herramienta de trabajo la dinámica de fluidos computacional (CFD), que sirve para modelar los procesos de flujo de aire y lograr así una comprensión global en la evaluación y el diseño de sistemas de control medioambiental en dichas instalaciones. Identificamos tres posibles tipos de instalaciones sobre los que una mejora del control ambiental supone un evidente beneficio para la Comunidad Valenciana: los invernaderos, las instalaciones de frigoconservación y los alojamientos ganaderos.

Antecedentes y estado actual del conocimiento

El carácter omnipresente de los fluidos y su influencia en el rendimiento de los sistemas ha supuesto la generalización del uso de la CFD en muchas disciplinas. (CFD) se emplea para estudiar el comportamiento de todo tipo de procesos de transporte que conllevan el flujo de un fluido y transferencias de calor y de masa. Los resultados que ofrecen las simulaciones CFD son distribuciones espacio-temporales de la dirección y la velocidad de un flujo: presión, temperatura y concentración de gases (vapor de agua, CO₂, etileno, amoníaco, etc., según la aplicación). La CFD permite una rápida interpretación y comprensión del problema tratado y facilita el tratamiento de diversos escenarios de forma rápida y relativamente barata para diseñar estrategias de control ambiental.

Los sistemas de ventilación pueden agruparse en sistemas de ventilación natural y forzada. La ventilación forzada ofrece un método directo de modificación del ambiente interior y ha aumentado las expectativas de creación de condiciones climáticas precisas bajo cualquier condición meteorológica externa. Sin embargo, pese a que es la más técnica más eficaz, y se utiliza especialmente para el ganado y los cultivos de alto valor añadido, tiene una gran dependencia energética, lo que ha hecho que aumente la investigación en la ventilación natural. La ventilación natural se rige por dos mecanismos diferentes: la flotabilidad, que depende del calentamiento causado por los flujos convectivos y radiativos entrantes y por los flujos del metabolismo de los ocupantes, y el viento exterior, que provoca diferencias de presión alrededor del edificio que fuerzan el flujo de aire a través de las aberturas de ventilación. La ventilación natural puede mejorarse con un cierto grado de automatización del control ambiental, teniendo en cuenta los procesos y modelos físicos del sistema.

Exceptuando el sureste asiático, en la cuenca Mediterránea se concentra la mayor superficie de invernaderos del mundo. España dispone de la mayor superficie (48.000 ha) dentro de esta. La horticultura de invernadero tiene gran importancia económica y trascendencia social por el volumen de mano de obra que precisa y por el número de puestos de trabajo indirectos que genera. Aproximadamente la mitad de la superficie de invernaderos española está constituida por pequeñas explotaciones familiares en las que este cultivo es la principal entrada económica. El cultivo en invernadero ofrece la oportunidad de mejorar el uso de los recursos agua, fertilizantes, productos fitosanitarios y suelo frente a la horticultura al aire libre. Sin embargo, produce impactos ambientales importantes relacionados con el mayor consumo energético.

Los principales problemas de los invernaderos de la Comunidad Valenciana están relacionados con la transmisividad de luz, la ventilación, la hermeticidad y el control climático. Mientras la producción de hortalizas se lleva a cabo principalmente en invernaderos poco tecnificados de desarrollo y concepción local (invernadero tipo Perelló), la producción de flores y plantas se lleva a cabo en invernaderos multicapilla con sistemas simples de control de temperatura (ventilación en todos los casos y calefacción en algunos). En la nuestra Comunidad los cultivos en invernadero se asientan en zonas donde la presión urbanística es menor, o donde se cultivan productos de gran valor añadido, como flores y plantas ornamentales. El porcentaje de superficie dedicada al cultivo de flores y plantas en invernadero en la Comunidad Valenciana (25%) supera la media nacional, aunque la horticultura sigue siendo mayoritaria, lo que apoya la tendencia al incremento del uso de invernaderos tecnificados con control climático y de fertirrigación. Sin embargo, la mayoría de la investigación sobre control ambiental de invernaderos proviene del norte de Europa, donde los problemas de control (bajas temperaturas atmosféricas y la falta de radiación solar) son totalmente diferentes a los nuestros (falta de ventilación natural eficiente).

Respecto al control de las cámaras de frigoconservación, es sobradamente conocido que la falta de homogeneidad en las condiciones ambientales puede llegar a producir daños por frío, excesivas pérdidas de peso o incluso daños por hongos. La calidad del producto se ve afectada por su posición en la cámara debido a la circulación de aire inadecuada, la insuficiente y heterogénea capacidad de enfriamiento y la distribución no uniforme de la humedad, todo ello derivado de un inadecuado control ambiental. La optimización del control ambiental de cámaras de frigoconservación es imprescindible durante el transporte de frutas con obligación de cuarentena, como es el caso de las clementinas españolas que se exportan a los EEUU, con el fin de evitar la propagación de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied.). En los últimos 10 años se han realizado varios estudios trabajos que aplican la CFD a los flujos de aire en cámaras refrigeradas. Sin embargo, las transferencias de calor y de masa no han sido estudiadas en profundidad y los trabajos de validación han sido bastante limitados. Todavía siguen desarrollándose modelos de turbulencia del flujo a través de medios porosos que se enfrentan a la existencia de turbulencia microscópica que no da lugar a turbulencia macroscópica. Por tanto, el modelado de la turbulencia necesita ser mejorado y, en particular, el modelado de los flujos en medios porosos necesita todavía ser investigado.

En el ámbito europeo el bienestar animal es una de las demandas sociales en el ámbito de la producción ganadera. Existe una normativa específica adaptada a cada especie que, en general, se refiere a las condiciones de ventilación y al control de la temperatura, humedad relativa y concentraciones de amoníaco y CO₂. En nuestro país, la norma para pollos de engorde, que es la más avanzada, fija las condiciones mínimas de las granjas en cuanto ventilación y temperatura, ruido, iluminación y limpieza y exige que se deben mantener los parámetros ambientales bajo control, con límites específicos para el amoníaco, el dióxido de carbono, la temperatura y la humedad relativa.

Muchas instituciones están invirtiendo importantes recursos para dotarse de CFD como herramienta de investigación en ingeniería. La mayoría de los trabajos publicados hacen referencia en sus conclusiones a la necesidad de validación de los

resultados, no sólo a partir de magnitudes indirectas, como puedan ser los coeficientes de descarga de un invernadero, ni a partir de la toma de unos pocos datos climáticos, ni a partir del mapeo de invernaderos a escala en túneles de viento.

Además de los códigos desarrollados por universidades, existen muchos paquetes CFD comerciales. Todos ellos ofrecen un amplio abanico de posibilidades para la simulación de todo tipo de procesos de transporte. Todos ellos ofrecen instalaciones similares para modelar climas interiores, y pueden utilizarse en todo tipo de ordenadores. El Centro de Agroingeniería del IVIA trabaja con Fluent 6.1 (Fluent Europe Ltd., Sheffield, UK), que es el paquete CFD que mayormente se utiliza en investigación, tanto en España como en Europa (INRA, Francia; Universidad de Wageningen, Holanda, Universidad de Exeter, Inglaterra, etc.)

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO Y ACTIVIDADES

El principal problema de las instalaciones agropecuarias mediterráneas es el exceso de temperatura diurna y la falta de una ventilación natural suficiente y eficiente. Las tecnologías desarrolladas en el Norte de Europa no están optimizadas para nuestras condiciones y por ello debemos generar conocimiento y tecnología para ser más competitivos. La dinámica de fluidos computacional (CFD) es una herramienta que se emplea para resolver numéricamente las ecuaciones de continuidad y de momento que rigen los intercambios energéticos de un sistema con el fin de obtener los campos de velocidad y de dirección del flujo de aire, la distribución de la temperatura y de la humedad en un gran número de puntos en el dominio de computación y consideramos como base para el desarrollo de aplicaciones para el control de las instalaciones ganaderas.

Objetivos Generales:

Aumentar la competitividad de la agricultura valenciana mediante la optimización de los sistemas de control ambiental de las instalaciones agropecuarias, lo que permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, un menor impacto medioambiental y una mejora de la calidad de la producción.

Concretamente se actuará sobre:

- invernaderos
- cámaras frigoríficas para la conservación de productos hortofrutícolas
- instalaciones ganaderas

Para lograr este objetivo, en una primera aproximación, se utilizarán herramientas de simulación basadas en Dinámica de Fluidos Computacional, para proseguir con el desarrollo de herramientas de validación de los modelos y su implementación en los ámbitos mencionados. El fin último es establecer métodos de trabajo y recomendaciones de diseño estructural para estas instalaciones, así como generar información para optimizar los sistemas automáticos de control ambiental.

Objetivos específicos:

- Mejorar el diseño de las instalaciones agropecuarias, para evitar su sobredimensionamiento, mejorar la captación solar en el caso de invernaderos y, en general, dotarlas de mayor eficiencia productiva con mínimo aporte energético.
- Diseño de estrategias de control de ventilación natural óptimas: combinaciones en aperturas de ventanas eficientes: forma y disposición de ventanas en invernaderos, áreas mínima y máxima de ventanas.
- Mejora y optimización en el diseño de equipamientos: forma, disposición y potencia necesaria para la ventilación forzada en cámaras y granjas.
- Minimizar el uso de energías fósiles no renovables y, en el caso de los invernaderos e instalaciones ganaderas, evaluar las posibilidades de los sistemas pasivos.
- Diseño de estrategias de control para el ahorro energético en la producción vegetal, incluyendo la adaptación a la producción integrada bajo invernadero,
- Diseño de estrategias para mejorar el bienestar animal en las explotaciones de la Comunidad Valenciana
- Investigar en modelos adecuados de comportamiento de plantas, productos hortofrutícolas y ganado para ser incluidos en CFD