

Índice general

1. Introducción al problema de los tratamientos fitosanitarios en cítricos y justificación de la tesis	1
2. Factores que afectan a la eficiencia de los tratamientos.....	7
2.1. Variables meteorológicas.....	7
2.1.1. Viento	7
2.1.2. Temperatura	8
2.1.3. Estabilidad atmosférica.....	8
2.1.4. Humedad relativa	9
2.1.5. Precipitaciones	9
2.2. Propiedades físico-químicas del caldo pulverizado	10
2.2.1. Ratio de evaporación	10
2.2.2. Tensión superficial.....	10
2.2.3. Viscosidad.....	11
2.3. Parámetros asociados a los ajustes de la maquinaria.....	11
2.3.1. Boquillas	11
2.3.2. Presión del fluido durante la aplicación.....	12
2.3.3. Ventilador	12
2.3.4. Velocidad de avance del equipo	13
2.4. Características de la vegetación del cultivo.....	14
2.4.1. Tipo y desarrollo del cultivo.....	14
2.4.2. Resistencia de la vegetación al paso del aire	15
2.4.3. Propiedades de la superficie foliar y de las ramas	15
3. Métodos experimentales para estimar la eficiencia de los tratamientos	16
3.1. Ensayos de campo experimentales basados en colectores.....	16
3.1.1. Estimación de la deriva atmosférica	16
3.1.2. Balance de masas	18
3.1.3. Inconvenientes asociados a los ensayos de campo basados en colectores	20
3.2. Túneles de viento	21
3.3. Empleo de sistemas láser	23
4. Modelización mediante la dinámica computacional de fluidos (CFD).....	24

4.1. Conceptos básicos en mecánica turbulenta.....	25
4.1.1. Definición de flujo turbulento	25
4.1.2. Ecuaciones de Navier-Stokes	27
4.1.3. Cascada de energía y escala de Kolmogorov	29
4.2. Discretización del dominio y elección de la malla	29
4.3. Método numérico de los volúmenes finitos.....	32
4.4. Métodos empleados en la resolución de la turbulencia	32
4.5. Modelos turbulentos en la técnica RANS.....	36
4.5.1. Modelos basados en la hipótesis de Boussinesq.....	37
4.5.2. Modelo de esfuerzos de Reynolds	40
4.6. Consideraciones previas a la simulación	41
4.6.1. Definición de las variables objetivo	41
4.6.2. Elección de las condiciones de contorno	42
4.6.3. Influencia sobre las condiciones reales.....	47
4.6.4. Criterios de convergencia	47
5. Antecedentes de modelización en los tratamientos fitosanitarios.....	48
5.1. Modelos tradicionales de partículas.....	48
5.1.2. Modelos de pluma.....	48
5.1.3. Modelos de caminos aleatorios.....	49
5.2. Empleo de modelos CFD en las aplicaciones con turboatomizador.....	50
6. Objetivos	55
7. Descripción del flujo del aire producido por un turboatomizador durante una aplicación de productos fitosanitarios en naranjos.....	57
7.1. Introducción.....	57
7.2. Materiales y métodos	59
7.2.1. Medida de velocidades	60
7.2.2. Procesamiento de los datos y representación de resultados.....	65
7.2.3. Estimación de la intensidad turbulenta	66
7.3. Resultados y discusión.....	67
7.3.1. Análisis de los datos de velocidad	67
7.3.2. Estimación de la intensidad turbulenta.	75
7.4. Conclusiones.....	79
8. Diseño y validación de un modelo CFD del flujo del aire en 2D producido por un turboatomizador durante los tratamientos fitosanitarios en cítricos	82

8.1. Introducción	82
8.2. Materiales y métodos	84
8.2.1. Realización del ensayo para ajustar el modelo	84
8.2.2. Dominio y diseño de la malla.	88
8.2.3. Propuesta del tamaño de celda para las diferentes geometrías	91
8.2.4. Consideraciones generales para las simulaciones.....	92
8.3. Resultados y discusión.....	99
8.3.1. Ensayo para el ajuste del modelo.....	99
8.3.2. Selección del tamaño de celda.....	102
8.3.3. Selección de la geometría de la copa y del modelo turbulento.....	102
8.3.4. Validación del modelo con el segundo ensayo.....	107
8.4. Conclusiones.....	109
9. Estudio del comportamiento de las gotas en un modelo Euleriano-Lagrangiano aplicado a los tratamientos en cítricos con turboatomizador	111
9.1. Introducción	111
9.2. Materiales y métodos	112
9.2.1. Características generales del modelo.....	112
9.2.2. Simulación de la salida de gotas al aire.	114
9.2.3. Consideraciones sobre el aire del medio y el viento atmosférico... 115	
9.2.4. Simulación de las gotas	117
9.2.5. Descripción del modelo global y simulación del fenómeno.....	119
9.2.6. Análisis descriptivo del comportamiento de las gotas en la simulación.....	120
9.3. Resultados y discusión.....	130
9.3.1. Análisis general del comportamiento de las gotas con el turboatomizador.....	130
9.3.2. Análisis general del comportamiento de las gotas con el viento	140
9.3.3. Evolución global de los parámetros principales de las gotas	152
9.3.4. Cinética y evaporación de las gotas.....	155
9.3.5. Balance final de masas y comparación con datos experimentales..	162
9.4. Conclusiones.....	164
10. Conclusiones generales	168
11. Trabajos futuros	171
12. Bibliografía	174

13. Anejo 1: Simulaciones preliminares considerando el primer árbol como un medio poroso.....	203
14. Anejo 2: Resultados experimentales y del modelo	209
14.1. Valores empleado en el ajuste del modelo	209
14.1.1. Resultados con la geometría 1	209
14.1.2. Resultados con la geometría 2	211
14.1.3. Resultados con la geometría 3	214
14.1.4. Resultados con la geometría 4	216
14.2. Valores empleados en la validación del modelo.....	219
14.3. Diagramas de las velocidades del aire del modelo Euleriano-Lagrangiano	221
14.3.1. Corriente procedente del turboatomizador	221
14.3.2. Corriente procedente del viento	222
14.4. Diagramas de gotas coloreadas por sus propiedades	223
14.4.1. Gotas según distancia al origen	223
14.4.2. Gotas según su altura	226
14.4.3. Gotas según su velocidad.....	229
14.4.4. Gotas según el número de Reynolds.....	234
14.4.5. Gotas según su temperatura	237
14.4.6. Gotas según su diámetro geométrico	240
15. Anejo 3: Fotografías de los ensayos	243