

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 EL NITRÓGENO EN EL SUELO	1
1.2 LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	3
1.2.1 Consumo y coste económico de los fertilizantes	3
1.2.2 Coste energético de los fertilizantes.....	5
1.2.3 Contaminación por nitratos	7
1.2.3.1 Origen del nitrato en las aguas subterráneas.....	7
1.2.3.2 Situación actual en la UE, España y Comunidad Valenciana.....	9
1.2.3.3 Marco legislativo.....	10
1.2.3.4 Consecuencias de la política comunitaria	11
1.3 FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE LOS CÍTRICOS	13
1.3.1 Importancia económica y distribución geográfica de los cítricos.....	13
1.3.2 Incidencia de la fertilización nitrogenada en los cítricos.....	15
1.3.2.1 El papel del nitrógeno en los cítricos	15
1.3.2.2 Efecto del nitrógeno sobre la producción y calidad del fruto	16
1.4 USO DEL ISÓTOPO ESTABLE DEL NITRÓGENO (¹⁵ N) EN EL ESTUDIO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA	19
1.5 ABSORCIÓN DEL NITRÓGENO Y EFICIENCIA	22
1.5.1 Factores que afectan a la absorción de nitrógeno	22
1.5.1.1 Dosis de nitrógeno.....	23
1.5.1.2 Forma del nitrógeno aplicado	24
1.5.1.3 Época de aplicación y distribución estacional	28
1.5.1.4 Fraccionamiento del abonado	32
1.5.2 Distribución en la planta del nitrógeno absorbido	34
1.5.3 Eficiencia de uso del nitrógeno aplicado	39
1.6 MOVILIZACIÓN DEL NITRÓGENO DE RESERVA	44
1.6.1 Reservas de N y translocación: definición y técnicas de estudio.....	44
1.6.2 Hábito foliar, acumulación de N de reserva y su translocación.....	46
1.6.3 Translocación de N de reservas en cítricos.....	47
1.6.4 Formas químicas de almacenamiento del N en cítricos	53
1.7 USO DEL ÍNDICE DE CLOROFILA DE LA HOJA (SPAD) EN LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA	55
2 OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO.....	57

2.1 OBJETIVOS	59
2.2 PLAN DE TRABAJO	60
2.2.1 Ensayo de absorción.....	60
2.2.2 Ensayo de translocación.....	61
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
3.1 Material vegetal.....	65
3.2 Condiciones de cultivo y suelo	65
3.2.1 Riego.....	66
3.2.2 Dosis de nitrógeno	67
3.2.3 Distribución estacional de la dosis total de nitrógeno	68
3.2.4 Marcado isotópico	70
3.2.5 Macro y micronutrientes.....	70
3.3 DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	71
3.3.1 Ensayo de absorción.....	71
3.3.2 Ensayo de translocación.....	72
3.3.3 Extracción de los árboles.....	74
3.3.4 Órganos caídos	74
3.3.5 Medida del índice de SPAD	75
3.4 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	76
3.4.1 Muestras de material vegetal procedentes de extracción y muestreos quincenales.....	76
3.4.2 Muestras de material vegetal procedentes de órganos caídos.....	76
3.4.3 Muestras de suelo	76
3.5 DETERMINACIONES ANALÍTICAS	77
3.5.1 Determinación del N total y su composición isotópica en material vegetal....	77
3.5.2 Determinación del N total y su composición isotópica en suelo.....	78
3.5.3 Determinación del N-NO ₃ ⁻ y N-NH ₄ ⁺ en suelo y su composición isotópica	78
3.5.4 Determinación del N orgánico en el suelo y su composición isotópica	81
3.5.5 Contenido en clorofilas.....	81
3.5.6 Determinación de macro y micronutrientes.....	82
3.5.7 Determinación de cloruros.....	84
3.5.8 Parámetros de calidad de los frutos	85
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	87
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89

4.1 ENSAYO DE ABSORCIÓN.....	91
4.1.1 PLANTA.....	91
4.1.1.1 Biomasa y su distribución relativa.....	91
4.1.1.2 Concentración de N total	99
4.1.1.3 Contenido de N total y su distribución relativa.....	107
4.1.1.4 Porcentaje de ¹⁵ N en exceso.....	114
4.1.1.5 Contenido en N absorbido del fertilizante.....	120
4.1.1.6 Porcentaje de N derivado del fertilizante.....	127
4.1.1.7 Eficiencia de uso del fertilizante aplicado	133
4.1.1.8 Evolución de la concentración foliar de macro y micronutrientes	139
4.1.1.9 Cloruro.....	150
4.1.1.10 Sodio.....	153
4.1.1.11 Contenido en clorofilas.....	154
4.1.1.12 Índice de SPAD	157
4.1.1.13 Parámetros de calidad del fruto.....	158
4.1.2 SUELO	159
4.1.2.1 Concentración de N total en el suelo	159
4.1.2.2 Concentración de N en la fracción nítrica	161
4.1.2.3 Concentración de N en la fracción amoniacal.....	162
4.1.2.4 Concentración de N en la fracción orgánica	163
4.1.2.5 Enriquecimiento en ¹⁵ N del total del N en el suelo	163
4.1.2.6 Enriquecimiento en ¹⁵ N del N en la fracción nítrica	164
4.1.2.7 Enriquecimiento en ¹⁵ N del N en la fracción amoniacal.....	166
4.1.2.8 Enriquecimiento en ¹⁵ N del N en la fracción orgánica	167
4.1.3 RECUPERACIÓN DEL N APLICADO EN EL SISTEMA PLANTA-SUELO	167
4.2 ENSAYO DE TRANSLOCACIÓN	171
4.2.1 PLANTA: ESTADO DE CARGA	171
4.2.2 PLANTA: A LO LARGO DEL CICLO VEGETATIVO.....	173
4.2.2.1 Biomasa y su distribución relativa.....	173
4.2.2.2 Concentración de N.....	178
4.2.2.3 Contenido de N y su distribución relativa	181
4.2.2.4 Porcentaje de ¹⁵ N en exceso.....	187
4.2.2.5 Contenido en ¹⁵ N y su distribución relativa en la planta	192
4.2.2.6 Contenido de N en los órganos jóvenes procedente de translocación y su distribución relativa	199
4.2.2.7 Nitrógeno de los órganos jóvenes derivado de reservas.....	202

4.2.2.8	Nitrógeno exportado por los órganos viejos	204
4.2.2.9	Porcentaje de N exportado por los órganos viejos respecto al acumulado el ciclo anterior	207
4.2.2.10	Parámetros de calidad del fruto.....	209
4.2.3	SUELO	209
4.2.3.1	Concentración de N total en el suelo	210
4.2.3.2	Concentración de N en la fracción nítrica	210
4.2.3.3	Concentración de N en la fracción amoniacal.....	213
4.2.3.4	Concentración de N en la fracción orgánica	213
5	CONCLUSIONES	215
6	BIBLIOGRAFÍA.....	219