

ÍNDICE	Pag.
1. INTRODUCCIÓN.....	43
1.1. La agricultura intensiva convencional y su problemática.....	45
1.1.1. Degradación física del suelo	46
1.1.2. Contaminación del agua	47
1.1.3. Contaminación del suelo y del aire por el uso de fertilizantes minerales.....	49
1.1.4. Contaminación del suelo por los productos fitosanitarios.....	49
1.1.5. Disminución de la biodiversidad.....	50
1.2. La agricultura sostenible como alternativa de la agricultura convencional.....	51
1.2.1. La agricultura ecológica.....	52
1.2.1.1. Definición y objetivos.....	52
1.2.1.2. Técnicas de cultivo.....	54
1.2.1.2.1. Mínimo laboreo.....	54
1.2.1.2.2. Rotación de cultivo.....	55
1.2.1.2.3. La asociación de cultivo.....	55
1.2.1.2.4. Uso de materia orgánica y productos naturales para la fertilización.....	56
1.2.1.2.5. Los abonos verdes.....	56
1.2.1.2.6. Métodos preventivos y el control biológico contra las plagas y enfermedades.....	57
1.2.1.3. Estado actual y perspectivas futuras	58
1.2.2. La producción integrada.....	63
1.2.2.1. Definición y objetivos.....	63
1.2.2.2. Técnicas de cultivo.....	64
1.2.2.2.1. Gestión del suelo y el laboreo.....	64
1.2.2.2.2. Fertilización.....	65
1.2.2.2.3. Control integrado contra las plagas y enfermedades.....	66
1.2.2.3. Estado actual y perspectivas futuras.....	69
1.3. Gestión de la fertilidad del suelo y nutrición de los cultivos en la agricultura sostenible.....	70
1.3.1. La materia orgánica del suelo	71
1.3.2. Importancia de la materia orgánica en la calidad del suelo.....	75
1.3.3. Nutrientes esenciales de los cultivo.....	78
1.3.3.1. Nitrógeno.....	78
1.3.3.1.1 .El nitrógeno en el suelo.....	79
1.3.3.1.2. Fuentes de nitrógeno en la agricultura sostenible.....	82
1.3.3.2. Fósforo.....	84
1.3.3.2.1.El fósforo en el suelo.....	85
1.3.3.2.2. Fuentes de fósforo en la agricultura sostenible.....	88
1.3.3.3. Potasio.....	89
1.3.3.3.1. El potasio en el suelo.....	89
1.3.3.3.2. Fuentes de potasio en la agricultura sostenible.....	92
1.3.3.4. Elementos secundarios.....	93

<i>1.3.3.4.1. El calcio en el suelo.....</i>	93
<i>1.3.3.4.2. El magnesio en el suelo.....</i>	94
<i>1.3.3.4.3. El azufre en el suelo.....</i>	95
<i>1.3.3.4.4. Fuentes de calcio, magnesio y azufre en la agricultura sostenible</i>	97
<i>1.3.3.5. Microelementos.....</i>	97
<i>1.3.3.5.1. Formas de los microelementos en el suelo.....</i>	98
<i>1.3.3.5.2. Principales factores que afectan a la asimilación de los microelementos.....</i>	99
<i>1.3.3.5.3. Movimiento de los microelementos hacia las raíces y absorción.....</i>	101
<i>1.3.3.5.4. Correctores de carencias de microelementos en la agricultura sostenible.....</i>	102
<i>1.3.4. Las extracciones de nutrientes por los cultivos.....</i>	102
<i>1.3.5. Balances de nutrientes en los agrosistemas.....</i>	106
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	109
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	115
3.1. Comparación de la producción ecológica versus la producción integrada.....	117
<i>3.1.1. Localización de los experimentos.....</i>	117
<i>3.1.2. Características del suelo y del agua de riego.....</i>	118
<i>3.1.3. Cultivos de las rotaciones y calendarios de siembras o transplantes y recolección.....</i>	120
<i>3.1.4. Características del abono orgánico (estiércol).....</i>	126
<i>3.1.5. Características de la fertirrigación.....</i>	126
<i>3.1.6. Protección fitosanitaria.....</i>	129
3.2. Comparación entre las modalidades de manejo de los restos de cultivo.....	129
3.3. Determinaciones en el material vegetal.....	130
<i>3.3.1. Peso medio de los productos cosechados.....</i>	130
<i>3.3.2. Preparación de las muestras vegetales.....</i>	131
<i>3.3.3. Determinación de la materia seca.....</i>	131
<i>3.3.4. Características químicas del material vegetal.....</i>	131
<i>3.3.4.1. Determinación del nitrógeno orgánico.....</i>	132
<i>3.3.4.2. Determinación de macronutrientes (fósforo, potasio, calcio y magnesio) y sodio.....</i>	132
3.4. Determinaciones en las muestras de suelo.....	133
<i>3.4.1. Toma y preparación de las muestras de suelo.....</i>	133
<i>3.4.2. Caracterización físico-química del suelo.....</i>	134
<i>3.4.2.1. Determinación del pH.....</i>	134
<i>3.4.2.2. Conductividad eléctrica (C.E.) del extracto de saturación.....</i>	135
<i>3.4.3. Caracterización química del suelo.....</i>	135
<i>3.4.3.1. Determinación del carbono orgánico, materia orgánico, nitrógeno total Kjeldahl y la relación C/N.....</i>	135
<i>3.4.3.2. Determinación del nitrógeno nítrico (NO_3^-).....</i>	137
<i>3.4.3.3. Determinación del fósforo asimilable.....</i>	137
<i>3.4.3.4. Determinación del potasio y del magnesio asimilable en el suelo.....</i>	138
<i>3.4.3.5. Determinación de los cationes Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ y Na^+ (calcio, magnesio, potasio y sodio) en el extracto de saturación.....</i>	138

3.4.3.6. Determinación de los carbonatos y bicarbonatos (CO_3^- y HCO_3^-) en el extracto de saturación.....	138
3.4.3.7. Determinación de cloruros (Cl^-) y sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$) en el extracto de saturación.....	139
3.4.3.8. Determinación de los micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn) asimilables...	139
3.5. Análisis químico del agua de riego.....	139
3.6. Características biológicas del suelo.....	140
3.6.1. Biomasa microbiana.....	140
3.6.2. Actividad fosfatasa alcalina.....	141
3.6.3. Actividad deshidrogenasa.....	142
3.7. Cálculo de las extracciones de (N, P₂O₅, K₂O y MgO) por los cultivos.....	142
3.8. Cálculo de las aportaciones de (N, P₂O₅, K₂O y MgO) mediante la aplicación del Abono orgánico.....	143
3.9. Cálculo de las aportaciones de N, K₂O y MgO mediante el agua de riego.....	144
3.10. Determinación de los balances de nutrientes.....	145
3.11. Análisis estadístico.....	145
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	147
4.1 Producción ecológica versus producción integrada.....	149
4.1.1. Rendimiento comercial.....	149
4.1.2. Destío.....	155
4.1.3. Peso medio de los productos cosechados.....	157
4.1.4. Contenido de materia seca en los productos cosechados.....	160
4.1.5. Contenido de macronutrientes en los productos cosechados.....	163
4.1.5.1. Nitrógeno.....	163
4.1.5.2. Fósforo.....	166
4.1.5.3. Potasio.....	169
4.1.5.4. Magnesio.....	172
4.1.6. Contenidos armonizados de materia seca en los productos cosechados en el periodo 1998-2006.....	175
4.1.7. Contenidos amonizados de macronutrientes en los productos cosechados En el periodo 1998-2002.....	176
4.1.7.1. Sandía.....	177
4.1.7.2. Coliflor.....	178
4.1.7.3. Patata.....	179
4.1.7.4. Hinojo.....	180
4.1.7.5. Maíz dulce.....	181
4.1.7.6. Alcachofa.....	182
4.1.7.7. Lechuga.....	183
4.1.7.8. Apio.....	184
4.1.7.9. Judía.....	184
4.1.8. Extracción de nutrientes originada por los productos cosechados.....	185
4.1.9. Balances simplificados de los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio).....	189
4.1.9.1. Nitrógeno.....	194
4.1.9.2. Fósforo.....	195
4.1.9.3. Potasio.....	197
4.1.9.4. Magnesio.....	198

4.1.10. Efectos del sistema de cultivo sobre las características físico-químicas del suelo.....	199
4.1.10.1. pH.....	199
4.1.10.2. Conductividad eléctrica.....	201
4.1.11. Efectos sobre las características químicas del suelo.....	202
4.1.11.1. Materia orgánica.....	202
4.1.11.2. Nitrógeno orgánico.....	204
4.1.11.3. Relación carbono/nitrógeno (C/N).....	205
4.1.11.4. Nitrógeno nítrico.....	206
4.1.11.5. Fósforo asimilable.....	207
4.1.11.6. Potasio asimilable.....	209
4.1.11.7. Magnesio disponible.....	210
4.1.11.8. Cationes (calcio, magnesio, potasio y sodio) en el extracto de saturación.....	211
4.1.11.9. Aniones (cloruro, sulfato y bicarbonato) en el extracto de saturación.....	212
4.1.11.10. Micronutrientes asimilables.....	213
4.1.12. Características biológicas del suelo.....	215
4.1.12.1. Biomasa microbiana.....	215
4.1.12.2. Actividad fosfatasa alcalina.....	216
4.1.12.3. Actividad deshidrogenasa.....	217
4.2. Comparación de las modalidades de gestión de los restos de cultivo.....	218
4.2.1. Rendimiento.....	218
4.2.2. Destriº.....	224
4.2.3. Peso medio de los producción cosechados.....	226
4.2.4. Efectos sobre las características físico-químicas del suelo.....	228
4.2.4.1. pH del suelo.....	228
4.2.4.2. Conductividad eléctrica.....	229
4.2.5. Efectos sobre las características químicas del suelo.....	230
4.2.5.1. Materia orgánica.....	230
4.2.5.2. Nitrógeno orgánico.....	231
4.2.5.3. Relación carbono/nitrógeno (C/N).....	232
4.2.5.4. Nitrógeno nítrico.....	233
4.2.5.5. Fósforo asimilable.....	234
4.2.5.6. Potasio asimilable.....	236
4.2.5.7. Magnesio asimilable.....	237
4.2.5.8. Cationes (calcio, magnesio, potasio y sodio) en el extracto de saturación.....	238
4.2.5.9. Aniones (cloruro, sulfato y bicarbonato) en el extracto de saturación.....	239
4.2.5.10. Micronutrientes (Fe, Cu, Mn y Zn) asimilables.....	239
4.2.6. Efectos sobre las Características biológicas del suelo.....	240
4.2.6.1. Biomasa microbiana.....	240
4.2.6.2. Actividad fosfatasa alcalina.....	242
4.2.6.3. Actividad deshidrogenasa.....	243
5. CONCLUSIONES.....	245
6. REFERENCIAS.....	251
7. ANEJOS.....	273

