

INDICE.

1. INTERÉS Y OBJETIVOS.

1.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA LA HORTICULTURA INTENSIVA.....	10
1.2 SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE PEPINO.....	13
1.3 EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE PEPINO.....	15
1.4 IMPORTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INTEGRADA. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA.....	19
1.5 INCONVENIENTES DEL MODELO ALMERÍA.....	21
1.6 INTERÉS Y OBJETIVOS DEL ENSAYO.....	23

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. EL CULTIVO DEL PEPINO.....	28
2.1.1. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA.....	28
2.1.2. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.....	30
2.1.3. MATERIAL VEGETAL.....	32
2.1.4. TÉCNICAS DE CULTIVO.....	33
2.1.5. RIEGOS Y FERTIRRIGACIÓN.....	36
2.1.6. FISIOPATÍAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES Y EN RELACIÓN A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	42
2.1.7. RECOLECCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN.....	47
2.2. EL NITROGENO EN LA AGRICULTURA.....	48
2.2.1. TIPOS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS.....	52
2.2.2. FERTILZANTES DE LIBERACIÓN LENTA.....	57
2.2.3. PROBLEMÁTICA DE LA FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO.....	57
2.2.4. ZONAS VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN DE NITRATOS EN ANDALUCÍA.....	60
2.2.5. TRANSFORMACIONES DEL N EN EL SUELO.....	64
2.2.5.a. MINERALIZACIÓN.....	64
2.2.5.b. DESNITRIFICACIÓN.....	68
2.2.5.c. VOLATILIZACIÓN DE AMONIACO.....	69
2.2.6. INHIBIDORES DE LA NITRIFICACIÓN.....	71
2.2.6.a. 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP).....	75
2.2.6.b. TRABAJOS RELACIONADOS CON EL INHIBIDOR DE LA NITRIFICACIÓN 3,4-Dimpetilpirazol Fosfato (DMPP).....	78

2.3. LAS MACROALGAS EN LA AGRONOMÍA.....	85
2.3.1. LOS EXTRACTOS D ALGAS MARINAS COMO BIOESTIMULANTES DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO VEGETAL.....	85
2.3.2. MODO DE ACCIÓN DELOS FACTORES ESTIMULANTES DEL CRECIMIENTO CON LOS EXTRACTOS DE ALGAS.....	88
2.3.3. BIOESTIMULATE BASFOLIAR®KELP.....	94
2.3.3.a. Características del producto.....	91
2.3.3.b.Obtención del extracto líquido, eficacia agronómica.....	92
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	
3.1. EMPLAZAMIENTO DEL ENSAYO.....	94
3.1.1. SITUACIÓN DE LA FINCA EXPERIMENTAL.....	94
3.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO.....	95
3.1.3. SISTEMA DE RIEGO.....	96
3.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.	
3.1.4.a. Toma de muestras.....	100
3.1.4.b. Resultados del análisis.....	101
3.1.5. MATERIAL VEGETAL.....	102
3.1.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	103
3.1.7. EVALUACIÓN DEL SUELO.....	106
3.1.7.a. Toma de muestras en campo.....	106
3.1.8. EJECUCIÓN DEL ENSAYO.....	108
3.1.8.a. Preparación del abonado.....	108
3.1.9. MANEJO AGRONÓMICO.	
3.1.9. a. Labores culturales y trabajos auxiliares.....	112
3.1.9. b. Tratamientos Fitosanitarios.....	114
3.1.10. TOMA DE DATOS.	
3.1.10. a. Producción.....	115
3.1.10.a1. Peso del fruto	
3.1.10.a.2. Calibre	
3.1.10.a3. Longitud	
3.1.10.b. Análisis químico interno.....	118
3.1.10.c. Análisis de la planta.....	119

3.1.10.d. Análisis de suelos.....	120
3.2. PROCESADOS DE DATOS.	
3.2.1. TRATAMIENTO DE LOS REGISTROS.....	120
3.2.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	121
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	
4.1.PRODUCCIÓN Y PARÁMETROS DE RENDIMIENTO.	
4.1.1. PRODUCCION TOTAL POR UNIDAD DE SUPERFICIE.....	122
4.1.2. PRODUCCIÓN TOTAL POR PLANTA.....	125
4.1.3. PRODUCCIÓN COMERCIAL POR UNIDAD DE SUPERFICIE	127
4.1.4. PRODUCCIÓN COMERCIAL POR PLANTA.....	130
4.1.5. NÚMERO DE FRUTOS COMERCIALES POR UNIDAD DE SUPERFICIE.....	132
4.1.6. NÚMERO DE FRUTOS TOTALES POR PLANTA.....	134
4.1.7. NÚMERO DE FRUTOS COMERCIALES POR UNIDAD DE SUPERFICIE.....	137
4.1.8. NÚMERO DE FRUTOS COMERCIALES POR PLANTA.....	139
4.1.9. PESO MEDIO COMERCIAL DEL FRUTO.....	142
4.1.10. COEFICIENTE DE FORMA.....	144
4.1.11. LONGITUD MEDIA DEL FRUTO.....	147
4.1.12. DIÁMETRO MEDIO DEL FRUTO.....	149
4.2.ANALÍISIS QUÍMICO INTERNO.	
4.2.1. CONTENIDO DE NITRÓGENO TOTAL [N] (%) Y NITRATOS [NO ₃ ⁻] EN FRUTO.....	152
4.2.2. CONTENIDO DE P, Ca ²⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ Y Cl ⁻ EN FRUTO.....	154
4.2.3. CONTENIDO DE OXALATOS Y VITAMINA C EN FRUTO.....	157
4.3.ANALISIS DEL SUELO.	
4.3.1. AMONIO [NH ₄ ⁻] Y NITRATOS [NO ₃ ⁻] EN SUELO.....	160
4.3.2. CONTENIDO DE Ca ²⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ Y Na ⁺ EN SUELO.....	164
4.3.3. CONTENIDO DE SO ₄ ²⁻ Y Cl ⁻ EN SUELO.....	166
4.4.ANALÍISIS DE LA PLANTA.....	167
5. CONCLUSIONES.....	172
6. BIBLIOGRAFÍA.....	172

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1.1. : Campos de invernaderos en Almería. FUENTE: www.dw-world.de	14
FIGURA 2.1.1.: Líneas de cultivo de pepino cv.Borja.	28
FIGURA 2.1.2.: Frutos recién cuajados y FIGURA 2.1.3.: Flor femenina de pepino.....	29
FIGURA 2.1.4. Pepino variedad Borja recolectado y FIGURA 2.1.5.: Pepino en la “caña”.....	33
FIGURA 2.1.6. Curvado y estrechamiento de fruto de Pepino cv. Borja y FIGURA 2.1.7.: Trampa cromática amarilla para el control de <i>B.tabaci</i> y <i>F.occidentalis</i>	43
FIGURA 2.1.8. Y 2.1.9.: Frutos de pepino afectados por <i>Botrytis</i> y a la derecha frutos de destrío afectados su mayoría por la misma <i>B.cinerea</i>	46
FIGURA 2.2.1.: Ciclo del nitrógeno. Fuente: Tisdale, L. et al.....	48
FIGURA 2.2.2.: Mapa de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos en Andalucía. FUENTE: BOJA núm. 157.....	63
FIGURA 2.2.6.: Estructura química del 3,4-dimetilpirazol Fosfato (DMPP). (Estévez, A.M., 2008).....	77
FIGURA 2.3.1.: Esquema de la representación de los procesos fisiológicos provocado por los extractos de alga y los posibles mecanismos de la bioactividad.....	89
FIGURA 2.3.2.: Producto BASFOLIAR® KELP.....	91
FIGURA 3.1.1.: Plano de localización de la finca.....	94
FIGURA 3.1.2.: Vista en planta de la finca UAL- ANECOOP.....	94
FIGURA 3.1.4.: Vista del interior del invernadero U6.....	95
FIGURA 3.1.5.: Puerta de salida del U6.....	95
FIGURA 3.1.6.: Distribución interior del invernadero.....	96
FIGURA 3.1.7.: Vista de los tanques de 1000 l del cabezal de riego.....	98
FIGURA 3.1.8.: Abonadora para la distribución del fertilizante de cada bloque.....	99
FIGURA 3.1.9.: Plano de distribución de tratamientos.....	103
FIGURA 3.1.10.: Plantas jóvenes de pepino dispuestas en líneas pareadas.....	105

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

<i>FIGURA 3.1.11.: Toma de las muestras de suelo</i>	107
<i>FIGURAS 3.1.12 Y 3.1.13.: Preparación de los fertilizantes listos para añadirlos al tanque del invernadero y media del inhibidor de la nitrificación (DMPP)</i>	111
<i>FIGURA 3.1.14.: Aplicación foliar del bioestimulante</i>	111
<i>FIGURA 3.1.15.: Esquema de trabajo para la toma de datos en campo</i>	115
<i>FIGURA 3.1.16.: Producción comercial</i>	116
<i>FIGURA 3.1.17.: Frutos recolectados en cabeza de las líneas pareada</i>	116
<i>FIGURA 3.1.18.: Báscula “EKS Premium, calibrador y regla en la “mesa de trabajo”</i>	117
<i>FIGURA 3.1.19.: Medida del diámetro central y la longitud del fruto</i>	117
<i>FIGURA 3.1.20.: Medida del Ø basal del tallo</i>	119
<i>FIGURA 3.1.21.: Medida de la longitud total</i>	119
INDICE CUADROS.	
<i>CUADRO 1.1. Serie histórica pepino. Fuente: MARM 2010</i>	13
<i>CUADRO 1.2. Parámetros analizados en el ensayo</i>	27
<i>CUADRO 2.1.1.: Temperaturas óptimas para pepino en diferentes estados fenológicos</i>	30
<i>CUADRO 2.1.2.: Fechas de siembra y recolección de pepino tipo Almería</i>	35
<i>CUADRO 2.1.3.: Consumos medios (l/m2.día) del cultivo de pepino “tipo holandés” en invernadero. Fuente: Documentos Técnicos Agrícolas. Estación Experimental “Las Palmerillas”. Caja Rural de Almería</i>	37
<i>CUADRO 2.2.3.: Limitaciones y obligaciones respecto a la fertilización nitrogenada. Fuente: Página núm. 42 BOJA núm. 4 Sevilla, 8 de enero 2009</i>	63
<i>CUADRO 2.2.2.: Enumeración de las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos en Andalucía referidas a la figura 2.2.2. FUENTE: BOJA núm. 157</i>	64
<i>CUADRO 2.2.6.: Propiedades físico-químicas del DMPP. (Estévez, 2008)</i>	77
<i>CUADRO 2.3.: Productos comerciales de algas utilizadas en las industrias de agricultura y horticultura</i>	88
<i>CUADRO 3.1.1.: Análisis de aguas</i>	101
<i>CUADRO 3.1.2.: Solución nutritiva común a todos los tratamientos</i>	104

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

CUADRO 3.1.3.: Dosis mensual de aporte de fertilizantes para los distintos tratamientos	109
CUADRO 3.1.4.: Dotaciones de riego aportados mensualmente	110
CUADRO 3.1.5.: Fechas y dosis de las aplicaciones foliares	111
CUADRO 3.1.6.: Calendario de labores y trabajos auxiliares	113
CUADRO 3.1.7.: Tratamientos fitosanitarios en el invernadero U6	114
CUADRO 3.1.8.: Calibres de pepino	116
CUADRO 4.1.1.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción total por unidad de superficie ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	121
CUADRO 4.1.2.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y BASFOLIAR® foliar sobre la producción total por planta ($\text{kg} \cdot \text{planta}$), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	124
CUADRO 4.1.3.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción comercial por unidad de superficie ($\text{kgcom.} \cdot \text{m}^2$), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	
CUADRO 4.1.4.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción total por unidad de superficie ($\text{kgcom} / \text{planta}$), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	129
CUADRO 4.1.5.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos totales por superficie, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	132
CUADRO 4.1.6.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos totales por planta, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	134
CUADRO 4.1.7.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos comerciales por unidad de superficie ($\text{N}^\circ \text{ frutos} \cdot \text{m}^2$), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	137
CUADRO 4.1.8.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos comerciales por planta ($\text{N}^\circ \text{ frutos/planta}$), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	138
CUADRO 4.1.9.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el peso medio del fruto (g), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%	142

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

<i>CUADRO 4.1.10.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el coeficiente de forma (l/d), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>144</i>
<i>CUADRO 4.1.11.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre la longitud media (mm), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>147</i>
<i>CUADRO 4.1.12.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el diámetro del fruto (cm), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>149</i>
<i>CUADRO 4.2.1.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido en nitrógeno total [N] (%) y nitratos [NO₃-] (ppm), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>152</i>
<i>CUADRO 4.2.2.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺ y Cl⁻, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>154</i>
<i>CUADRO 4.2.6.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido en oxalatos (ppm) y vitamina C (mg/100g), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>157</i>
<i>CUADRO 4.3.1.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre amonio [NH₄⁺] (mg/L) y nitratos [NO₃⁻] (mg/L) en los 15 primeros centímetros del suelo, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%. Profundidad de 0-15 cm</i>	
<i>CUADRO 4.3.2.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre amonio [NH₄⁺] (mg/L) y nitratos [NO₃⁻] (mg/L) en los 16 a los 30 primeros centímetros del suelo, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>162</i>
<i>CUADRO 4.3.3.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre el contenido en P, Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ en los 15 primeros centímetros del suelo, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>163.</i>
<i>CUADRO 4.3.4.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) el contenido en P, Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ en los 16 -30 primeros centímetros del suelo ,valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>164</i>
<i>CUADRO 4.3.5.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre el contenido en SO₄²⁻-y Cl⁻ (mg/L) en los 15 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. Borja bajo invernadero, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.....</i>	<i>166</i>
<i>CUADRO 4.3.6.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) el contenido en el contenido en SO₄²⁻-y Cl⁻ (mg/L) en los 16-30 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. Borja bajo invernadero, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.</i>	

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

CUADRO 4.3.7.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre el contenido en el contenido en el pH y la CE en los 15 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. Borja, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%..... 167

CUADRO 4.3.8.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre el contenido en el contenido en SO₄²⁻ y Cl⁻ (mg/L) en los 16-30 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. Borja, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%..... 167

CUADRO 4.3.9.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre la longitud total (m), la longitud al último fruto cosechado (m) y el número de nudos totales en los 15 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. Borja, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%..... 168

CUADRO 4.3.10.: Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el diámetro basal (cm), diámetro medio (cm) y diámetro apical (cm) por planta en cultivo de pepino cv. Borja..... 170

INDICE DE GRÁFICOS.

GRÁFICO 1.1.: Evolución de la superficie de pepino miles de hectáreas. Fuente: MARM 2010..... 14

GRÁFICO 1.2. : Evolución de la producción de pepino en miles de toneladas. Fuente MARM 2010..... 14

GRÁFICO 1.3.: Evolución del valor de pepino en miles de euros. Fuente MARM 2010. 14

GRÁFICO 1.4.: Evolución mensual de los precios en origen del pepino de primera categoría durante las campañas 2009/2010 y 2010/2011 FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011 15

GRÁFICO 1.5.: Precio medio en origen acumulado por tipo de pepino de primera categoría FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011 16

GRÁFICO 1.6.: Precio y volumen acumulado en consumo y por formato. FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011 17

GRÁFICO 1.7.: Precio mensual en origen en la campaña 2010-2011. FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011 17

GRÁFICO 1.8.: Precio medio en origen acumulado por tipo de pepino de primera categoría FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011 19

GRÁFICO 4.1.1.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción total acumulada por unidad de superficie (kg·m²) en cultivo de pepino cv. Borja..... 123

GRÁFICO 4.1.2.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y BASFOLIAR® foliar sobre la producción total acumulada por planta (kg / planta) en cultivo de pepino cv. Borja 125

GRÁFICO 4.1.3.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción comercial acumulada por unidad de superficie (kg·m⁻²) en cultivo de pepino cv. Borja... 128

GRÁFICO 4.1.4.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción comercial acumulada por planta (kg / planta) en cultivo de pepino cv. Borja 130

GRÁFICO 4.1.5.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos totales acumulados por unidad de superficie (N° frutos·m⁻²) en cultivo de pepino cv. Borja.. 135

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

GRÁFICO 4.1.6.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos totales acumulados por planta (Nº frutos/planta) en cultivo de pepino cv. Borja...	135
GRÁFICO 4.1.7.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos comerciales acumulados por unidad de superficie (Nº frutos-m ²) en cultivo de pepino cv. Borja.....	139
GRÁFICO 4.1.8.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos comerciales acumulados por planta (Nº frutos/planta) en cultivo de pepino cv. Borja.138.....	141
GRÁFICO 4.1.9.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el peso medio del fruto (g) en cultivo de pepino cv. Borja.....	143
GRÁFICO 4.1.10.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el coeficiente de forma (l/d) en cultivo de pepino cv. Borja.....	146
GRÁFICO 4.1.11.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la longitud media del fruto (mm) en cultivo de pepino cv. Borja.....	148
GRÁFICO 4.1.12.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el diámetro medio del fruto (mm) en cultivo de pepino cv. Borja.	
GRÁFICO 4.2.1.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido de nitrógeno total [%] en fruto de pepino cv. Borja.....	153
GRÁFICO 4.2.2.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido de nitratos (ppm) en fruto de pepino cv. Borja.	
GRÁFICO 4.2.3.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de Ca ²⁺ y Na ⁺ en el fruto de pepino cv. Borja.....	155
GRÁFICO 4.2.4.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de K ⁺ y Mg ²⁺ en el fruto de pepino cv. Borja.....	153
GRÁFICO 4.2.5.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de Cl ⁻ en el fruto de pepino cv. Borja.....	156
GRÁFICO 4.2.6.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y de BASFOLIAR® foliar sobre el contenido de oxalatos (ppm) en fruto de pepino cv. Borja.....	158
GRÁFICO 4.2.7.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido de vitamina C (ppm) en fruto de pepino cv. Borja.	
GRÁFICO 4.3.1.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de nitrógeno nítrico (%) a una profundidad de 0-15cm.....	161
GRÁFICO 4.3.2.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de nitrógeno amoniacal (mg/Kg) a una profundidad de 16-30cm.....	161
GRÁFICO 4.3.3.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido Nitrógeno nítrico (%) a una profundidad de 16-30cm.	
GRÁFICO 4.3.4.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de Nitrógeno amoniacal (mg/Kg) a una profundidad de 16-30cm.....	163
GRÁFICO 4.3.5.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la longitud total y la longitud al último fruto cosechado en cultivo de pepino cv. Borja.....	169
GRÁFICO 4.3.6.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de nudos totales en cultivo de pepino cv. Borja.....	170
GRÁFICO 4.3.7.: Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el diámetro basal, medio y apical en cultivo de pepino cv. Borja.....	171

1.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA HORTICULTURA INTENSIVA.

El sector hortofrutícola tiene un papel muy importante tanto dentro de la agricultura como en el conjunto de la economía española. Su participación en la producción final agraria alcanza el 37%, cifra altamente significativa y que ha aumentado en los últimos años desde un 32% en 2000 hasta el 37% de 2006, último año con datos disponibles. (MARM, 2011).

El sector hortícola constituye un sector estratégico para la economía nacional y andaluza. Por su aportación a la producción de la rama agraria, a la vez que por su clara vocación exportadora, juega un papel fundamental en el equilibrio de nuestra balanza comercial. Representa junto con el sector de los productos hortícolas al aire libre más del 25% de la producción de la rama agraria andaluza y más del 30% de la producción vegetal.

Por otra parte, la actividad hortícola es la principal fuente de ingresos de un gran número de familias andaluzas, integrando el motor económico y social de determinadas comarcas de nuestra geografía. (Junta de Andalucía, 2011)

La gran incidencia que tiene la agricultura sobre el conjunto de la economía de Almería, es un hecho diferencial de la provincia, hasta el punto que, durante años, la evolución de la renta y el empleo provincial ha estado determinada por la marcha de la campaña hortícola. Hablar de agricultura en Almería es hablar de la producción hortícola en cultivos intensivos (invernaderos) ya que, la producción final agraria la aporta este subgrupo de productos.

En Almería, el sector primario ha sido el que ha conseguido sacar a la provincia de una prolongada situación de pobreza en las últimas cuatro décadas. De este modo es posible hablar del “modelo Almería”, modelo que es objeto de estudio de muchas universidades e instituciones con el fin de tratar de exportar este modelo a otras zonas del mundo, que se encuentran en situación similar a como se encontraba la provincia de almeriense hace años. Este modelo representa el máximo exponente en agricultura intensiva bajo plástico en España a nivel tecnológico y se ha desarrollado principalmente durante los últimos treinta años.



Figura 1.1. Campos de invernaderos en Almería .FUENTE: www.dw-world.de

Fernández Lavandera y Pizarro Checa (1981) plasmaron la sorpresa y admiración de observar como una provincia española en la periferia de la periferia, desertizada y erosionada en buena parte de su territorio, con carencias muy graves en sus infraestructuras, carente casi por completo de industria, sin burguesía autónoma de cierta entidad ha pasado de ser la última provincia en renta per cápita en el año 1969, a ocupar posiciones intermedias en el “ranking” español, aumentando su aportación al PIB nacional en casi un 50 % entre 1955 y 2002; con el siguiente párrafo:

“La segunda mitad de nuestro siglo nos tiene acostumbrados a los milagros (...) Pero surge ahora el caso de Almería y, contra las leyes económicas y sociales, resulta que se ha conseguido un gran desarrollo, precisamente gracias a la agricultura; hecho tan singular que no cabe calificarlo más que así: el milagro del milagro”.

Uno de los índices que se emplea, para conocer la evolución económica de una zona es analizar la evolución de su población, y la provincia durante una parte del siglo XX ha sufrido una gran depresión económica la cual se refleja en la evolución de su población. Mientras que en el conjunto de España y Andalucía la población crece ininterrumpidamente, Almería permaneció estancada incluso en retroceso. Consecuencia de lo anterior es que cuando el conjunto de España dobla su número de habitantes, en la provincia solo aumenta un 46% la población. Este fenómeno se dio

Santiago Pérez Castilla. 11

hasta la década de los ochenta, a partir de la cual habido un aumento en la población del 33%, cita que dobla el 17% que ha crecido Andalucía y muy superior al crecimiento en España que ha crecido tan solo un 11%.(Camacho Ferre, F., 2003). En los últimos 20 años es donde se produce un crecimiento más acusado de la población en la provincia, debido al gran número de inmigrantes que han llegado atraídos por la demanda del mercado laboral del sector agrario.

El modelo se caracteriza por ser muy intensivo tanto en capital como en mano de obra, lo cual demanda un substancial desembolso de dinero para conservar las explotaciones. La mano de obra en general supone la mayor parte de los gastos, ya que se requiere de muchos trabajadores durante el ciclo de cultivo. Es por ello que la agricultura intensiva del litoral almeriense destaca en el conjunto autonómico y nacional por su fuerte demanda de trabajo (Zarilli, A.; 2003).

Desde el punto de vista económico si observamos la evolución de la renta per cápita en Almería desde 1967, según los datos del servicio de estudios del BBVA, y los comparamos con los del conjunto de España, se pueden apreciar tres etapas; en los años setenta se produce un gran despegue de la economía almeriense, manteniendo tasas de crecimiento superiores a la española y por tanto, aproximándose de manera considerable a la renta media, alcanzando al final de la década un 88% de la media nacional; en los años ochenta y hasta la crisis del 93, Almería crece en términos de renta per cápita a un nivel muy similar al conjunto de España manteniéndose el diferencial respecto a los valores medios. Desde 1993, año que coincide con la creación del Mercado único Europeo, Almería vuelve a crecer a un ritmo superior a la media española hasta colocarse por encima del 90% de la renta familiar en España.

En la actualidad son muchos los factores que afectan al sector hortícola almeriense, los acuerdos de la Organización Mundial del Comercio tendentes a la liberación de los mercados, inciden cada vez más en la competitividad de un sector que nunca se ha contado entre los más protegidos dentro de la Unión Europea. Así mismo, el continuo aumento de los precios de los insumos agrícolas, provoca una reducción paulatina de los márgenes de producción.

Se trata entonces de un sector con una alta capacidad de generar empleo y cuya importancia trasciende al sector agrario, siendo el motor del desarrollo de la provincia junto con el turismo y llevando consigo un gran desarrollo de la industria auxiliar.

1.2. SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE PEPINO.

El pepino es la cuarta hortaliza en importancia junto al calabacín en Almería, por detrás del Tomate, Pimiento y Lechuga. En las últimas décadas, España se encuentra ocupando un lugar de privilegio en el ranking de los principales países exportadores de pepino del mundo.

En España, la evolución de la superficie cultivada en los últimos años tiene tendencia a incrementarse, alcanzando en el año 2008 un valor de 8300 hectáreas y una producción de 670200 de toneladas. (MARM, 2010)

En Andalucía, la superficie destinada a este cultivo protegido en 2010 fue de 6873 hectáreas, obteniéndose una producción de 605735 t. En Almería, la superficie total de pepino fue de 4610 hectáreas en 2010, con una producción de 378317 toneladas. (Junta de Andalucía, 2010).

A continuación podemos ver la serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio, valor y comercio exterior del pepino desde el año 1990 hasta el 2009. En la tabla siguiente se puede apreciar cómo tanto la superficie, como el rendimiento y la producción han ido incrementándose paulatinamente.

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)	Valor (miles de euros)	Comercio exterior (toneladas)	
						Importaciones	Exportaciones
1999	6,3	641	403,8	40,05	161.703	784	343.027
2000	6,6	631	416,5	39,58	164.851	2.902	351.601
2001	7,8	706	547,8	55,29	302.870	2.524	367.527
2002	7,5	695	517,7	40,70	210.721	3.180	359.953
2003	6,9	836	573,1	51,31	294.062	2.290	385.928
2004	7,1	767	546,6	35,62	194.692	2.603	407.788
2005	7,5	635	474,9	50,00	237.474	2.683	387.519
2006	8,0	796	634,9	41,96	266.389	2.760	400.117
2007	7,3	765	558,8	48,56	271.362	2.406	447.610
2008	8,3	809	670,2	44,41	297.619	2.934	454.249
2009	8,0	702	563,6	42,39	238.896	2.589	401.069

Cuadro 1.1. Serie histórica pepino. Fuente: MARM, 2010.

La superficie de pepino ha ido incrementándose a lo largo de los años, aunque no lo ha hecho de forma constante sino presentando oscilaciones en este periodo desde 1990 al 2009.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

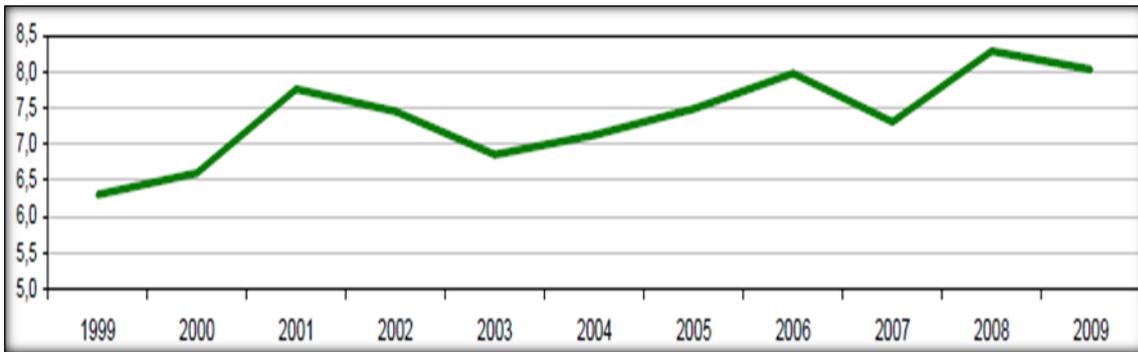


Gráfico 1.1.: Evolución de la superficie de pepino en miles de hectáreas. Fuente: MARM 2010.

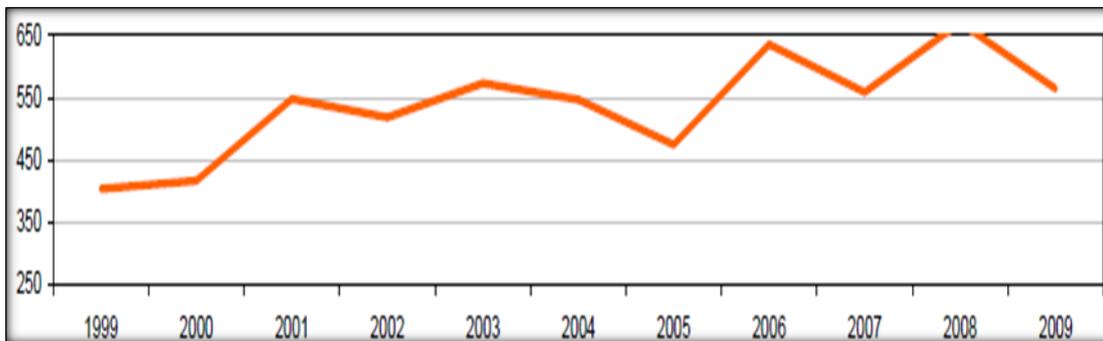


Gráfico 1.2. Evolución de la producción de pepino en miles de toneladas. Fuente: MARM 2010.

Los datos económicos de la campañas 2000/2001 y de 2007/2008 son los mejores de estos últimos años, ya que el valor económico obtenido ronda los 300.000 miles de euros.

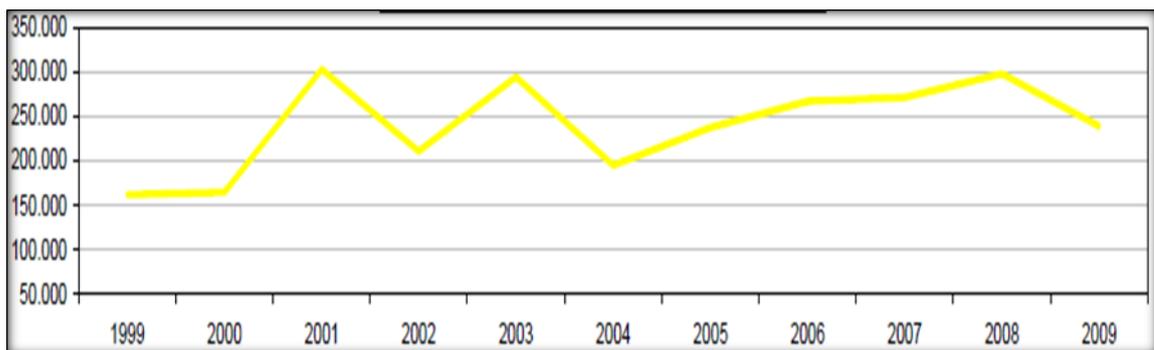


Gráfico 1.3. Evolución del valor de pepino en miles de euros. Fuente: MARM 2010.

1.3. EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS Y CONSUMO DE PEPINO.

En el siguiente gráfico podemos ver la evolución mensual de los precios en origen del pepino de primera categoría durante las campañas 2009/2010 y 2010/2011. En él se estudia la evolución de la cotización en origen del producto de primera categoría en la campaña vigente en comparación con la anterior



Gráfico 1.4. Evolución mensual de los precios en origen del pepino de primera categoría durante las campañas 2009/2010 y 2010/2011 FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011.

El precio medio en origen, se define como el importe de venta del agricultor a la entrega del género en el almacén o comercializadora. El precio medio en origen acumulado por tipo de pepino de primera categoría compara el precio medio acumulado por variedad de primera categoría de la campaña actual con los precios de las dos campañas anteriores.

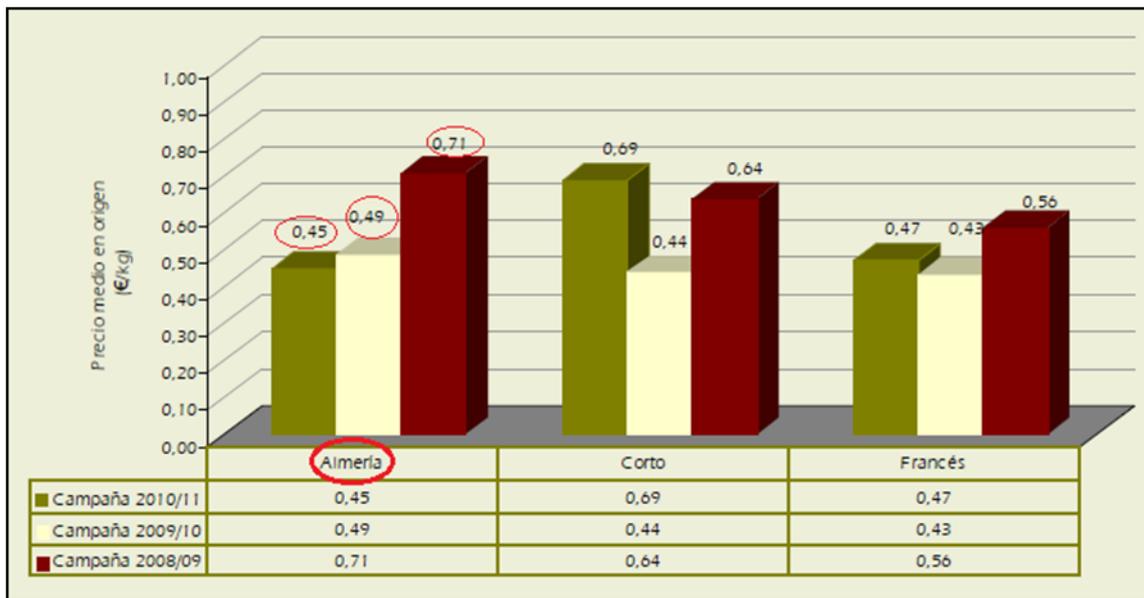


Gráfico 1.5. Precio medio en origen acumulado por tipo de pepino de primera categoría
 FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011.

Entre las incidencias de la campaña 2010/2011 de pepino en Almería que repercuten en el precio, destacar:

El inicio de campaña estuvo marcado por el retraso en la fecha de trasplante de la provincia de Almería, que comenzó a producir volúmenes importantes una vez estuvo prácticamente finalizada la campaña de pepino en Holanda.

En la segunda quincena de diciembre, tiene lugar una sobreproducción de pepino holandés en la costa oriental granadina, coincidiendo con una elevada producción en Almería. La concurrencia de ambas producciones, llega a saturar del mercado y las cotizaciones en origen caen bruscamente.

Durante el mes de enero, las temperaturas invernales frenan el crecimiento y maduración del fruto, cuando gran número de plantaciones se encuentran recolectando los rebrotes y las más envejecidas comienzan a arrancarse. Estas circunstancias provocan la reducción de la producción comercializada y la recuperación de las cotizaciones en origen.

En el ciclo de otoño se ha observado un incremento productivo respecto a la pasada campaña, resultado del aumento en la superficie de plantación. El pepino se ha convertido en esta campaña, en uno de los cultivos más atractivos para los productores.

El precio y volumen acumulado en consumo por formato, compara el volumen y el precio medio al consumo acumulado durante la campaña actual, en España, con la campaña anterior diferenciando entre granel y envasado.

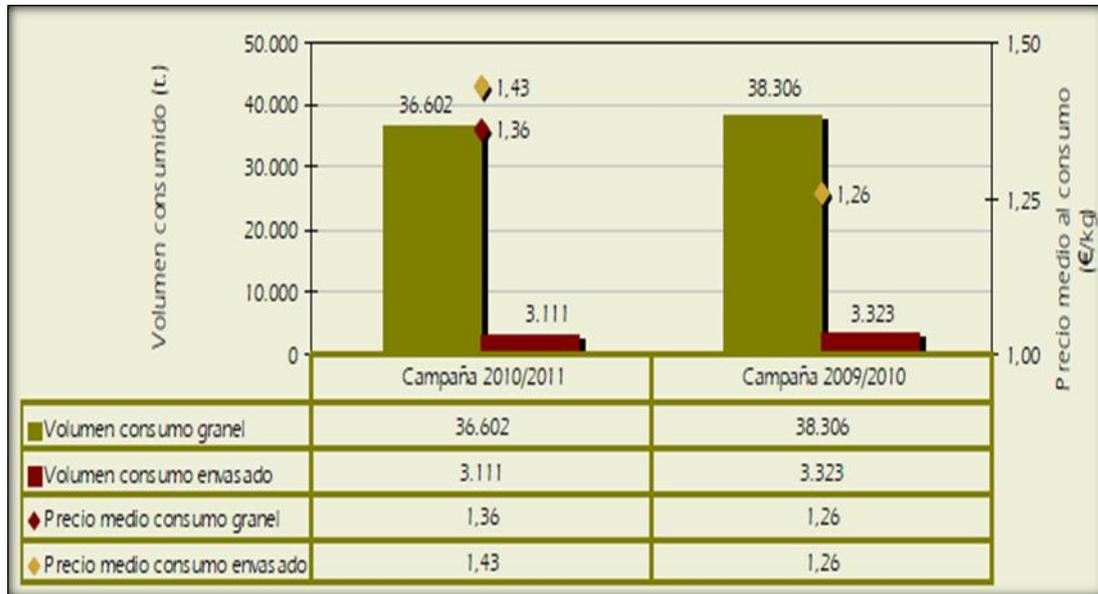


Gráfico 1.6. Precio y volumen acumulado en consumo y por formato. FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011

A continuación se muestra el precio mensual en origen del pepino durante la campaña 2010/2011, en el gráfico se pone de manifiesto una gran bajada del precio medio durante los últimos meses debido a la alerta sanitaria de Alemania.



Gráfico 1.7. Precio mensual en origen en la campaña 2010-2011. FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011.

Desde que saltara la alarma sanitaria a consecuencia de las infecciones por E. Coli en Alemania, la Junta de Andalucía ha comenzado a trabajar en apoyo a los productores y comercializadores afectados por la acusación lanzada por las autoridades germanas sobre productos andaluces.

Tras el análisis de las muestras por parte del laboratorio de referencia en E. Coli, ubicado en Lugo, y la retirada de la alerta sanitaria que pesaba sobre los pepinos andaluces, el Gobierno andaluz trabaja actualmente en la recuperación de mercados y la confianza de los consumidores y en lograr indemnizaciones para los afectados que sean acordes con las pérdidas reales ocasionadas por esta situación.

Entre otras medidas, se ha comenzado a diseñar una campaña promocional de los productos hortofrutícolas, en la que colaboran diferentes organismos de la Administración andaluza y del Gobierno estatal, y se estudian las medidas jurídicas con que cuentan los productores y comercializadores para reclamar a las autoridades pertinentes. (Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, 2011)

El consumo mensual per cápita de pepino a lo largo de la campaña actual, se representa en el siguiente gráfico en el que aparece diferenciado el consumo per cápita de Andalucía y de España. En España el consumo por habitante es ligeramente superior al de Andalucía, pero tanto en España como en Andalucía su consumos varían mensualmente de forma similar.



Gráfico 1.8. Precio medio en origen acumulado por tipo de pepino de primera categoría
FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca. JUNTA DE ANDALUCIA, 2011.

1.4. IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN INTEGRADA, LEGISLACIÓN ESPAÑOLA.

La Producción Integrada simboliza el compromiso del sector agrario con el medio ambiente y la calidad de productos que se producen bajo este sello. Porque es un sistema de producción de alimentos que utiliza al máximo los recursos y los mecanismos de regulación naturales y asegura, a largo plazo, una agricultura viable y sostenible. Estos productos pasan exigentes controles, garantizando la alta calidad de los alimentos de Andalucía, siendo buenos por sus garantías ya que utilizan el control biológico, y porque respetan al máximo el medioambiente aprovechando los recursos naturales al máximo.

Según la legislación española la producción integrada está reglamentada por la Norma UNE 155 001 “Frutas y hortalizas para consumo en fresco. Producción controlada de cultivos protegidos”. AENOR crea en 1996 la serie de normas UNE 155001 que establecen los Requisitos Generales aplicables a todos los cultivos y una norma específica para cada uno de los nueve productos actualmente contemplados (tomate, pimiento, pepino, judía verde, calabacín, berenjena, melón, sandía y col china). La norma entiende por cultivo protegido los cultivos que se desarrollan, al menos durante una parte del ciclo, bajo plástico, malla o cristal. Las normas UNE son fruto de una rigurosa elaboración en la que intervienen representantes cualificados de los consumidores, las empresas y la administración. Elementos imprescindibles para certificar productos.

El objeto de esta serie de normas españolas UNE 155001 es realizar la normalización de las frutas y hortalizas no transformadas, destinadas al consumo en su estado natural. Se excluyen los productos resultantes de la transformación de frutas y hortalizas. Los objetivos básicos de esta norma son tres: la protección del consumidor, el respeto medioambiental y la seguridad y salud de los productores.

Para garantizar la protección del consumidor, una herramienta es el control de residuos de materias activas. Cada empresa debe contar con un sistema de autocontrol para garantizar que no se sobrepasan los límites máximos de residuos fijados en la norma para cada producto hortícola preparado para su comercialización. Este LMR reduce aproximadamente en un 50% los LMR establecidos en la legislación española. El sistema deberá contar con un protocolo detallado donde se especifique el número de análisis que van a llevarse a cabo y la periodicidad de los mismos.

Otras herramientas son el control de origen y la toma de muestras en cualquier momento. La empresa debe establecer los medios necesarios para garantizar la separación de los productos amparados por esta norma de otros de origen no controlado y certificar que en un determinado cultivo no se utilicen pesticidas ilegales y que las materias activas se usen exclusivamente en el cultivo autorizado, siendo siempre respetuosas con el medio ambiente.

En el control del impacto ambiental, Los materiales de cubierta deben ser reciclables, estando prohibido el empleo de PVC y la eliminación del material debe ser lo más correcta posible. Las explotaciones deben disponer de una estructura básica para riego localizado de alta frecuencia y para fertirrigación. En la desinfección de suelos no se permite la utilización de bromuro de metilo, se recomiendan los métodos no químicos y el empleo de la solarización. Dentro de los tratamientos fitosanitarios, se recomiendan los métodos culturales, biológicos y cualquier otro método respetuoso con el medio ambiente y se puntúan positivamente. Los métodos químicos de control sólo se permiten bajo los “criterios de intervención”. El número de productos químicos permitidos es limitado y la eliminación de los envases de productos químicos debe ser controlada.

Para la protección del productor, durante la aplicación de productos fitosanitarios utilizar el equipo adecuado de protección personal. El lugar de almacenamiento de los productos fitosanitarios debe ser el adecuado, cerrado bajo llave, con ventilación suficiente y correctamente señalizado con una señalización de seguridad homologada.

La favorable acogida que ha tenido el sistema de certificación tanto a nivel de productor como entre los compradores en destino y la solicitud de desarrollar normas de producción y sistemas similares en otros productos hortícolas de cultivo extensivo, hace previsible que la marca AENOR de producto certificado adquiera, al igual que ocurre en los sectores industriales, un elevado valor comercial en el sector agrario y ahora mismo en el sector hortícola. El desarrollo y certificación de productos y sistemas de cultivo similares a los definidos para las hortalizas protegidas no sólo suponen una ventaja competitiva para las empresas productoras, sino que también contribuyen a proteger la salud del consumidor y a preservar el medio ambiente, beneficiando así al conjunto de la sociedad. (<http://www.infoagro.com>, 2011).

1.5. INCONVENIENTES DEL MODELO ALMERÍA.

Para realizar un diagnóstico ambiental metódico de la agricultura intensiva, es preciso plantear las entradas y salidas de un invernadero-tipo, y analizar si es ambientalmente aceptable.

Las entradas en un invernadero serían: la energía procedente de la radiación solar, las plántulas, el agua, los fertilizantes, los fitosanitarios, el enarenado, la energía procedente de instalaciones auxiliares, los plásticos y la mano de obra. Como vemos, entre las entradas existen Recursos Naturales que, si son renovables deberían utilizarse por debajo de su tasa de renovación, y si no son renovables con un ritmo de consumo asumible por el medio ambiente, dando prioridad a los reutilizables frente a los que se consumen y desaparecen de forma definitiva (no reutilizables).

Las salidas producidas en el sistema serían: la cosecha productiva, los residuos (vegetales, plásticos, envases, rafias, fitosanitarios, etc.) y los lixiviados de agua y fertilizantes. Por tanto, entre las salidas existen Efluentes ambientales (residuos sólidos y vertidos), que deben ser asimilados por el medio ambiente como receptor último, según su capacidad de procesarlos en sus circuitos físico-químicos y biológicos, transformándolos en elementos no perjudiciales, o al menos aceptables. (Tolón, A., *et al* 2010)

Como vemos la agricultura bajo plástico de Almería, a pesar de ser rentable desde el punto de vista económico, presenta algunos inconvenientes para el medio ambiente que son resultado de su proceso productivo. Algunos de ellos son:

- Los plásticos de cubierta, tras haber transcurrido las campañas para las que estaba diseñado su uso se deben retirar de la estructura. Además los restos vegetales, tras la senescencia del cultivo o a veces por no ser rentables económicamente, se deben retirar del invernadero constituyendo inmensas cantidades de residuos sólidos que deben ser reciclados ya que también son foco de contaminación y reservorio de plagas

La limpieza del campo, reciclando los residuos de cosecha, plásticos y alambres, es una tarea que ha motivado normativas legales específicas que han desarrollado las municipalidades. Téngase en cuenta que el campo de Almería produce anualmente 1.5 millones de toneladas de residuos.

- Uso excesivo de fitosanitarios que interfieren en la actividad natural del entorno. La retirada de pesticidas está teniendo una rapidísima evolución, gracias a la

introducción de insectos y organismos auxiliares para el control de plagas y enfermedades.

- El uso excesivo de fertilizantes, a largo plazo, hay quien afirma que el suelo “se cansa” y pierde fertilidad con el paso del tiempo por el uso de fertilizantes, aunque experimentos a largo plazo en el Reino Unido (150 años) y Alemania, no muestran este efecto. (Cadañá, C., 2005).

Otro inconveniente asociado al uso de los fertilizantes es su destino, ya que las filtraciones de nitrato por la agricultura son un tema fundamental para el medio ambiente y la salud pública como se explicará a continuación. En la actualidad la contaminación de acuíferos por nitratos es un tema prioritario en la Unión Europea. Preocupación que ha motivado una legislación muy estricta en lo concerniente al uso de nitrógeno, limitando taxativamente la utilización de abonos nitrogenados en los suelos agrícolas.

- La sobreexplotación de los acuíferos, cuando la extracción de agua se ha realizado por encima de la tasa de recarga. Esto está ocasionando el fenómeno de intrusión marina o entrada de agua de mar, con la consecuente salinización y empobrecimiento de su calidad. Por otro lado se está produciendo un aumento en el consumo energético en la extracción de agua que se tiene que elevar con más altura (desde el año 1989 hasta el año 2007 se ha incrementado el consumo eléctrico en un 76%, sin apenas producirse incremento de la superficie agrícola).

- Otro aspecto problemático de gran importancia en la agricultura es la salinización de los suelos agrícolas y de las aguas debido a un uso excesivo de sales fertilizantes (Kumar Parida y Bhandu Das, 2005), y a la rápida extensión de tierras en regadío.

- En este proyecto además se aborda el estudio del efecto de la salinización de la solución en el cultivo. La salinidad es el mayor efecto ambiental que limita el crecimiento de las plantas y por lo tanto su productividad (Allakhvendiev et al., 2000, citado por Kumar Parida y Bandhu Das, 2005). Estas limitaciones en la producción y crecimiento se pueden deber a diversos factores como lo son la falta en el balance hídrico de la planta, por una falta en el balance iónico que provoca un aumento en el consumo de energía (respiración de los carbohidratos) para mantener los procesos metabólicos, y por la toxicidad debida a iones Na^+ y Cl^- . Todos estos factores afectan

diversas funciones como la fotosíntesis, la síntesis de proteínas, el metabolismo de lípidos y de energía (Kumar Parida y Bandhu Das, 2005)

1.6. INTERÉS Y OBJETIVOS DEL ENSAYO.

El debate público sobre el uso de los fertilizantes y el medio ambiente en los países occidentales dura ya varios años. Existen diferentes puntos de vista, siendo los principales aspectos considerados los siguientes:

- Escorrentía de los campos y eutrofización de las aguas.
- Nitrato en el agua potable.
- Nitrato y salud.
- Continuidad de la agricultura basada en el uso de fertilizantes.
- Emisiones de óxidos nitrosos y emisiones de amoníaco de la agricultura...

Como tema relevante, nos centraremos en el “destino de los fertilizantes”. Las filtraciones de nitrato por la agricultura son un tema fundamental para el medio ambiente y la salud, en particular a lo que respecta al uso de estiércol y fertilizantes. El debate en la actualidad no se centra en si se deberían tomar medidas para prevenir el deterioro de los recursos de agua, sino qué medidas son las apropiadas cuando se toman en cuenta los efectos y los beneficios.

La filtración de nitrato depende de muchos factores aparte del índice de fertilización, por ejemplo, suelos, cosechas, rotaciones, topografía y modelos climatológicos. La aplicación de principios de sentido común (que son parte de lo que a veces denominan “buenas prácticas agrícolas” en los Estados Unidos y Europa), reduce las filtraciones de nitrato a un mínimo. (Cadahía, C., 2005)

El nitrógeno es el nutriente más importante en la producción agrícola, entender su ciclo en el sistema suelo-cultivo es la clave para optimizar el manejo del fertilizante nitrogenado, maximizando los rendimientos y minimizando los impactos ambientales negativos. (Villalobos, F. *et al.*, 2002)

Hoy en día se sabe que la eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura es baja, siendo habitualmente inferior al 50%, y llegando en el mejor de los casos al 70%. Esto implica que parte importante del nitrógeno aportado a los cultivos no

es absorbido por éstos, sino que va a parar directamente al medio ambiente, contaminando las aguas superficiales o profundas con nitratos o emitiendo gases nocivos a la atmósfera. (Lezana, J. y Carrasco, I., 2002).

La contaminación de las aguas superficiales y profundas por nitratos debido a una aplicación generalizada e indiscriminada de fertilizantes nitrogenados minerales u orgánicos, es uno de los problemas medioambientales más criticados a la agricultura intensiva actual.

Actualmente, existe una preocupación mundial por la concentración creciente de N-NO_3^- en las aguas de consumo humano (MARM). Comly (1945) establece que hay una relación directa entre los nitratos y la salud pública, por ejemplo ciertas concentraciones de N-NO_3^- en el agua para consumo directo, pueden causar problemas como methamoglobinemia infantil o síndrome del bebé azul (cianosis), o posibles problemas de cáncer gástrico. (Citado por Porta *et al.*, 2003).

Por lo tanto, es necesario aumentar la eficiencia de la fertilización nitrogenada para reducir las pérdidas de nutrientes y la contaminación ambiental y permitir la aplicación de técnicas de Producción Integrada y Buenas Prácticas Agrícolas, en sistemas de producción agrarios más respetuosos con el medio ambiente.

La industria mundial de los fertilizantes ha respondido a esta problemática desarrollando fertilizantes especiales que contribuyen a aumentar la eficiencia en la utilización del nitrógeno por los cultivos, permitiendo una liberación de elementos nutritivos que esté de acuerdo a la necesidad de las plantas, para que éstas puedan aprovecharlos en mayor cantidad, reduciendo así las pérdidas por lixiviación o volatilización. Dentro de la gama de fertilizantes especiales, cabe destacar a los fertilizantes de liberación lenta (recubiertos y con mecanismos químicos de hidrólisis de moléculas orgánicas) y los fertilizantes estabilizados (con inhibidores de la nitrificación y de la ureasa), (Carrasco, 2002), (Trenkel, 1997).

Los inhibidores de la nitrificación son compuestos que, por un cierto período de tiempo, retrasan el primer paso de la nitrificación en el suelo, esto es la oxidación bacteriana del ión amonio (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-), mediante la inhibición de las bacterias *Nitrosomonas*. Normalmente los inhibidores de la nitrificación no tienen efecto sobre el segundo paso de la nitrificación, esto es la transformación del nitrito a nitrato, mediada por bacterias del género *Nitrobacter* (Zerulla *et al.*, 2001).

La incorporación de los inhibidores de la nitrificación a las prácticas de fertilización de los cultivos provoca que el N en el suelo permanezca en forma de NH_4^+ durante un mayor período de tiempo, el que debido a su carga, queda fijado en el complejo arcillo-húmico del suelo, evitándose así las pérdidas de N como NO_3^- , que es altamente soluble en el suelo y susceptible a ser lixiviado en profundidad, contaminando las aguas subterráneas. Con el empleo de estos productos en los cultivos se pretende la obtención de mayores tasas de crecimiento y mayores rendimientos.

Este hecho, en resumen, tiene varias consecuencias agrícolas y ambientales:

1. Su utilización reduce significativamente las pérdidas de nitrógeno por lixiviado en los suelos y la desnitrificación, mejorando el suministro de N a los suelos agrícolas (Li, Hua *et al.*, 2008)

2. Permite planificar una nutrición mixta amonio / nitrato de los cultivos.

Otro problema generado por la agricultura intensiva ha sido la salinización de los suelos agrícolas, debido en gran parte al uso excesivo de sales fertilizantes (Kumar Parida y Bhandu Das, 2005). Además este hecho ha sido un factor limitante del crecimiento de las plantas y por lo tanto de su productividad. (Allakhvendiev *et al.*, 2000, citado por Kumar Parida y Bhandu Das, 2005).

Los objetivos en los que se fundamenta la realización de este proyecto son:

- Evaluar el efecto de distintas proporciones de fertilización amonio / nitrato aportado sobre la dinámica del N en el suelo.
- Evaluar el uso de un inhibidor de la nitrificación (3,4- DMPP) sobre la dinámica del N en el suelo, la producción y composición final de producto.
- Valorar el efecto del uso de extractos de *Ecklonia maxima* con determinados contenidos fitohormonales sobre la producción y desarrollo del cultivo, valorando la eficiencia de estas sustancias en la resistencia del cultivo a la alta salinidad del medio.

Para la consecución de los objetivos generales se evaluaron una serie de parámetros específicos trabajando a tres niveles; suelo, desarrollo vegetativo y producción y calidad de un cultivo de pepino cv. Borja, en invernadero:

- Efecto en el suelo. Tanto el tipo de N aplicado (con o sin inhibidor de la nitrificación) como la composición de la D.N (y su CE) tienen un claro impacto en la disolución del suelo, motivo por el cual se hace una monitorización básica de la misma, tanto en el área más cercana a la raíz como en la zona más alejada y con mayor riesgo de pérdidas de N-nitrato.

- Efectos en el desarrollo vegetativo. El tipo de N absorbido puede producir modificaciones en la morfología de la planta y en su composición química. Igualmente la elevada conductividad y la presencia de iones como el Na o el Cl producen consecuencias en la absorción de otros nutrientes y en el desarrollo de la planta. Para valorar los productos en estudio se proponen controles a nivel químico (análisis de savia y foliar) y a nivel morfológico (área foliar, altura, peso seco y fresco, etc.).

- Efectos en la producción y en su calidad. Por último todo lo anterior puede tener implicaciones en el rendimiento global, para ello se cuantifica tanto el rendimiento bruto como diversos parámetros de calidad tanto comercial como nutricional.

Por lo tanto, este ensayo se realiza con el fin de servir como antecedente a posteriores ensayos que requieran la utilización de estos productos en los demás cultivos hortícolas, así como la obtención de criterios fiables para la introducción de los productos en campo, conociendo características y funcionamiento, puesto que sus verdaderos efectos hoy en día todavía no son muy conocidos para la mayoría de los cultivos.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Los parámetros que se valorarán en este ensayo se exponen de forma sintetizada en la siguiente tabla:

PRODUCCIÓN (Por cosecha)	
Rendimiento	Calidad externa
<ul style="list-style-type: none"> • Producción por unidad de superficie • Producción por planta • Número de frutos por unidad de superficie • Número de frutos por planta • Frutos comerciales por unidad de superficie • Frutos destrío por unidad de superficie • Peso por fruto 	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud • Diámetro • Relación Longitud/Diámetro

ANALÍTICA DE FRUTOS 3 frutos (100-105 DDS)	
<ul style="list-style-type: none"> • Nitrógeno total • Vitamina C • Calcio • Magnesio • Potasio 	<ul style="list-style-type: none"> • Sodio • Cloruro • Nitrato • Humedad • Oxalato

ANALÍTICA DE SUELOS 0-15 cm y 16-30 cm 1er muestreo (5-10 DDS) 2do muestreo (70-75 DDS) 3er muestreo (Fin de ciclo)	
<ul style="list-style-type: none"> • Amonio • Calcio • Cloruro • CE • Fosfatos • Sulfatos 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnesio • Nitratos • pH • Potasio • Sodio

Cuadro 1.2. Parámetros analizados en el ensayo.

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. EL CULTIVO DEL PEPINO.

2.1.1. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA.

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Cucumis

Especie: C.sativus

Planta: El pepino es una planta anual de porte herbáceo. Si describimos morfológicamente esta especie desde abajo hacia arriba, podemos ver las siguientes características:



Figura 2.1.1.: Líneas de cultivo de pepino cv. Borja.

Sistema radicular: Posee un sistema radicular muy potente, lo cual es lógico si se considera la enorme productividad de esta planta y el equilibrio que debe haber entre la parte aérea y parte subterránea.

Cuenta con una raíz principal que se ramifica rápidamente en raíces secundarias, se extienden superficialmente, son muy largas y finas, presentando un color blanco. Además, esta planta tiene la facultad de poder emitir raíces adventicias por encima del cuello.

Tallo principal: El tallo es de porte herbáceo, rastrero, trepador y espinoso. Tiene formación de nudos, cuyo número varía según la variedad, condiciones climáticas y de cultivo. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo (se consideran los zarcillos como

hojas modificadas y adaptadas, que favorecen la función trepadora). En la axila de cada hoja se produce un brote lateral y una o varias flores masculinas o femeninas.

Hoja: Las hojas del pepino son alternas con un largo peciolo, presentan un limbo acorazonado con tres lóbulos, siendo el lóbulo central el más acentuado, terminando frecuentemente en punta. Su color es verde oscuro y están recubiertas un vello muy fino.

Flor: La flor consta de cinco pétalos. Las flores del pepino aparecen en las axilas de las hojas, poseen un corto pedúnculo y pétalos amarillos. Las flores aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas y en la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero.



Figura 2.1.2. Frutos recién cuajados.



Figura 2.1.3. Flor femenina de pepino.

Fruto: pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, que vira desde un color verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro, aunque su recolección se realiza antes de su madurez fisiológica. La pulpa es acuosa, de color blanquecino, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto. Dichas semillas se presentan en cantidad variable y son ovals, algo aplastadas y de color blanco-amarillento.

2.1.2. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.

El manejo racional de los factores climáticos es muy importante para tener un buen cultivo, particularmente la temperatura y la humedad relativa.

Temperatura: En la actualidad se recomiendan las siguientes temperaturas del aire para los diferentes estados de desarrollo del pepino:

	Día T ^a (°C)	Noche T ^a (°C)
Germinación	27	27
Formación de la planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

Cuadro 2.1.1. Temperaturas óptimas para pepino en diferentes estados fenológicos.

En términos generales se pueden considerar que las temperaturas durante el día oscilan entre 20°C y 30°C apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25°C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30°C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C y a 1°C se produce la helada de la planta. El empleo de dobles cubiertas en invernaderos tipo parral supone un sistema útil para aumentar la temperatura y la producción del pepino. (Camacho, F. *et al*, 2003).

Humedad: se puede afirmar que los requerimientos son bastante elevados durante el ciclo vegetativo, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente.

Para humedades superiores al 90% y con atmósfera saturada de vapor de agua, las condensaciones sobre el cultivo o el goteo procedente de la cubierta, pueden originar enfermedades fúngicas. Además un cultivo mojado por la mañana “empieza a trabajar más tarde”, ya que la primera energía disponible deberá cederla a las hojas para poder evaporar el agua de su superficie.

Luminosidad: el pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción.

Suelo: El pepino puede cultivarse en cualquier clase de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. Es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades. El pH óptimo oscila entre 5,5 y 7. (<http://www.infoagro.com>,2011).

La temperatura del suelo, en el invernadero es más alta que la temperatura que hay en el exterior, especialmente por el efecto de pantalla del material de cubierta sobre la radiación térmica del suelo. (Seeman, 1974; citado por Camacho. *et al.*, 2003)

Los valores medios de temperatura del suelo a 30 cm de profundidad, en suelo enarenado, oscilan entre 18 y 25 °C (octubre y mayo), con medias máximas entre 19 y 26°C y medias mínimas entre 17 y 24°C. A esa profundidad, los valores más altos se alcanzaron por la tarde y los valores más bajos poco después del amanecer, lo que indica cesión de calor del suelo al invernadero por la noche.

Temperaturas de suelo sobre los 20 °C a 15 y 20 cm de profundidad, han puesto de manifiesto un efecto muy positivo sobre el desarrollo del cultivo. (Castilla, N., 1986; citado por Camacho, F. *et al.*, 2003)

2.1.3. MATERIAL VEGETAL.

- Criterios de elección.

Para obtener una planta cuyos frutos se adapten al mercado y a la zona de cultivo es muy importante la elección de la variedad. Pero lo que hay es que ensayar las variedades en las diferentes condiciones de cultivo antes de pasar a manos del agricultor.

Los aspectos más importantes que se tienen en cuenta para seleccionar una variedad, desde el punto de vista del productor, son principalmente:

- Producción. La más alta posible, pero siempre considerando la producción comercial.
- Vigor de planta. Un buen vigor permite un ciclo largo y una buena tolerancia a las bajas temperaturas así como al acortamiento de los días.
- Un buen nivel de resistencia. Es muy importante las variedades resistentes al Mildiu, al Oidio y otros tipos de enfermedades.
- Longitud de fruto. Que la variedad sea Standard (mínima de 30 cm y máxima de 38 cm) y que sean estables en las diferentes condiciones de cultivo.
- Uniformidad. Que tenga escaso o nulo porcentaje de frutos no comerciales.
- Firmeza y conservación. Que permita un transporte y una estancia suficiente en el mercado en óptimas condiciones.

Otros aspectos para la elección de una variedad podrían ser la precocidad, y características del fruto (longitud, color, estrías e inserción del fruto, etc.).

Respecto al tipo de material vegetal, las variedades cultivadas de pepino son en su mayoría híbridas, habiéndose demostrado que en pepino éstos son mucho más productivos que los no híbridos. El material vegetal responde a los siguientes tipos:

- Pepino corto y pepinillo (tipo “español”)
- Pepino medio largo (tipo “francés”)
- Pepino largo (tipo “Almería”)

A este grupo pertenecen las variedades cuyos frutos superan los 25 cm de longitud. Todas lisas, son ginoicas, de frutos totalmente parternocárpicos y de piel más o menos asurcada. El tamaño de las hojas es mucho más grande.

Centrándonos en las principales variedades de pepino tipo “Almería”, según su época de siembra, la utilizada en el diseño experimental es la variedad Borja. Se trata de una variedad híbrida muy productiva, recomendada para plantaciones tempranas, por su

gran resistencia al calor (julio y agosto). Buen comportamiento en siembras de primavera. Es una variedad partenocárpica resistente a *Cladosporium* y a *Corynespora*. Fruto de intenso color verde oscuro.



Figura 2.1.4. Pepino variedad Borja recolectado



Figura 2.1.5. Pepino en la "caña".

2.1.4. TÉCNICAS DE CULTIVO.

La siembra de pepino requiere que el suelo esté suelto, con bastante materia orgánica, (enarenado o no), y bien equilibrado de abonos minerales. El riego por goteo es importantísimo que riegue uniforme, es decir, que la uniformidad de los goteros sea máxima para así poder cubrir las necesidades hídricas sin problemas.

La calidad del agua debe ser lo mejor posible, teniendo en cuenta que este cultivo obtiene sus mejores resultados en aguas que no sobrepasan 1 gramo de sal por litro de agua, los rendimientos van bajando proporcionalmente a medida que la sal aumenta, y a partir de los 2 gramos las producciones son generalmente muy bajas.

La ubicación del invernadero es también muy importante. Existen algunos parajes que por sus especiales características climatológicas podrían presentar problemas en plantaciones tardías, con una producción de invierno muy reducida y difícil de obtener.

La preparación del suelo es relativamente fácil, con tal que existan una sanidad aceptable (limpieza de restos del cultivo anterior, malas hierbas, etc) y si se sospecha que la tierra puede tener nematodos, desinfectar.

Es conveniente el análisis para aportar lo necesario en prevención de carencias o bloqueos. Siempre es aconsejable la abundante presencia de materia orgánica bien hecha y fermentada.

Es conveniente que la tierra se haya humedecido previamente, y si el terreno está enarenado, se debe llegar a la tierra, sin escarbarla, dejando la semilla encima, y tapándola con un poco de arena o turba. Si se trata de tierra sin enarenar, se debe hacer un pequeño hoyo, donde se sitúa la semilla, y se tapa con un poco de tierra o turba. En el caso de que pudiera haber peligro de pérdidas en nascencia a consecuencia de la presencia de topes, ratones, pájaros u otros, es recomendable llevar la semilla a un semillero y plantarlas con cepellón con 2 o 3 hojas verdaderas.

La siembra se efectúa directamente al suelo, en la proximidad del gotero para mantener la humedad lo más estable posible, que con las temperaturas normales de estas fechas, producen una nacencia muy alta a los 3 días, y a los 5 días prácticamente está nacida toda la semilla.

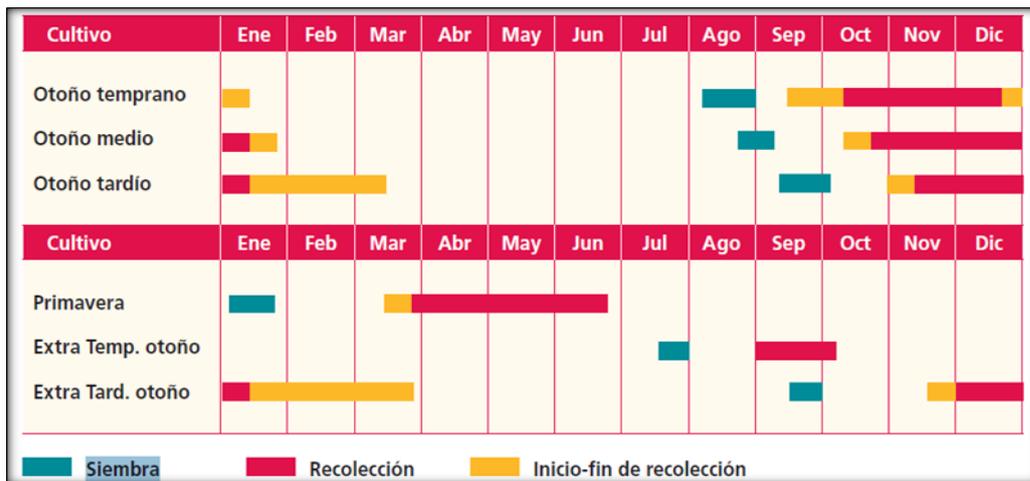
El marco de plantación irá en función del tipo de cultivo que se pretenda hacer, varía el marco de plantación. Así, para cultivos tempranos con intención de quitarles pronto del suelo para buscar un cultivo temprano de primavera, los marcos suelen ser más pequeños para dar mayor densidad al cultivo, en general se siembra a 1,5 m entre calles y a 0,4 m entre plantas, o bien a 1,2 m y a 0,5 m, dando una densidad aproximada a 16.000 plantas/ha.

Cuando el cultivo es más tardío, o está el objetivo de llegar produciendo a pleno invierno, la densidad es menor para evitar la competencia de luz en las fechas con días más cortos, además de proporcionar mayor ventilación que redundará en un cultivo de menos problemas en la producción, con frutos de buena calidad.

Los marcos en general son de 2 m entre líneas y 0,4 ó 0,5 m entre plantas, o bien 1,5 m y 0,5 ó 0,6 m, lo que significa de 10.000 a 12.000 plantas/ha.

Respecto a la fecha de siembra, en la siguiente figura vemos las diferentes fechas de siembras y la recolección de los pepinos Almería.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria



Cuadro 2.1.2. Fechas de siembra y recolección de pepino tipo Almería.

La poda y entutorado del pepino tipo “Almería”, debido a su rápido crecimiento se comienza la poda a los pocos días. La poda pretende que se desarrolle únicamente el tallo principal y consiste en suprimir todos los tallos secundarios y frutos hasta una altura de 60 cm. A partir de ahí se eliminarán todos los brotes laterales y se dejarán los frutos. En algunas variedades, aparecen en las axilas de las hojas varios frutos, debe dejarse un solo fruto por cada axila del tallo principal.

El entutorado consiste en realizar el giro del tallo en un tutor vertical de rafia, uno por planta, hasta la altura del alambre. Al llegar al alambre se dirige la planta hasta otro alambre, que se encuentra a 0,5 m dejando colgar la guía y uno o varios brotes secundarios. No se aconseja dejar caer la guía sobre el mismo alambre, porque se puede romper con facilidad. Tampoco es recomendable que el “emparrado” ocupe todo el espacio entre líneas porque no permite la entrada de luz entre las calles.

Los frutos curvados y abortados se deben eliminar cuanto antes. Las hojas viejas, amarillas o con enfermedades se suprimirán de forma paulatina para favorecer la aireación.

En los restantes tipos de pepino la poda es muy similar, excepto que no se eliminan los brotes laterales, despuntando estos por encima de la segunda hoja. El entutorado se puede realizar como en el caso anterior con un hilo de rafia, o bien con mallas de cuadros de 15 x 15 cm extendidas verticalmente a lo largo de las líneas del cultivo.

2.1.5. RIEGOS Y FERTIRRIGACIÓN.

En los cultivos protegidos de pepino en el sureste español el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza de forma generalizada mediante riego por goteo y va ser función del estado fenológico de la planta así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.).

En cultivo en suelo y en enarenado, el establecimiento del momento y volumen de riego vendrá dado básicamente por los siguientes parámetros:

- Tensión del agua en el suelo (tensión mátrica), que se determinará mediante un manejo adecuado de tensiómetros.
- Tipo de suelo (capacidad de campo, porcentaje de saturación).
- Evapotranspiración del cultivo.
- Eficacia de riego (uniformidad de caudal de los goteros).
- Calidad del agua de riego (a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, ya que es necesario desplazar el frente de sales del bulbo de humedad).

En el pepino “tipo holandés” es muy importante mantener un nivel de humedad constante y elevada en el suelo, para un desarrollo óptimo del sistema radicular y, posteriormente, durante la época de formación y engorde del fruto. En los terrenos enarenados la raíz evoluciona preferentemente en la capa de materia orgánica situada entre la arena y la tierra, por lo que habrá que mantener una humedad estable en esta zona, que normalmente se consigue regando con una frecuencia de 2 días. (<http://www.infoagro.com>, 2011).

Las necesidades de riego para cultivar pepino tipo “Almería”, es muy importante mantener un nivel de humedad constante y alto en el suelo para un óptimo desarrollo del sistema radicular. Para ello, es preciso que el suelo sea permeable, a fin de evitar acumulaciones de agua que provoquen asfixia radicular por encharcamiento. De esta forma, se favorece la penetración del agua y de las raíces. Es necesario que el bulbo de humedad sea amplio, lo que permitirá que las raíces adquieran amplitud necesaria para satisfacer las fuertes necesidades hídricas de este cultivo.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

MESES	AGOSTO		SEPT.		OCT.		NOV.		DIC.		ENERO		FEB.	
Quincenas	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
A	1,63	2,95	3,68	3,80	4,21	3,39	2,40	2,04	1,78	1,41	1,19	1,31	1,53	1,69
B		1,48	2,75	3,04	3,51	3,39	2,40	2,04	1,94	1,41	1,19	1,31	1,53	1,69
C			1,38	2,28	2,81	2,83	2,40	2,04	1,94	1,41	1,46	1,31	1,53	1,69
D				1,14	2,11	2,26	2,00	2,04	1,94	1,41	1,46	1,31	1,53	1,69
E					1,05	1,70	1,60	1,70	1,94	1,55	1,46	1,61	1,53	1,69

A: siembra o trasplante 1ª quincena de agosto.
 B: siembra o trasplante 2ª quincena de agosto.
 C: siembra o trasplante 1ª quincena de septiembre.
 D: siembra o trasplante 2ª quincena de septiembre.

Cuadro 2.1.3. Consumos medios (l/m².día) del cultivo de pepino “tipo holandés” en invernadero. Fuente: Documentos Técnicos Agrícolas. Estación Experimental “Las Palmerillas”. Caja Rural de Almería.

En los terrenos enarenados, la raíz evoluciona preferentemente en la capa de materia orgánica situada entre la arena y la tierra, por lo cual, es una zona en que es necesario una humedad estable, que se consigue normalmente con una frecuencia de riego de 2 días, con un volumen de agua de 2 a 4 litros por planta y riego.

Cuando el cultivo es adulto, con una altura superior a la del tutor, se produce un sombreado en el suelo, que coincide con una amortiguación de las temperaturas (entrando el otoño), por lo cual, la frecuencia puede rebajarse, aunque siempre hay que mantener la estabilidad de la humedad en el suelo, siendo suficiente con regar cada 3 ó 4 días, manteniendo los mismos volúmenes.

Los cultivos en tierra, normalmente cuentan con un suelo bastante permeable con un porcentaje alto en arena, por lo que las pérdidas por percolación son mayores, y requieren un nivel alto de materia orgánica para regular al máximo la humedad en el suelo. Normalmente, los volúmenes de agua son mayores, especialmente en un principio, para buscar un bulbo amplio y superficial, difícil a veces de conseguir por la tendencia a caer en vertical, lo que obliga a regar cada día e incluso repetir el riego en el día. Una vez logrado un bulbo que permita la estabilidad de la raíz en una zona no muy profunda, los volúmenes de agua aplicados son parecidos a los suelos enarenados.

Los volúmenes utilizados pueden ser al día 2 a 3 litros, repartidos en 1 ó 2 riegos. No obstante, en estas condiciones, se hace imprescindible para poder llevar un criterio de riego óptimo, hacer uso de tensiómetros para tomar la lectura correcta de las necesidades hídricas en cada momento, a la profundidad que se estime conveniente.

El pepino es muy sensible a la salinidad, tanto del suelo como del agua de riego, repercutiendo negativamente en los rendimientos, curvado de frutos, quemaduras en los bordes de las hojas etc.

Si no se puede emplear agua de mejor calidad, los riegos se realizarán a diario, manteniendo el tensiómetro entre 10-15 centibares para no producir asfixia radicular. Si el suelo es salino, se realizará una enmienda adecuada, en función del correspondiente análisis, y se practicarán lavados previos al cultivo después de asegurado un buen drenaje.

Respecto a la fertirrigación, en condiciones normales, nos referimos a un cultivo sembrado desde finales de agosto hasta mediados de septiembre. Se empezaría la recolección a primeros de octubre, y se quitaría el cultivo en enero, con producción aproximada a las 100 toneladas por ha. Las necesidades para cubrir este ciclo serían las siguientes:

- 450 U.F. /ha de N.
- 225 U.F. / ha de P₂O₅.
- 450 U.F. / ha de K₂O.

La distribución de estos elementos en el suelo puede hacerse de muchas formas, según el tipo de suelo que se disponga. Previamente al cultivo, es importante analizarlo, para corregir posibles desequilibrios mediante el abonado de fondo.

La aportación de abono de fondo junto a la incorporación de materia orgánica podría ser la siguiente:

- 250 kg/ha de Sulfato amónico 21%.
- 600 kg/ha de Superfosfato de cal 18%.
- 600 kg/ha de Sulfato de potasa 50%.

En el riego localizado, y distribuido proporcionalmente al estado de desarrollo, mediante la solución nutritiva, se incorporan:

- 1.000 kg/ha Nitrato amónico 33,5%.
- 200 kg/ha Fosfato monoamónico.
- 350 kg/ha Nitrato potásico.

- 100 kg/ha Sulfato de Magnesio.

En total se mantiene una relación de equilibrio de N: P: K, aproximada a 1:0,5:1, que puede extraer el cultivo de la solución del suelo en condiciones normales. Es importante considerar la incidencia de los microelementos en este cultivo, bastante exigente, en especial con manganeso, por lo cual deben emplearse los correctores de manera periódica, preferentemente en el riego, y circunstancialmente vía foliar en combinación con los tratamientos fitosanitarios.

El pepino “Almería” es una especie bastante exigente en nutrición tanto en calidad como en cantidad, por lo cual es muy importante proporcionar un buen abono al cultivo.

Debido a que factores tales como la temperatura, humedad, suelo, agua y otros influyen en la nutrición de las plantas, en su gran mayoría no pueden ser controlados, al menos fácilmente con el tipo de estructuras que disponemos, es importante en este cultivo tratar de proporcionar a la planta algo que le permita recoger del suelo los nutrientes que en ciertos momentos necesita y no le estamos adicionando con la fertirrigación.

Por este motivo, es interesante proporcionar una especie de colchón amortiguador que permita a la planta seguir alimentándose lo más correctamente posible, nos referimos al aporte orgánico de fondo, que como se conoce, para esta especie es de elevada importancia.

Una vez el terreno convenientemente preparado, es importante tratar de hacer una planificación del abonado de cobertera que vamos a necesitar para sacar adelante el cultivo, evitando confiarnos en el abonado orgánico y de fondo, teniéndolo solo presente como reserva para momentos de crisis y/o minimizar los errores que podamos cometer durante el abonado de cobertera.

Como cualquier otra, la planta del pepino ha de mantener un equilibrio entre su parte vegetativa (raíces, tallos y hojas) y su parte generativa (flores y frutos). Un cultivo muy vegetativo nos daría poca producción y de mala calidad, además de una mayor susceptibilidad a enfermedades y un cultivo excesivamente generativo nos daría una producción rápida y baja.

Por otro lado, conviene tener en cuenta que la planta del pepino necesita de un rápido crecimiento de sus raíces, ya que cuando comienza a producir éste se va frenando e incluso reduciendo.

De todos es conocida la importancia que el fósforo tiene en esta etapa, por lo cual los aportes de este elemento al inicio del cultivo no se deben descuidar, y mantenerlos en un correcto nivel.

Teniendo presente estas premisas, la planificación para el abonado de nuestro cultivo de pepino “Almería” podría quedar del siguiente modo:

Los primeros cinco ó seis días previos a la germinación, conviene suministrar el agua necesaria, sin aportar abono para evitar problemas de salinidad que dañen la plántula y estimular el desarrollo de las primeras raíces.

A continuación sería interesante realizar un análisis de suelo para conocer la riqueza del mismo.

Si nuestro suelo presenta una riqueza y niveles de nutrientes equilibrados, podremos empezar con un abonado estándar, en caso contrario tendremos que corregir los excesos o deficiencias que nos indique el análisis.

Conviene comenzar con un abonado no demasiado alto en conductividad para continuar estimulando las raíces y adicionando fósforo, para lo cual un equilibrio N/K₂O aconsejable sería 1/0,7 mientras el fósforo se puede adicionar con una concentración de 0,4-0,5 cc/L de ácido fosfórico del 55% y una conductividad, con la del agua de riego de un máximo de 2 dS/m, recomendable de 1,5. Intentar situar el nivel de pH entre 5,5 y 6,8 para una mejor absorción de los elementos, fundamentalmente los micros y el fósforo, por lo cual es recomendable que el fósforo sea aportado en forma de ácido, que es además económico.

En la cuarta semana, principio de la quinta, las plantas deberán tener ya un buen sistema radicular desarrollado, el cual hay que seguir estimulando, pero ya puede soportar una mayor concentración de nutrientes y por tanto una mayor conductividad en el suelo, con lo cual podemos pasar a un equilibrio N/K₂O de 1/1, aumentando así algo el potasio que nos va hacer falta, principalmente cuando las densidades de plantación son muy altas como lo son en Almería.

Además de ayudarnos a estimular la floración, aspecto de la planta que también demanda bastante fósforo, por lo que debemos de mantenerlo en los mismos niveles que hasta ahora. De esta forma obtendremos una conductividad aproximada recomendable de 2-2,3 dS/m.

Ya en la sexta semana la planta estará engordando el fruto que vamos a recolectar en la siguiente, nos interesa por tanto, obtener una planta generativa, para

no perder precocidad ni producción, por lo cual debemos subir algo los niveles de potasio progresivamente hasta lograr un equilibrio N/K₂O de 1/1,3; como es sabido, este elemento está muy relacionado con los niveles de calidad de la fruta, principalmente en lo que se refiere a coloración, con CE recomendable de alrededor de 2,5 dS/m, no descuidando los niveles de Fósforo, ya que la planta necesita seguir produciendo flores de forma continua. Si bien podemos ya bajar algo las concentraciones iniciales hasta 0,2-0,25 cc/L de ácido. Este abonado puede parecer bajo en Nitrógeno, pero no lo es si queremos evitar un envejecimiento prematuro de la planta y una mayor sensibilidad a enfermedades como el Mildiu o la Alternaria.

Después de las primeras recolecciones, es un momento importante para realizar un análisis de suelo y conocer como tenemos el mismo, que es lo que la planta está explotando y rectificar nuestro abonado en el caso de desequilibrios, o continuar con nuestro equilibrio nutritivo.

No obstante el estiércol aportado, comenzará a liberar más nutrientes en este momento, que coincide cuando la planta los va a necesitar en mayor cantidad, conviene no descuidarnos y comenzar también con los primeros aportes de microelementos cuya demanda se va a incrementar enseguida y de una forma fuerte, principalmente Hierro y Manganeseo, mas minoritariamente el Magnesio, por lo cual conviene aportar algún compuesto rico en Fe y Mn, y algo de Sulfato de magnesio.

Estos micros y oligoelementos van a incidir notoriamente en el color de la fruta, la calidad de la misma y la resistencia de la planta mientras sean aportados a tiempo y en cantidades suficientes, así, el color y el brillo de la fruta van a dar un buen aspecto comercial a la producción.

A partir de aquí, la fertilización prácticamente se puede mantener, con pequeñas variaciones según la evolución del mismo, pero teniendo en cuenta la adición de micros para evitar pérdidas de calidad y producción, y la adición de K₂O para mantener la firmeza del fruto y la resistencia de las plantas.

En cuanto al aporte general de Nitrógeno, es interesante usar, siempre que pueda, el Nitrato de calcio, ya que el calcio es un elemento importante en la nutrición del pepino, y que aporta además de una mejora en la calidad, una mejor defensa de las plantas ante las enfermedades. La importancia del agua es de toda conocida en este cultivo cuya demanda es bastante grande sobre todo en la época de formación y engorde del fruto. En las primeras etapas del cultivo, casi es interesante

una ligera disminución de los riegos para estimular el desarrollo radicular de las plantas que permita a la planta posteriormente un mejor aprovechamiento del agua contenida en el suelo, y de otro lado, es bastante menos problemático que cuando se realiza en una planta adulta ya en producción.

-Terreno definitivo.

Si el terreno no tiene buen drenaje se puede aportar una pequeña capa de arena, o bien poner plástico debajo de los sustratos para canalizar el agua de drenaje.

Dos días antes de la plantación los sacos se saturan con solución nutritiva. En el momento de la plantación o poco después se hacen los cortes de drenajes.

Un cultivo de pepino en sustrato tiene generalmente, una vegetación menos exuberante que en el suelo, es decir, que la relación masa foliar/fruto es más equilibrada, pudiéndose hacer plantaciones más densas.

Medir el agua de drenaje, CE y pH todos los días, pues esto es lo que marca la pauta de riegos y abonados.

Analizar mensualmente los iones de drenaje.

Tomar las muestras de análisis en varios sitios distintos de la parcela.

2.1.6. FISIOPATÍAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES EN RELACIÓN A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA.

-Fisiopatías

- Curvado (en inglés “pillow”) y estrechamiento de la punta de los frutos:
El motivo de esta fisiopatía no está suficiente claro. Influyen varios factores: abonado inadecuado, falta de agua, salinidad, variedad, trips, altas temperaturas, exceso de producción, e incluso puede ser varietal. Para luchar contra este problema es necesario actuar sobre los distintos factores que lo producen.

Los cultivos se suelen iniciar entre agosto y septiembre. Por ello se debe tener mucho cuidado en no subir la CE para evitar tener impedimentos de absorción de agua por la planta cuando las temperaturas en el interior del invernadero oscila 40°C. En los estados iniciales del cultivo hay que mantener la CE cercana a 2dS.m⁻¹ e ir

elevándola hasta $2,5 \text{ dS.m}^{-1}$ en producción. En invierno conviene subirla hasta 3 dS.m^{-1} . Debido a que se trata de un cultivo muy sensible al encharcamiento en los suelos tipo cañada se deberá vigilar que estos niveles de CE no se eleven, porque se tendrán serios problemas para lavarlos. El exceso de salinidad en el suelo, puede provocar la aparición de frutos curvados.



Figura 2.1.6. Curvado y estrechamiento de fruto de Pepino cv. Borja.

- Anieblado de frutos: Es una fisiopatía que se da en todas la cucurbitáceas. Se produce un aclareo de frutos, de forma natural, cuando están recién cuajados: los frutos amarillean, se arrugan y abortan. Se debe a una carga excesiva de frutos, a la falta de agua y nutrientes o ambas cosas. Para evitarlo hay que manejar correctamente el fertirriego.
- Amarilleo en fruto de pepino: Se manifiesta mediante una coloración amarilla en los frutos, que parte desde la cicatriz estilar y avanza progresivamente hasta ocupar gran parte de la piel del fruto.

El color amarillo es el color de maduración de un fruto de pepino, por tanto, hay que pensar que cuando esta coloración aparece, el fruto está fisiológicamente acabado y maduro.

La incógnita se produce, cuando la coloración se manifiesta en frutos jóvenes y de poco tamaño y peso. Este es un fenómeno habitual en épocas frías, en que el metabolismo de la planta se reduce, y por tanto, el fruto pierde la capacidad de desarrollarse plenamente, y se produce su maduración anticipada. En el caso actual, aún las temperaturas son satisfactorias, por lo que las causas habrá que buscarlas en los fenómenos que, aparte de la baja actividad de la planta en una época fría, induzcan una maduración anticipada, y entre otras, se podría citar en relación con la fertilización:

- Exceso de nitrógeno:

Cuando esto se produce, la planta se pone muy frondosa, tierna y quebradiza, el fruto toma un tamaño grande, pero una coloración verde pálido, con tonos amarillentos, que no llegan a dar un color oscuro. En pepino, el contenido de nitratos en el suelo estará en función de la época de plantación. En los meses como agosto –septiembre, es normal mantener el extracto saturado del suelo, valores próximos a 12meL^{-1} , que irán disminuyendo conforme los niveles de luz disminuyan, hasta valores de $8,0\text{-}10\text{meL}^{-1}$. Excesos en los contenidos en nitratos del suelo pueden llegar a provocar quemaduras en el borde de las hojas, similares a las causadas por exceso de NaCl. La relación N/K en el inicio de la plantación estará próxima a $3,5\text{-}4,0$ y disminuirá hasta $2,75\text{-}3,0$ cuando disminuyan los niveles de luz. El nivel de fertilización oscilará entre $16\text{-}18\text{ meL}^{-1}$ con altos niveles de radiación, pero evitando siempre que la CE sea superior a $2,5\text{ dSm}^{-1}$. Es fundamental en este caso que los niveles de salinidad en el agua de riego sean muy bajos. Como ya se ha comentado al principio excesos en la fertilización nitrogenada pueden provocar amarillez en los frutos y una rápida senescencia de la planta.

- Déficit de N:

Cuando este elemento es deficiente da lugar a plantas con flores anormalmente pequeñas que repercutirá en el fruto, frutos con madurez prematura o de color verde oscuro anormal, dependiendo de las especies.

- Conductividad muy alta en el suelo:

Con una presencia alta de sales en el suelo, la conductividad se eleva, y se pueden producir los trastornos clásicos de una dureza en la planta que limita el desarrollo del fruto, obteniéndose unos pepinos pequeños, afilados por las puntas, y con una tendencia a amarillear con gran rapidez.

En cualquier tipo de planta, es muy importante una relación de equilibrio de nutrientes que se ajuste a sus necesidades. En pepino es aún más importante, porque tanto un exceso como un defecto, en alguno de los elementos puede provocar un parón vegetativo cuyas repercusiones en el fruto son inmediatas, son síntomas de endurecimiento general, amarilleo de los frutos de cierta calibre y deshidratado con afilamiento de las puntas de lo más pequeños, quedando la planta colapsada y con difícil recuperación.

Siempre es conveniente contar con aguas de buena calidad, con suelos equilibrados y con materia orgánica suficiente. Es buena medida la aportación de ácidos húmicos de forma periódica cuando el nivel de materia orgánica es deficiente, para evitar bloqueos y mantener un nivel óptimo de fertilidad en el suelo.

El exceso de nitrógeno puede dar lugar a un crecimiento desordenado de los órganos vegetativos, haciendo a la planta más sensible al ataque de plagas y enfermedades.

- Principales plagas del pepino:

- Araña roja (*Tetranychus urticae*):
- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*):
- Trips (*Frankliniella occidentalis*).
- Minador (*Liriomyza spp.*)
- Rosquilla verde (*Spodoptera exigua*)
- Nemátodos (*Meloidogyne spp*)

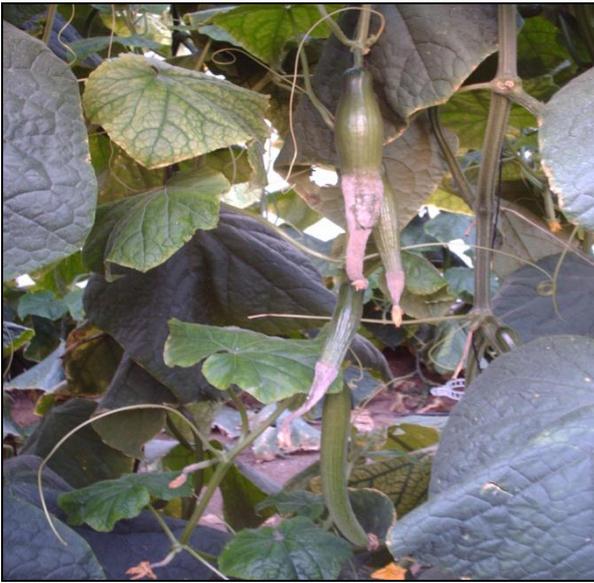


Figura 2.1.7. Trampa cromática amarilla para el control de *B.tabaci* y *F.occidentalis*, aunque este último estaba en mayor proporción en las azules.

- Enfermedades del pepino

En algunos hongos la capacidad de propagarse es mayor cuando las plantas presentan un alto grado de humedad y presentan tejidos ricos en nitrógeno. Entre las enfermedades que atacan debido al exceso de N al pepino conviene señalar las siguientes:

- Alternaria
- Botrytis cinerea.
- Mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) (Camacho, F., 2003).



Figuras 2.1.8 y 2.19 .Frutos de pepino afectados por *Botrytis* y a la derecha frutos de destrío afectados su mayoría por la misma *B.cinerea*.

- **Virosis:**

Los virus son agentes parásitos capaces de producir enfermedades en las plantas. Una característica importante es que son parásitos obligatorios, no pudiendo multiplicarse fuera de organismos vivos. Por lo tanto no puede hablarse de lucha química ya que cualquier producto que actuara contra el virus, lo haría contra la propia planta. Son incapaces de penetrar por si solos en otros organismos, necesitan agentes transmisores u otro mecanismo (heridas) que les permitan ponerse en contacto con las células vivas.

- CMV (virus del mosaico del pepino):
- WMV-2 (virus del mosaico de la sandía-2)
- ZYMV (virus del mosaico amarillo del calabacín)
- SqMV (Virus del mosaico de la calabaza)
- CuYV (Virus del amarilleamiento del pepino)
- CVYV (Virus de las venas amarillas del pepino)

2.1.7. RECOLECCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN.

La recolección se realiza cuando los frutos alcanzan su madurez comercial, aunque los calibres varían según las preferencias de los diferentes mercados. La recolección se realiza cortando el pedúnculo con un cuchillo y dejando un trozo de un centímetro de longitud.

La frecuencia de recogida está en función de las condiciones ambientales (especialmente temperatura) y del mayor o menor tamaño que se desea en cada caso, variando desde varias veces por semana a comienzo del otoño, hasta más de ocho días en invierno. Debido a la gran cantidad de agua que constituye el fruto (95%) se debe evitar las deshidrataciones, realizando la corta en horas de poco calor y dejando las cajas con los frutos en un almacén o a la sombra, hasta su traslado al centro de comercialización.

Debe evitarse el cortar frutos “no terminados” ni “pasados” que deprecian el resto de la partida. Algunos de los detalles indicadores de que los frutos están a punto son: uniformidad del diámetro, redondeo de la zona apical y piel más o menos oscura y más lisa. Si se retrasa la recolección, el fruto toma un tamaño demasiado grande y tiene poca capacidad de conservación. Si la comercialización se realiza a través de alhóndigas, se deben de separar por tamaños y calidades, sin embargo si se lleva a cooperativa, dichas clasificaciones, así como el plastificado, envasado, almacenamiento, y de transporte a destino, son realizados por la entidad. Los destinados al mercado deben reunir las siguientes características mínimas: estar enteros, sanos de aspecto fresco, limpios, sin humedad exterior, firmes y sin olores ni sabores extraños. Además deben de haber alcanzado el desarrollo normal, guardar las características de la variedad y ser más o menos rectos. (Camacho, F., 2003)

2.2. EL NITRÓGENO EN LA AGRICULTURA.

El nitrógeno es uno de los elementos fundamentales en la nutrición de las plantas, por lo tanto, mantener unos niveles adecuados en la fertilización será clave para la obtención de rendimientos adecuados en el cultivo. (Camacho, F., 2003).

El N es un elemento esencial para la producción de vegetales, ya que es necesario para la síntesis de clorofila y proteínas. Tiene un efecto esencial sobre el crecimiento de la planta, aumentando el volumen de los órganos vegetativos. (Camacho F., Fernández, E., 2007).

Los vegetales se nutren fundamentalmente de las formas minerales de nitrógeno del suelo y solamente en algunos casos pueden nutrirse, también, del nitrógeno libre que existe en la atmósfera exterior. La absorción directa de algunas moléculas orgánicas que contienen N (aminoácidos) es posible tanto por vía radicular como por vía foliar. (Urbano Terrón, P., 2002).

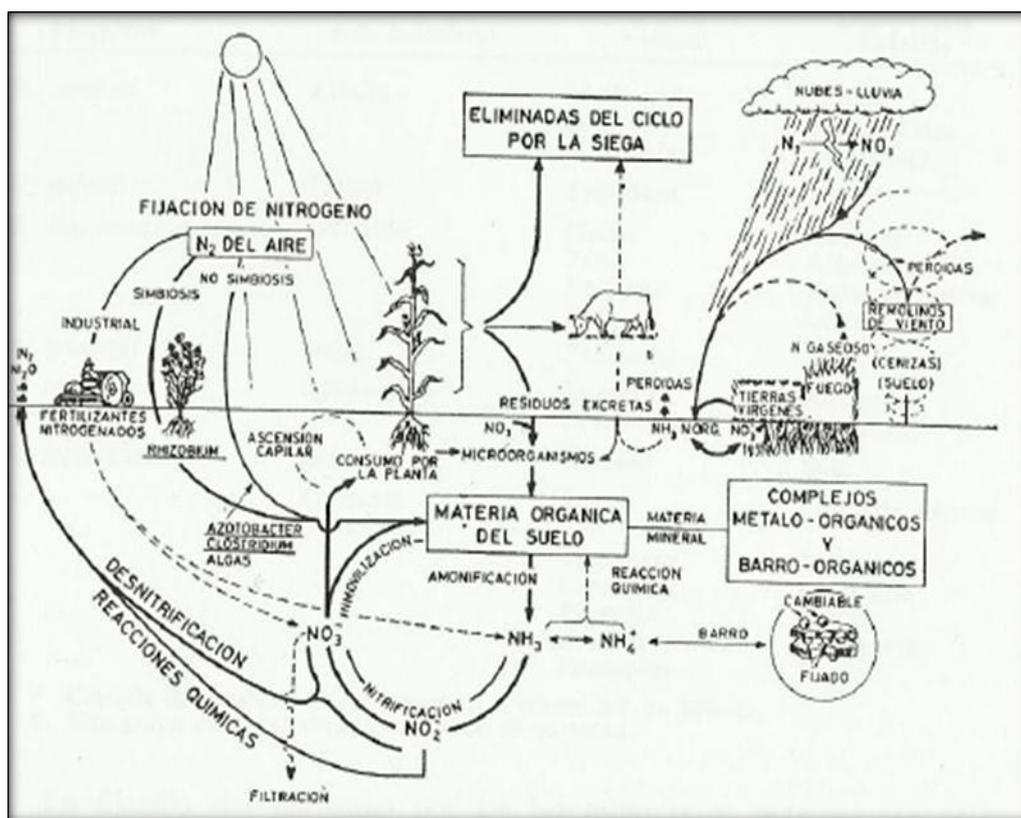


Figura2.2.1. Ciclo del nitrógeno. Fuente: Tisdale, L. et al.

Bajo condiciones naturales, el nitrógeno del suelo no proviene de la degradación de roca madre. La fuente original de nitrógeno que consumen los cultivos es el gas inerte N_2 y constituye el 78% de N en la atmósfera terrestre. Como las plantas no

pueden metabolizar el N_2 a proteínas, antes debe transformarse a nitrógeno asimilable siguiendo uno de estos procesos:

- ❖ Fijación biológica: por *Rhizobia* y otros microorganismos que viven en simbiosis con raíces de leguminosas y otras plantas determinadas no leguminosas.
- ❖ Fijación por microorganismos que viven libremente en el suelo.
- ❖ El nitrógeno puede oxidarse y pasar a la forma de óxidos, por la acción de descargas eléctricas, y éstos compuestos a su vez, son trasladados al suelo por la lluvia en forma de ácido nitroso o nítrico.(Navarro,G.,2000)
- ❖ Fijación como NH_3 , NO_3^- o CN_2^{2-} por alguno de los procesos industriales para la fabricación de los fertilizantes nitrogenados sintéticos.

El aporte de N_2 atmosférico está en equilibrio dinámico con las formas fijadas en el suelo. El N_2 se fija mediante distintos procesos, otros procesos químicos y microbiológicos liberan N_2 a la atmósfera. Excepto en la fijación industrial o por combustión, las demás son naturales, aunque el hombre puede alterar muchas de estas transformaciones con el manejo del suelo y el cultivo.

El contenido de nitrógeno en el suelo oscila desde 0,02% en el subsuelo hasta 2,5% en la turba, siendo 0,03-0,4% el intervalo más normal. Este nitrógeno puede encontrarse en forma inorgánica u orgánica, siendo el porcentaje de nitrógeno orgánico del orden del 95%. El nitrógeno orgánico se presenta como proteínas, aminoácidos, aminoazúcares u otros compuestos de nitrógeno. Las formas inorgánicas incluyen amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) y N_2 . Las tres primeras formas son las más importantes desde el punto de vista de la fertilidad y provienen de los fertilizantes o de la descomposición de la materia orgánica. Las otras formas son gases que se pierden como consecuencia de la desnitrificación.

Las plantas absorben tanto NO_3^- como NH_4^+ aunque a menudo la presencia de ambos mejora la nutrición. La concentración de nitrato es ligeramente superior a la del ión amonio y además el NO_3^- se mueve con facilidad, por lo que alcanza las raíces con el flujo del agua (transporte por flujo de masas). La preferencia de las plantas por una u otra forma del nitrógeno inorgánico depende de la especie, de la edad, del medio y de otros factores. Los cereales, el maíz, la remolacha, por referir algunos cultivos, absorben indistintamente NO_3^- o NH_4^+ . Las solanáceas (tabaco, tomate, patata). Prefiere que la

proporción $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ en la solución del suelo sea alta. En cambio hay otras especies que no toleran el NO_3^- .

La absorción de nitrato se ve favorecida por pH bajo. Para el ión amonio ocurre lo contrario. En términos energéticos, la absorción de NO_3^- es menos eficiente que la del amonio, ya que el nitrato deberá reducirse a amonio antes de que el nitrógeno pase a formar parte de los compuestos orgánicos. Sin embargo la absorción de NH_4^+ conlleva la acidificación de la rizosfera y disminuye la absorción de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ mientras que aumenta la absorción de SO_4^{2-} , H_2PO_4^- , Cl^- . (Villalobos, F., 2002).

Es sabido que el N junto con el P y K, son los elementos claves en la nutrición mineral, de ahí que las formas iónicas preferentes de absorción de nitrógeno por la raíz son el nitrato y el amonio. No es fácil conocer el estado de las plantas en lo que se refiere al nitrógeno, dado que la presencia de NO_3^- se ve regulada por aspectos como la desnitrificación hasta formas gaseosas de N, la inmovilización microbiana y la lixiviación, mientras que el NH_4^+ se ve afectado por su volatilización en forma de amoníaco, su absorción por el coloide arcilloso-húmico del suelo y la nitrificación. (Azcón-Bieto, J., 2001).

Las especies de los géneros *Xanthium*, *Gossypium* y *Cucumis* poseen una baja actividad nitrato reductasa en la raíz y, como consecuencia, prácticamente todo el nitrato tomado por la planta es transportado a las hojas para su asimilación. Otro factor que modifica la distribución interna de la asimilación del nitrato es la edad de la planta, ya que a medida que la planta se desarrolla, la reducción de nitrato desciende en la raíz y aumenta en las hojas. Cuando la planta entra en la fase reproductora, los frutos en desarrollo demandan gran cantidad de nitrógeno orgánico. (Azcón-Bieto, J., 2001).

Conocer cómo funciona el ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-cultivo es la clave para optimizar el manejo del fertilizante nitrogenado, maximizando los rendimientos y minimizando los impactos ambientales negativos. Las fuentes para abastecer a los cultivos de nitrógeno son varias. Fertilizantes inorgánicos y nitrógeno orgánico procedente del estiércol y otros residuos o también de la fijación simbiótica de N_2 .

El nitrógeno en el suelo se puede encontrar en distintas formas. El contenido de N en el suelo va de 0,02%(subsuelo) a 2,5%(turba) siendo 0,03-0,4% el contenido más normal. Este N puede estar en forma orgánica o inorgánica, siendo el porcentaje de N orgánico del orden del 95%.

El N orgánico se presenta como proteínas, aminoácidos, aminoazúcares u otros compuestos de N. Las formas inorgánicas incluyen amonio, nitrito, nitrato, óxido nitroso, óxido nítrico y N₂. (Villalobos, F., 2002).

La agricultura intensiva, y en algunos casos la extensiva, se están dirigiendo hacia condiciones de cultivo cada vez más controladas, con el fin de aumentar los rendimientos. Se utilizan nuevas tecnologías que permiten sincronizar las exportaciones diarias del cultivo con los aportes de nutrientes. En esta situación, el sistema de fertirrigación ha experimentado un desarrollo exponencial paralelo a los sistemas de riego localizado.

Por otra parte es necesario utilizar al máximo posible los recursos naturales como: fijación biológica de nitrógeno, aprovechamiento de recursos de cosecha, etc., y complementar las necesidades de nutrientes de los cultivos con una aplicación adecuada de fertilizantes. Esta aplicación se debería de realizar en base a un diagnóstico de suelo, plantas y aguas de riego y, por otra parte se deben de utilizar las nuevas tecnologías que permiten un fraccionamiento de los fertilizantes.

Además, los nuevos productos como los fertilizantes de liberación lenta, y las disoluciones concentradas fertilizantes para hacer un abonado “a la carta”, pueden facilitar una fertilización racional que evite excesos, desequilibrios y contaminaciones.

Hay que considerar conceptos básicos de fertilidad y de la química del suelo para poder razonar una fertilización. El papel de los coloides del suelo, las características de la disolución de suelo, los conceptos de pH y potencial redox y la dinámica de los nutrientes se deben de utilizar en cada caso para dar una buena recomendación de abonado al agricultor. (Cadahía, C., 2005).

2.2.1. TIPOS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS.

La aplicación de fertilizantes en los cultivos hortícolas es una práctica habitual para la obtención de mayores rendimientos y parámetros de calidad en los productos cosechados, es por ello por lo que hay gran variedad de abonos en el mercado cuya función es la de cumplir los objetivos anteriormente citados. Dentro del numeroso grupo de fertilizantes con los que nos encontramos (potásicos, fosfatados, etc.) vamos a centrar la atención dentro de los fertilizantes minerales nitrogenados.

El abonado nitrogenado ha sido señalado por todos los autores como el elemento base del abonado.

1. Fertilizantes nítricos.

Los fertilizantes nítricos son muy solubles, éstos son rápidamente asimilados por la planta y no son retenidos por el poder absorbente del suelo. Como compuesto nitrogenado contienen la sustancia nutritiva nitrato, es decir, el anión del ácido nítrico. El nitrato procedente del fertilizante es inmediatamente asimilable por las plantas, sin necesidad de transformación. Se mueve, con el flujo del agua, en las cercanías de las raíces, hasta alcanzar la superficie externa de éstas. (Fink, A., 1998).

▪ Nitrato cálcico.

Es un abono simple, nitrogenado, compuesto de un 15,5% de nitrógeno y un 28% de CaO. Es muy soluble en agua y muy higroscópico. En el suelo produce una reacción alcalina. Existen abonos en los que el nitrato cálcico va acompañado de otros elementos:

- Nitrato cálcico fosfatado; obtenido mediante ataque nítrico de los fosfatos naturales.
- Nitrato cálcico magnésico: fabricado por reacción del ácido sobre la dolomita, contiene de 13 a 15 % N y un 8 % MgO fácilmente soluble.
- Nitrato cálcico amoniacal: obtenido añadiendo un poco de nitrato amónico al nitrato cálcico.
- Nitrato calcicourea: preparado añadiendo urea al nitrato cálcico.

El nitrato cálcico sólo puede mezclarse con la mayor parte de los abonos simples en el momento de su empleo. Mezclas no aconsejables con el guano de islas ni con fosfato de amonio.

- Nitrato sódico.

Se le conoce con el nombre de "nitrato de Chile", debido a que en esa nación se encuentran los yacimientos naturales más importantes. Es un abono simple, nitrogenado que presenta una riqueza de 15.5 a 16 % de N, 35 % de sosa (26 % de Sodio) y unos 30 oligoelementos. Esta riqueza corresponde al Nitrato sódico de Chile, mientras que los nitratos sintéticos noruegos se caracterizan por no contener oligoelementos. (Gros, A. y Domínguez Vivancos, A., 1992).

Es una sal blanquecina, soluble en agua y moderadamente higroscópica. Se le considera neutra. Aunque es neutro, actúa fisiológicamente como un producto alcalino que reduce las pérdidas de cal. Su índice de salinidad es elevado, si bien inferior al del cloruro sódico. Durante muchos años ha sido el más importante abono nitrogenado de cobertera; en la actualidad apenas se emplea, debido al coste elevado de la unidad fertilizante.

- Nitrato potásico.

Su riqueza es de 44 % K_2O Y 13 % de N. Es un abono compuesto (binario complejo), nitropotásico. Como abono puede presentarse pulverulento o granulado. Es poco higroscópico y completamente soluble en agua. Su reacción es ligeramente alcalina. Puede mezclarse en cualquier tiempo con las escorias, fosfatos naturales, fosfal y fosfato bicálcico. Mezcla posible sólo al momento del empleo con los otros abonos potásicos: silvinita, cloruro, sulfato y bicarbonato de potasa y con el superfosfato. Se suele utilizar bastante en cultivos especiales (enarenados, hidropónicos) y para aplicarlo con el agua de riego. (Gros, A. y Domínguez Vivancos, A., 1992).

2. Fertilizantes amoniacales.

Los fertilizantes amoniacales contienen como compuesto de N, el nutrimento amonio, o su forma básica, el amoniaco. El amoniaco es un gas incoloro de olor muy penetrante, venenoso para las plantas y los animales, cuando se encuentra muy concentrado, y sin embargo, inocuo para el hombre y nutritivo para las plantas cuando se encuentra en forma diluida. Siempre llega al suelo en forma gaseosa, donde reacciona rápidamente con el agua para formar amonio. El agua amoniacal se produce por

disolución del amoniaco en agua. Los abonos amoniacales líquidos contienen de 25 a 40% en peso de NH_3 (al menos un 10% de N) (Fink. A., 1988).

- Sulfato amónico.

Es un fertilizante simple, nitrogenado y amoniacal. Tiene una riqueza en nitrógeno del 21%. Aporta una importante cantidad de azufre (23,5 %), factor de gran interés, dado el progresivo empobrecimiento del suelo en este elemento, debido a la escasez de estiércol y al empleo de superfosfatos de alta graduación y de abonos compuestos.

Debido al ión sulfato, este fertilizante tiende a acidificar el suelo, por lo que resulta adecuado para aquellos cultivos que requieren un medio ácido y, también, en suelos salinos y cuando se desea acidificar el suelo.

El sulfato amónico en un medio básico (como son los terrenos calizos) produce amoniaco, que puede perderse parcialmente en la atmosfera por volatilización, por cuyo motivo conviene enterrarlo mediante una labor de arado. Por la misma causa no debe mezclarse con otros fertilizantes que tengan calcio activo. Debido a su baja concentración, el empleo de este abono se ha reducido drásticamente, habiendo sido sustituido por abonos complejos y otros abonos nitrogenados de mayor riqueza (Fuentes Yagüe, J.L., 1999).

- Amoniaco anhidro.

El amoniaco, que contiene el 82 % de nitrógeno en forma amoniacal, es un producto intermedio obtenido en la fabricación de fertilizantes nitrogenados. Al emplear directamente el amoniaco como fertilizante se suprime algunas etapas de la fabricación y, por tanto, se obtiene un producto más barato.

El amoniaco anhidro (sin agua) se aplica inyectándolo en el terreno por lo que se gasifica recuperando su volumen inicial. Este aumento de volumen permite al gas difundirse por el suelo con variable intensidad, según la profundidad de aplicación, la textura del mismo y el contenido de humedad.

El amoniaco anhidro requiere la utilización de recipientes especiales que soporten elevadas presiones. Su manejo está regulado por normas de seguridad. El coste de aplicación es bajo únicamente cuando se aplica a grandes extensiones o a dosis elevadas (Fuentes Yagüe, J.L., 1999).

3. Fertilizantes nítrico-amoniacaes.

Los fertilizantes nítrico-amoniacaes contienen los dos nutrimentos nitrogenados principales: el nitrato y el amonio. En su clasificación podemos encontrar:

- Nitrato amónico.

Se obtiene por la acción del ácido nítrico sobre el amoniaco. Tiene una concentración de N del 33,5% de la cual la mitad corresponde a nitrógeno amoniacal y la otra mitad a nitrógeno nítrico. De esta forma la planta puede aprovechar inmediatamente el nitrógeno nítrico, mientras que el nitrógeno amoniacal se mantiene en reserva y se aprovecha posteriormente, después de que se haya transformado paulatinamente en nítrico.

En estado puro no puede utilizarse en la agricultura por su alta higroscopicidad, por lo que se recurre al granulado y revestimiento con una delgada película de tierra de diatomeas o caliza. Es una sal prácticamente neutra.

Puede dar fácilmente con sales como CLK, reacciones de doble descomposición; propiedad muy utilizada en la fabricación de abonos complejos. Libera fácilmente su amoniaco en presencia de sales alcalinas. Como productos comerciales se encuentran el nitrato de amonio al 33,5% al 20,5%.

El empleo de nitrato amónico se ha incrementado notablemente en los últimos años. Se aplica directamente y entra a formar parte de abonos complejos y soluciones nitrogenadas (Fuentes Yagüe, J.L, 1999).

- Nitrato amónico cálcico.

Este abono es un nitrato amónico mezclado con polvo de piedra caliza o dolomita, con el fin de disminuir la reacción ácida del suelo y el poder absorbente de la humedad. Se fabrica con diferentes concentraciones, siendo las más utilizadas las del 20,5 y 26% de nitrógeno, del cual la mitad es nítrica y la otra amoniacal. Las propiedades y utilización son similares a las del nitrato amónico.

- Nitrosulfato amónico.

Tiene una concentración del 26% de nitrógeno, del cual las tres cuartas partes están en forma amoniacal, y la cuarta parte restante, en forma nítrica. Es un abono adecuado para aportar azufre al suelo (Fuentes Yagüe, J.L., 1999).

4. Fertilizantes con nitrógeno ureico.

▪ Urea.

La urea (46 % de N) es un fertilizante simple, nitrogenado y amoniacal. Es el fertilizante sólido de más alta concentración y es un producto de elevada solubilidad, por lo que tiene un gran riesgo de lavado antes de su hidrólisis. Este fertilizante tiene un menor coste por unidad de nitrógeno ya que se obtiene directamente del amoniaco sin necesidad de utilización de productos intermedios.

La eficacia de la forma ureica como abono nitrogenado, ya sea en la urea sólida como a través de los distintos fertilizantes sólidos o líquidos depende muy estrechamente de las condiciones de aplicación debido a su extremada solubilidad. Las pérdidas de nitrógeno, cuando la forma ureica no es utilizada adecuadamente, pueden llegar a ser muy importantes con lo cual las ventajas económicas de su menor coste desaparecen.

▪ Cianamida cálcica.

Este fertilizante ha caído en desuso debido a su elevado coste. Contiene un 20,5 % de N en forma amídica, que tras varias reacciones de hidrólisis es transformado en urea, por lo que puede considerarse equivalente a la forma ureica.

Es el fertilizante nitrogenado que da una mayor reacción básica en el suelo aportando una cantidad muy apreciable de cal activa. El inconveniente es que durante la hidrólisis se producen productos intermedios que pueden ser tóxicos.

▪ Soluciones nitrogenadas sin presión.

Se trata de soluciones de nitrato amónico y urea en diferentes proporciones que se obtienen concentraciones de nitrógeno en torno al 30%. La más común es la solución al 32% de N, en la que aproximadamente se tiene un 8% de N en forma amoniacal, un 8% de nitrógeno en forma nítrica y un 16% de N en forma ureica. Las propiedades de estas soluciones corresponden a la combinación de estas formas que dan una mayor flexibilidad de uso a este fertilizante que a los nitratos amónicos, con que el período de utilización es aún más amplio (Fuentes Yagüe, J.L., 1999).

2.2.2. FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN LENTA.

Otros fertilizantes que se suelen utilizar como abonado de fondo y que pueden reducir los problemas de exceso de lixiviados son los fertilizantes de liberación lenta e incluso los organominerales que tienen un comportamiento similar a los anteriores.

El abonado de fondo previo a la fertirrigación se justifica por dos razones fundamentales como reserva de nutrientes en épocas lluviosas para los cultivos que no se desarrollan en invernadero, y para cubrir dificultades en el abastecimiento de fertilizantes o deficiencias en la fertirrigación.

Los fertilizantes de liberación lenta se refieren principalmente a fertilizantes nitrogenados. La lenta liberación evita pérdidas, y por lo tanto, la contaminación de los acuíferos fundamentalmente por nitratos, ya que, como es sabido el suelo no retiene e el nitrógeno en forma nítrica. Sin embargo, también se utilizan NPK de liberación lenta.

Las ventajas de los abonos nitrogenados e acción retardada se resumen en una mayor eficacia e la absorción de N por las plantas, disminución de pérdidas por lavado y menor contaminación.

Entre los posibles inconvenientes destaca el difícil sincronismo entre el ritmo de disolución de los fertilizantes de liberación lenta y la absorción por la planta. (Cadahía, C., 2005)

2.2.3. PROBLEMÁTICA DE LA FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO.

Las aguas superficiales y profundas contaminadas por NO_3^- es uno de los problemas medioambientales más criticados a la agricultura intensiva. La aplicación de fertilizantes nitrogenados, minerales u orgánicos de forma generalizada origina una contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas. El consumo de alimentos y agua con altos contenidos en nitratos puede conllevar a una serie de problemas de salud no deseados. Existen otros problemas medioambientales relacionados con la aportación de nitrógeno a los cultivos; eutrofización de las aguas, acumulación de NO_3^- en los productos de consumo y emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera. Como se puede comprobar, todos los problemas derivados de la fertilización nitrogenada aparecen cuando el nitrógeno se presenta en forma de NO_3^- (Estévez. A.M, 2008.)

La preocupación por la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de la fertilización ha sido recogida en diferentes normativas comunitarias estatales y autonómicas. La Directiva decretada por la Comunidad Europea (91/676/CEE) de 12 de diciembre de 1991, fue la pionera en este sentido. Esta normativa ha obligado a los estados miembros a declarar zonas de su territorio vulnerables a la contaminación por NO_3^- , a establecer un Código De Buenas Prácticas Agrarias en relación con el nitrógeno y unos programas de actuación de obligado cumplimiento en las zonas vulnerables. En el caso concreto de Andalucía, el Código de Buenas Prácticas Agrarias se recoge en el artículo 3 del Decreto 261/1996, la designación de las áreas vulnerables se publicó en el artículo 3 del Decreto 261/1998 y el programa de actuación en la Orden de 27 de junio de 2001 (BOJA nº 75).

La industria de los fertilizantes, adaptándose a estas nuevas tendencias en fertilización, ha realizado un esfuerzo importante para la creación de fertilizantes especiales que contribuyan a incrementar la eficiencia de utilización de nutrientes por los cultivos. Con este tipo de fertilizantes se pretende ajustar la liberación de elementos nutritivos a las necesidades de los cultivos, de manera que estos los puedan aprovechar en mayor cantidad posible y se disminuyan las pérdidas por lixiviación o por emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera.

Dentro de la gama de fertilizantes especiales, cabe resaltar los fertilizantes de liberación lenta (recubiertos y con mecanismos químicos de hidrólisis de moléculas orgánicas) y los fertilizantes estabilizados (con inhibidores de la nitrificación y de la ureasa). Otro tipo de fertilizantes especiales son los fertilizantes naturales elaborados sin ningún proceso de síntesis química y, por tanto, con bajo impacto ambiental en su fabricación (Estévez. A.M, 2008.)

El nitrato no es directamente tóxico, aunque sí lo es el nitrito que se origina a partir de nitrato a través de algunas reacciones químicas que pueden afectar a la salud humana. Los dos males que se achacan al nitrato son la cianosis y el cáncer de estómago. La cianosis consiste en una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre, como consecuencia de una reacción entre el nitrito y la hemoglobina (que es el transportador de oxígeno). Este fenómeno ocurre sólo con la hemoglobina fetal que persiste en los niños pequeños, por lo que el problema de la cianosis afecta sólo a recién nacidos. Además, el estómago de los pequeños es menos ácido que el de los adultos, lo que favorece la acción de los microbios que transforman

el nitrato en nitrito. Los casos de cianosis son muy pocos y menos aún los fatales. A pesar de ello se han relacionado estos casos con el uso de agua de pozo presumiblemente con muy altos contenidos de nitrato.

En cuanto a la relación entre el cáncer de estómago y el consumo de nitrato, todo está menos claro. La hipótesis de mecanismo de acción es que una amina secundaria, al reaccionar con el nitrito (procedente del nitrato por acción de algunos microbios), se transforma a un compuesto de N-nitroso, que a su vez es capaz de modificar la estructura del ADN, siendo esta la causa del cáncer. Esta hipótesis es plausible pero, cuando se ha tratado de relacionar el consumo de agua con alta concentración de nitrato y la ocurrencia de cáncer de estómago, la relación causa-efecto no se ha encontrado. Tampoco se ha observado una mayor frecuencia de cáncer de estómago entre las personas expuestas al nitrato por trabajar en fábricas de fertilizantes.

Se podría pensar entonces que el problema del nitrato no está en el agua que bebemos sino en los productos que comemos ya que la lechuga por ejemplo, tiene en su savia una concentración de nitratos del orden de 300 mg/l. En tal caso la contaminación de los pozos, y por tanto la agricultura, no tendría que ver con el problema del nitrato. Pero aún hay más complicaciones. En primer lugar, algunas verduras como la lechuga tienen vitamina C, que es un antioxidante y que por tanto inhibiría las reacciones del nitrato. Por otro lado es poco probable que, dada la acidez del estómago, el nitrato se transforme a nitrito. Esto sólo podría ocurrir en la boca al masticar los alimentos, pero es sumamente improbable que el nitrato del agua se transforme a nitrito en su corto recorrido por la boca.

En definitiva, así como el uso de nitrito como conservante sí puede tener efectos negativos sobre la salud humana, no está nada claro que el nitrógeno procedente de la agricultura perjudique nuestra salud. A pesar de todo la U.E. ha impuesto el límite de 50 mg NO_3/l para el agua potable, mucho más restrictivo que los 100 mg NO_3/l propuestos por la Organización Mundial de la Salud. Esta restricción tiene importantes implicaciones en la limitación del uso agrícola de muchas tierras, y en la potabilización de aguas para uso humano. (Villalobos, F., 2002).

2.2.4. ZONAS VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS EN ANDALUCÍA.

En base a la problemática comentada con anterioridad se establece la Orden del 18 de noviembre de 2008, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en Andalucía. Entre las obligaciones y recomendaciones relacionadas con las prácticas agrícolas en las zonas designadas como vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias, cabe destacar:

- ❖ Obligaciones relacionadas con la época de aplicación al terreno de fertilizantes nitrogenados.
- ❖ Grupos de fertilizantes nitrogenados a efectos de determinar su época de aplicación al terreno.
- ❖ Obligaciones de carácter general relacionadas con la época de aplicación de los fertilizantes nitrogenados. Como norma general, la fertilización nitrogenada debe adaptarse a las necesidades de los cultivos a lo largo de su ciclo vegetativo. En tal sentido, dada la movilidad del nitrógeno en el suelo, se debe fraccionar dicha fertilización, procurando realizar los aportes en los momentos de mayor utilización por los cultivos. Por otro lado, se debe tener en cuenta el tipo de fertilizante a utilizar en cada aplicación en función del grado de disponibilidad del nitrógeno del mismo.

Entre las obligaciones y recomendaciones relacionadas con la aplicación de fertilizantes nitrogenados al suelo, para todas las zonas vulnerables destacar:

- Obligaciones.

1. La aplicación de fertilizantes de origen orgánico y lodos, estará limitada a una cantidad por hectárea y año que contenga un máximo de 170 Unidades Fertilizantes de Nitrógeno (UFN, equivalente a 1 kg de Nitrógeno).

2. Se prohíbe la aplicación de fertilizantes nitrogenados y de cualquier otro tipo:

- En períodos de lluvia.
- En suelos helados o con nieve.
- En suelos inundados o saturados de agua mientras se mantengan estas condiciones, excepto en arrozales.

- En parcelas con pendiente media superior al 15% dedicadas a cultivos leñosos y en aquellas con pendiente media superior al 10% de cultivos herbáceos, salvo en aquellas que se sigan técnicas de cultivo que atiendan específicamente a la lucha contra erosión, tales como bancales, terrazas, laboreo de conservación, laboreo perpendicular a la línea de máxima pendiente o se realicen técnicas de aplicación que aseguren que no se producen pérdidas de nitrógeno como son el enterrado del abonado de fondo o aplicarlos en cobertera con el cultivo ya establecido.

- En terrenos no cultivados, salvo que se mantenga una cubierta vegetal o se haya previsto su inmediata implantación en un plazo máximo de 15 días, salvo circunstancias meteorológicas adversas.

- En terrenos comprendidos en el margen de 10 metros de cursos de agua o zonas de acumulación de agua.

3. En terrenos ubicados a más de 10 metros de cursos de agua o zonas de acumulación y hasta los 50 metros de margen de seguridad, se tendrán en cuenta las siguientes limitaciones para los fertilizantes nitrogenados y de cualquier otro tipo:

- No se abonará en días de viento, para evitar la deriva.

- No se utilizarán tipos líquidos de fertilizantes, a fin de evitar su escorrentía, salvo que se utilicen técnicas de fertirrigación.

4. No se aplicarán fertilizantes de origen orgánico o lodos en el margen de seguridad de 50 metros respecto del curso del agua o de las zonas de acumulación de aguas superficiales. Esta limitación será de aplicación también en los pozos, perforaciones y fuentes que suministren agua para consumo humano o que requieran condiciones de potabilidad. En todo caso, se respetarán los márgenes de seguridad que la Consejería competente en materia de salud pública pueda establecer por razones de salud pública a la vista de los resultados obtenidos por el programa de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas a que hace referencia el artículo 4 del Decreto 36/2008, de 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario.

5. En el caso de que en terrenos no cultivados en los que se haya previsto la implantación inmediata de una cubierta vegetal, se podrá incorporar una cantidad máxima total de 20 Tm/Ha de estiércol o 40 m³/Ha de purín en un período de tres años.

- Recomendaciones.

1. Emplear técnicas de aplicación de fertilizantes que aseguren la distribución homogénea del producto.

2. Establecer alternativas de cultivos que permitan un mejor aprovechamiento del nitrógeno remanente en el suelo procedente de la fertilización al cultivo anterior.

3. Utilizar en los cultivos de regadío las herramientas informáticas que la Consejería de Agricultura y Pesca ponga a disposición de los agricultores para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos con objeto de realizar una correcta programación de los riegos de sus parcelas, en colaboración con los servicios locales de asesoramiento al regante, y, con ello, hacer un uso más eficiente del agua, evitando los efectos de escorrentía y lixiviación.

4. Calcular el balance efectivo de las necesidades de nitrógeno por los cultivos.

5. Intentar suplir los déficits nutricionales de las plantaciones con aplicaciones foliares.

Las obligaciones y recomendaciones de carácter específico para cada cultivo que se considerarán en las zonas de recintos de uso agrícola de regadío.

De acuerdo a valores medios de extracción de nitrógeno por los cultivos y de aportaciones por el agua de riego y los suelos, se establecen las limitaciones obligatorias y las recomendaciones que se recogen en el cuadro posterior. En aquellas explotaciones donde se calcule el balance efectivo del nitrógeno se podrán efectuar aplicaciones superiores siempre que se justifiquen en dicho cálculo. En estos casos, deberán conservarse los datos y cálculos efectuados, que tendrán que ser facilitados a la autoridad competente que Página núm. 42 BOJA núm. 4 Sevilla, 8 de enero 2009 los solicite. Para la elaboración de dicho balance se tendrán en cuenta:

- Las aportaciones del suelo a partir del análisis del contenido en nitrógeno al inicio del cultivo.

- Las aportaciones, en su caso, de estiércol, purines y otras materias orgánicas.

- Datos periódicos de las aportaciones de nitrógeno por agua de riego.

- Estimación de la producción y la extracción de nitrógeno por el cultivo.

A continuación se representa una parte de la tabla que contiene este documento haciendo alusión a las limitaciones obligatorias y a las recomendaciones con respecto a

la fertilización nitrogenada de diversos cultivos (se ha adjuntado la información de importancia para este proyecto).

Cultivos	Limitación obligatoria	Recomendación
Hortalizas en invernadero	No superar las siguientes cantidades de nitrógeno expresadas en UFN por tonelada de producción esperada: Calabacín – berenjena – judía verde: 7. Melón - pimiento: 5. Pepino - sandía: 4. Tomate ciclo corto: 6. Tomate ciclo largo: 12. No aplicar lodos.	Utilizar fertirrigación y aplicar la fertilización nitrogenada a lo largo del desarrollo del cultivo según necesidades. Realizar análisis anuales de suelo y agua de riego para ajustar las dosis de nitrógeno.

Cuadro2.2.1. Limitaciones y obligaciones respecto a la fertilización nitrogenada.

Fuente: Página núm. 42 BOJA núm. 4 Sevilla, 8 de enero 2009.

El Decreto 36/2008, del 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario, designa en su artículo las zonas vulnerables en la Comunidad Autónoma de Andalucía, las cuales quedan representadas gráficamente en el mapa que figura:

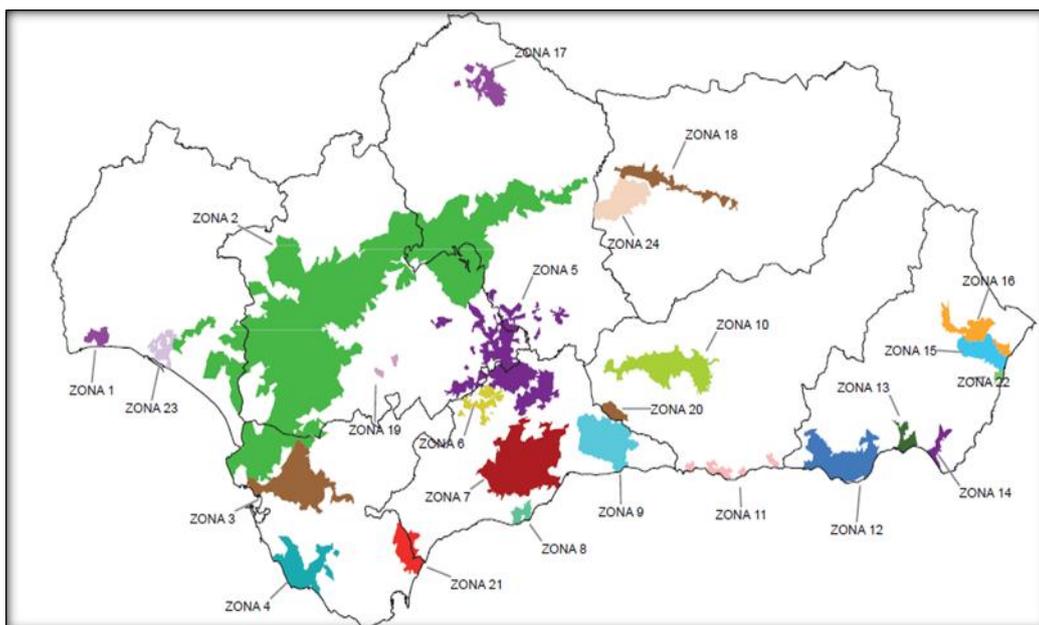


Figura 2.2.2. Mapa de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos en Andalucía.

FUENTE: BOJA núm. 157.

Zona 1: Ayamonte-Lepe-Cartaya. Zona 2: Valle del Guadalquivir. Zona 3: Valle del Guadalete. Zona 4: Vejer-Barbate. Zona 5: Vega de Antequera. Zona 6: Cuenca del embalse de Guadaiteba. Zona 7: Bajo Guadalhorce. Zona 8: Río Fuengirola. Zona 9: Aluvial del río Vélez. Zona 10: Vega de Granada. Zona 11: Litoral de Granada. Zona 12: Campo de Dalías-Albufera de Adra.		Zona 13: Bajo Andarax. Zona 14: Campo de Níjar. Zona 15: Cubeta de Ballabona y río Antas. Zona 16: Valle del Almanzora. Zona 17: Cuenca del embalse de La Colada. Zona 18: Guadalquivir-curso alto. Zona 19: Arahal-Coronil-Morón-Puebla de Cazalla. Zona 20: Sierra Gorda-Zafarraya. Zona 21: Guadiaro-Genal-Hozgarganta. Zona 22: Rambla de Mojácar. Zona 23: Condado Zona 24: Porcuna
---	---	---

Cuadro 2.2.2. Enumeración de las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos en Andalucía referidas a la figura 2.2.2. FUENTE: BOJA núm. 157.

2.2.5. TRANSFORMACIONES DEL N EN EL SUELO.

2.2.5. a. Mineralización de los compuestos nitrogenados.

La mineralización de los compuestos nitrogenados orgánicos se produce etapa por etapa en tres reacciones esenciales: **aminización**, **amonificación** y **nitrificación**. Las dos primeras se realizan por microorganismos heterótrofos y la tercera es realizada sobre todo por bacterias autótrofas del terreno. Los heterótrofos requieren como fuente de energía compuestos carbonados orgánicos. Los autótrofos obtienen su energía de la oxidación de sales inorgánicas, y obtiene el carbono necesario del CO₂ de la atmósfera que los rodea. (Tisdale *et al.*, 1982)

La mineralización es favorecida por una humedad alta, sin llegar a la saturación para asegurar el suministro de oxígeno. La descomposición sí ocurre en condiciones de encharcamiento pero a menos velocidad. Como la mayoría de las reacciones biológicas, la mineralización se ve afectada por la temperatura. El coeficiente de temperatura, Q₁₀ para la mineralización es 2 en el intervalo de 5° a 35°. Es decir, la velocidad de mineralización se duplica al aumentar 10°C la temperatura. Por debajo de 5°C y por encima de 40°C la mineralización baja, encontrándose el óptimo en torno a 35°C.

La inmovilización es la conversión del nitrógeno (NH₄⁺ y NO₃⁻) a nitrógeno orgánico y el proceso inverso es la mineralización. Si la materia orgánica en descomposición contiene poco nitrógeno en relación a carbono, los microorganismos utilizarán (inmovilizan) nitrógeno mineral del suelo. Los microorganismos necesitan nitrógeno en una relación C/N de aproximadamente 8:1; por lo que el nitrógeno inorgánico del suelo puede descender rápidamente durante la descomposición de residuos y el cultivo mostrar deficiencia de nitrógeno. Después de descomponerse los

residuos de bajo contenido en nitrógeno, la fuente de carbono se ha reducido y la actividad microbiana disminuye. (Villalobos, F., 2002).

El que ocurra mineralización o inmovilización de nitrógeno depende de la relación C/N de la materia orgánica en descomposición. Al inicio de la descomposición de residuos orgánicos, hay un rápido crecimiento de la población de microorganismos heterótrofos que se detecta en el aumento de la liberación de CO₂. Si la relación C/N es mayor que 30/1, se dará la inmovilización. Con la descomposición baja la fuente de carbono, y por tanto la relación C/N, hasta que empiezan a morir microorganismos. Finalmente se alcanza un nuevo equilibrio inorgánico superior al inicial y una relación C/N de 10/1 aproximadamente. El tiempo de descomposición depende de la cantidad de residuo orgánico añadido, de la disponibilidad de nitrógeno inorgánico, de la resistencia de los residuos a ser descompuestos, de la temperatura y del contenido de humedad del suelo.

- **AMINIFICACIÓN:**

La población de microorganismos heterótrofos del suelo se compone de gran número de bacterias y hongos, cada uno de los cuales es responsable de una o más etapas en las numerosas reacciones de descomposición de la materia orgánica. Los productos finales resultantes de la actividad de un grupo, proporcionan el sustrato para el siguiente, y de este modo va descendiendo la línea hasta que el material está descompuesto. Una de las etapas finales en la descomposición de los materiales nitrogenados es la descomposición hidrolítica de las proteínas, y la liberación de aminas y de aminoácidos. Esta etapa es denominada aminización, y es una función que realizan algunos de los organismos heterótrofos. Se representa esquemáticamente como sigue:

- **Proteínas---►R-NH₂+CO₂+energía+ otros productos.**

- **AMONIZACIÓN:**

Las aminas y los aminoácidos así liberados son utilizados después por otros grupos de organismos heterótrofos con la liberación de compuestos amoniacales. Esta etapa se denomina amonificación y se representa como sigue:

- **R-NH₂+HOH---►NH₃+R-OH+ Energía.**

El amoníaco así liberado sufre destinos diversos en el suelo:

- Puede ser convertido a nitritos y nitratos por el proceso de nitrificación.
- Puede ser absorbido directamente por las plantas superiores.

- Puede ser utilizado por los organismos heterótrofos en ulteriores descomposiciones de los residuos carbonados orgánicos.

- Puede ser fijado en una forma no utilizable biológicamente en los tramados de ciertos tipos de arcillas minerales en expansión.

- NITRIFICACIÓN:

Algo del NH_4^+ liberado en el proceso de amonificación es convertido a nitrato. Esta oxidación biológica del amoníaco a nitrato se conoce como nitrificación. Es un proceso en dos etapas en el que el amoníaco es convertido primero a nitrito (NO_2^-) y luego este a nitrato (NO_3^-). La conversión a nitrito se realiza especialmente por un grupo de bacterias autótrofas conocidas como *nitrosomonas* mediante una reacción que puede representarse por la siguiente ecuación:



La conversión de nitrito a nitrato se efectúa sobre todo por un segundo grupo de bacterias autótrofas obligadas denominadas *nitrobacter*. La ecuación que representa esta reacción puede escribirse como sigue:



Nitrosomonas y *nitrobacter* usualmente son referidas juntas, colectivamente, como nitrobacterias o bacterias nitrificantes.

Tres puntos importantes se revelan en estas ecuaciones de nitrificación, proporcionando un conocimiento que puede clarificar las reacciones que suceden cuando se aplican en el suelo fertilizantes nitrogenados comerciales tanto de forma orgánica como amoniacal.

En primer lugar, la reacción requiere oxígeno molecular. Esto conduce por sí mismo que la reacción se producirá más fácilmente en terrenos bien aireados. Un segundo punto es que la reacción libera iones hidrógeno. La liberación de estos iones es una resultante de la acidificación del suelo cuando los fertilizantes amoniacales y la mayor parte de los orgánicos nitrogenados son convertidos a nitratos. La utilización continuada de tales formas de nitrógeno da como resultado un descenso del pH del suelo.

Sin embargo, el uso sensato de cal en un programa agrícola previene de esta condición ácida. Un tercer punto, ya comentado con anterioridad, es que puesto que está implicada la actividad microbiana, la rapidez y extensión de la transformación estará

influenciada en gran manera por las condiciones ambientales del suelo, así como la humedad y la temperatura.

- Factores que afectan a la nitrificación.

La transformación de NH_4^+ a NO_3^- se denomina nitrificación. El proceso ocurre en dos fases como ya hemos comentado.



Los factores que influyen la actividad de las bacterias nitrificantes tienen un efecto pronunciado sobre la cantidad de nitratos producidos, y en consecuencia sobre la utilización de nitrógeno por las plantas.

Los factores ambientales que afectan a los pasos de la nitrificación en los suelos son:

-La concentración de sustrato. La abundancia de ión amonio afecta a la nitrificación ya que es el ión amonio es el sustrato para las bacterias, un suministro de este ion es el primer requerimiento de la nitrificación. Si las condiciones no favorecen la liberación de amonio de la materia orgánica (o si se añade de los suelos fertilizantes que contengan amonio), no habrá nitrificación. Niveles de temperatura y humedad favorables a la nitrificación lo son también para la amonificación.

-La población de organismos nitrificantes. Los suelos difieren entre sí en su capacidad para nitrificar los compuestos amónicos añadidos, incluso bajo condiciones similares de temperatura, de humedad, y nivel de amonio añadido. Un factor que puede ser responsable de la variación es el número de organismos nitrificantes presentes en los distintos suelos.

-Reacción del suelo. Los límites de reacción entre los que la nitrificación tiene lugar han sido dados generalmente entre pH 5,5 y pH 10, con el pH óptimo alrededor de 8,5.

-Buena aireación en el suelo. La necesidad de oxígeno indicada en las reacciones anteriores, hace necesaria una concentración de oxígeno adecuada puesto que las nitrobacterias son autótrofos aerobios obligados (la concentración óptima de oxígeno para que ocurra la máxima nitrificación es del 20%, lo que es casi igual a la concentración de este gas en la atmósfera circundante). Por lo tanto, el encharcamiento no es deseable.

Los mecanismos responsables de la desnitrificación son especies del género *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter* y *Bacillus*. Diversos autótrofos capaces también de reducir a los nitratos incluyen el *Thiobacillus denitrificans* y el *Thiobacillus thioparus*. (Tisdale *et al.*, 1982)

La probabilidad de que ocurra esta reacción es muy alta, especialmente en la proximidad de las raíces de las plantas, donde la concentración de azúcares solubles es alta (los azúcares solubles son necesarios para la reducción del nitrato). Sin embargo, tendrán que darse las condiciones ambientales, para que llegue a ocurrir. De los factores que afectan a la desnitrificación, el contenido de agua en el suelo es uno de los más importantes. El encharcamiento impide la difusión de oxígeno y con ello aumenta la desnitrificación. Se han llegado a estimar pérdidas potenciales de hasta 16 kg N/ha en el día siguiente a la saturación del suelo. Evidentemente, si se aplican fertilizantes nítricos a cultivos encharcados de arroz, el fertilizante se perdería en su mayor parte.

Si el NO_3^- procede de nitrificación, ésta se ve muy reducida por el encharcamiento, lo que implica que la desnitrificación será lenta por escasez de sustrato. En suelos bien aireados, por el contrario, la nitrificación es más rápida pero la desnitrificación sólo ocurrirá en microzonas anaeróbicas del suelo. Muchas de las bacterias responsables de la desnitrificación son muy sensibles a la acidez. Por lo tanto, en suelos con pH inferior a 5 la desnitrificación es despreciable y sin embargo puede ser alta en suelos básicos. Por otro lado, la desnitrificación es muy sensible a la temperatura y aumenta rápidamente cuando la temperatura del suelo sube de 2° C a 60° C. Por encima de los 60° C la desnitrificación se inhibe. (Villalobos, F., 2002).

2.2.5 .c. Volatilización de amoníaco.

Las sales de amonio en un medio acuoso alcalino reaccionan como sigue:



El ión amonio se encuentra en solución en equilibrio con el amoníaco (NH_3), que es volátil. La volatilización del amoníaco ocurre de forma natural en los suelos pero en pequeñas cantidades. Sin embargo, las pérdidas por volatilización del N de los fertilizantes pueden ser muy importantes, dependiendo del tipo de fertilizante, de la

forma de aplicación, de la capacidad de intercambio catiónico y de factores climáticos. Así, las condiciones que más favorecen las pérdidas de amoníaco son:

- Aplicación en superficie.
- Fertilizante que contiene urea.
- pH mayor que 7.
- Suelo con baja CIC.
- Suelo y aire seco.

Los intervalos generales de porcentaje de pérdidas de fertilizante por volatilización de amoníaco son 2-50% (pH > 7) y 0-25% (pH < 7). El equilibrio NH_3 / NH_4^+ es muy dependiente del pH. En suelos ácidos y neutros el equilibrio está desplazado hacia el NH_4^+ lo que explica las menores pérdidas. (Villalobos, F., 2002).

2.2.6. INHIBIDORES DE LA NITRIFICACIÓN.

Los inhibidores de la nitrificación son sustancias químicas que añadidos a fertilizantes o aplicados directamente en el suelo, retrasan la oxidación bacteriana del NH_4^+ a NO_2^- (primer paso de la nitrificación) durante un tiempo, mediante la inhibición de las bacterias Nitrosomonas en el suelo (Trenkel, 1997; Prasad y Power, 1995). Esto origina que el nitrógeno aplicado como fertilizante permanezca durante un cierto periodo de tiempo en la forma NH_4^+ , que queda retenido en el complejo arcillo-húmico del suelo y se evitan así las pérdidas de N en forma de NO_3^- .

La principal causa de la contaminación de las aguas por nitratos, a parte de un aporte excesivo de fertilizantes nitrogenados u orgánicos, es la alta solubilidad que presenta en nitrógeno en el suelo cuando está en forma de NO_3^- . La carga de este ión impide la absorción en los coloides del suelo, estando así sometido a un riesgo de movimiento descendente a lo largo del perfil del suelo. Esto origina que tradicionalmente, el nitrógeno se aporte a los cultivos en forma fraccionada, aplicando una parte importante en los momentos de mayor demanda del nutriente. (Carrasco Martín I y Villar Mir, J.V., 2001).

El primer paso a realizar para una mejora del uso del nitrógeno es ajustar las aplicaciones de fertilizantes o residuos orgánicos a las necesidades reales de los cultivos. Para esto, es necesario conocer cuáles son las necesidades nutritivas de los cultivos en una zona agrícola y saber cuáles son las cantidades de nutrientes disponibles para los cultivos que el suelo es capaz de suministrar.

Una manera de evaluar esta cantidad es mediante la realización de un análisis de suelo antes de la siembra, lo que se conoce como el método del nitrógeno mínimo. Con esta información, es posible ajustar la dosis de fertilizantes nitrogenados a aportar a nuestros cultivos. En el caso de que la fertilización se quiera realizar con residuos orgánicos habría que conocer también su composición nutritiva, y poder ajustar así la dosis normalmente, utilizando el criterio nitrógeno.

Existen distintas opciones para hacer un uso más eficiente del nitrógeno aportado a los cultivos. Una de ellas, es la aportación de N en forma fraccionada. La práctica más habitual en la mayoría de los cultivos es aquella que se basa en aportar una pequeña fracción antes de la siembra y el resto en una o varias coberturas. Esta práctica, sin embargo presenta algunas dificultades. Cuando se hace una única aplicación de los

fertilizantes nitrogenados antes de la siembra, se tiene el riesgo de que se produzcan pérdidas de una parte del N aplicado, con grave perjuicio para la economía de los agricultores y el medio ambiente.

A partir de los años 70 empezaron a aparecer unas sustancias químicas, llamadas inhibidores de la nitrificación, cuyo objetivo era mantener el N en el suelo en forma amoniacal, y evitar las pérdidas producidas cuando está en forma nítrica.

La duda que surge al mantener durante un tiempo el N en el suelo en forma amoniacal es si los cultivos podrán absorber esta forma de N igual que la forma nítrica. La bibliografía existente sobre este tema es muy amplia, sin embargo, parece que existe un consenso general sobre un incremento en el crecimiento de la mayoría de los cultivos cuando ambas formas de N están disponibles en el suelo para ser absorbidas por la planta. En este sentido, los inhibidores de la nitrificación juegan un papel importante al asegurar, al menos durante un cierto período de tiempo, la existencia de ambas formas de N en el suelo. (Carrasco Martín, I y Villar Mir, J.V., 2001).

La utilización de inhibidores de la nitrificación provoca un incremento apreciable de los contenidos de NH_4^+ en el suelo que las plantas tienen a su disposición para absorber junto con los NO_3^- .

Numerosos estudios (Goss *et al.*, 1999; Ball-Coelho y Roy, 1999; Marschner, 1995) demuestran que a muchos cultivos, cuando se les suministra una nutrición nitrogenada mixta, con ambas formas de N, se obtienen mayores tasas de crecimiento y rendimientos. Esto se debe a que la absorción de amonio requiere un menor gasto energético para la planta y favorece la síntesis de algunas fitohormonas.

Un inhibidor de la nitrificación ideal tendría que ser persistente en el suelo y sobretodo económico (Hauck, 1972; citado por Prasad y Power, 1995), o que la relación coste/beneficio fuera favorable. No tendría que ser tóxico para las plantas, otros organismos del suelo, animales y humanos. Además, debería permanecer efectivo en el suelo durante un cierto periodo de tiempo, por lo menos durante el periodo de crecimiento y de máxima demanda de N de los cultivos y finalmente tendría que tener un efecto bacteriostático, de manera que no se alteren los ciclos naturales que se producen en el suelo.

Las ventajas derivadas de la utilización de los inhibidores de la nitrificación para la agricultura y medio ambiente pueden ser importantes (Zerulla *et al.*, 2001; Trenkel, 1997; Prasad y Power, 1995; Carrasco, 2002):

- Significativa reducción del riesgo de pérdidas de lixiviación por NO_3^- .
- Disminución de la emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera.
- Menos pérdidas de nitrógeno y una nutrición amoniacal temporal, a menudo provoca un incremento en los rendimientos de los cultivos.
- Reducción de la carga de trabajo de los agricultores debido a un periodo de aplicación de los fertilizantes más flexible, y la posibilidad de reducir aplicaciones.
- Disminución de la acumulación de NO_3^- en plantas, con gran interés en las hortalizas de hoja.

En vista a las importantes ventajas que puede tener la adición de inhibidores a los fertilizantes, BASF creó a inicio de los años noventa una gama de fertilizantes con la Diciandiamida (DCD), que era el único inhibidor existente a nivel comercial en Europa, y desarrollado en la década de los 70 (Amberger y Gutser., 1978). Largos estudios de investigación con el DCD en muchos cultivos sirvió para demostrar que presentaba una serie de problemas que hacían bastante inviable su utilización en agricultura. Las principales desventajas que presentaban los fertilizantes con DCD se refieren a posibles efectos de fitotoxicidad en algunos cultivos (Zerulla *et al.*, 2001; Wissemeier *et al.*; 2001; Prasad y Power, 1995; Reeves y Touchton, 1986), su baja retención en el complejo arcillo-húmico del suelo que hace que puede ser lixiviado en el perfil del suelo (Corre y Zwart, 1995; Abdel Sabour, *et al.*, 1990, 1993; Zerulla *et al.*, 2001) y las posibles pérdidas de NH_3 a partir de los fertilizantes con DCD (Prakasa y Puttanna, 1987; Linzmeier *et al.*, 1999). (Citado por Carrasco, I. y Lezana, J.R., 2002).

Todo esto provocó que se hiciera una importante inversión en investigación para el desarrollo de un nuevo inhibidor de la nitrificación que no presentara las desventajas descritas anteriormente y que fuera más eficiente en inhibir la nitrificación en los suelos que la DCD

- **Tipos de inhibidores de la nitrificación.**

Los inhibidores de la nitrificación deben tener una acción específica sobre los microorganismos nitrificantes, sin afectar a otros microorganismos ni a las plantas. No es deseable la paralización total del proceso de nitrificación, aunque, por otra parte, ello no sería posible más que con unas dosis muy elevadas del producto y haciendo una distribución perfecta en todo el volumen del suelo. (Fuentes Yagüe, J.L., 1999).

Un inhibidor de la nitrificación tendría que tener como mínimo las siguientes características: ser móvil y persistente en el suelo, y ser, sobre todo económico. Además no tendría que ser tóxico para otros organismos del suelo, animales y humanos. También tendría que permanecer efectivo en el suelo durante un cierto período de tiempo y tener un efecto bacteriostático para alterar lo menos posible los ciclos naturales que se dan en el suelo.

Como se dijo anteriormente son muchas las sustancias químicas que tienen propiedades de inhibir la nitrificación en el suelo. La mayoría de ellas son sintetizadas en laboratorio, pero hay algunas de origen natural, como el extracto del “Indian neem tree” (*Azadirachta indica*, Juss). A pesar de esto, en la práctica son muy pocas las sustancias que han alcanzado cierta presencia en la nutrición habitual de los cultivos, ya sea por razones de baja efectividad, excesivo coste, problemas fitotóxicos o razones medioambientales. De las sustancias químicas que presentan un cierto poder inhibidor de la nitrificación, destacan la Diciandiamida (DCD), la Nitrapirina (NI) y 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP).

En nuestro ensayo sólo vamos a evaluar el poder inhibidor del 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP) ya que su poder es más elevado que el de la Nitrapirina (NI) y el de la Diciandiamida (DCD).

La Nitrapirina (NI) presenta otro inconveniente importante como que el ingrediente activo tiene que ser formulado en líquido, lo que no permite su incorporación a fertilizantes sólidos convencionales y hay que aplicarlo por separado, y además presenta un cierto poder bactericida.

La Diciandiamida (DCD) presenta el inconveniente de que su poder de inhibición de la nitrificación con respecto al (DMPP) es aproximadamente 20 veces inferior. Además, la dosis de DMPP aplicada es de aproximadamente 1kg/ha, mientras que la del DCD es de 15 a 20 kg/ha. El poder de lixiviación del (DMPP) también es muy bajo. (Carrasco Martín, I y Villar Mir, J.V., 2001).

2.2.6. a. 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP).

El 3,4 Dimetil Pirazol Fosfato (DMPP) es una molécula desarrollada a finales de los años 90, cuya acción principal es la inhibición temporal de la acción de las bacterias Nitrosomonas del suelo. Este efecto permite bloquear durante un período variable el amonio presente en el suelo (debido a fertilizantes, descomposición de la materia orgánica, etc). Esta acumulación tiene varias consecuencias agrícolas y ambientales:

1. Su utilización habitualmente reduce muy significativamente las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y desnitrificación, dado que no se acumulan nitratos en el suelo, sustrato fundamental en ambos procesos. La magnitud del efecto depende de las prácticas de fertilización y riego que se realicen. Este efecto supone un incremento importante de la eficacia de fertilización.

2. Permite planificar una nutrición mixta amonio/nitrato de los cultivos. Al bloquearse temporalmente el paso de amonio a nitrato es posible planificar el suministro a los cultivos de un aporte combinado de N-amonio y N-nitrato. En numerosos cultivos está científicamente probado que la combinación de ambas formas mejora diversos parámetros productivos de los cultivos. La relación óptima de ambas formas depende de cada cultivo y de los distintos estados fenológicos. Además este aporte supone modificaciones en la absorción de otros nutrientes, tales como el potasio, fósforo, calcio o magnesio, de ahí que su ajuste sea un aspecto de interés para conseguir una nutrición equilibrada.

3. Incremento de la disponibilidad de fósforo y micronutrientes. La utilización de los inhibidores de la nitrificación causa una disminución del pH en el área radicular, que según los casos puede significar incrementos de absorción de P y mayores disponibilidades de micronutrientes.

El incremento de la absorción de amonio por la planta produce modificaciones a escala metabólica, algunas de ellas se centran en la reducción del nitrato en hojas y

frutos, lo que puede comportar una reducción de ácidos orgánicos como el oxalato y un incremento de antioxidantes como la vitamina C. Estos efectos están bien estudiados en condiciones de hidroponía pero muy poco en condiciones de producción sobre suelo.

Actualmente el inhibidor con mayor implantación comercial es el 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP). Químicamente es un derivado del pirazol, que debido a los sustituyentes específicos que posee, hacen que este compuesto presente propiedades químico-biológicas más eficientes que sus predecesores, la Diciandiamida o la Nitrapirina. Se trata de una molécula que actúa a muy bajas concentraciones (lo que reduce el coste de su uso) con una alta eficiencia y persistencia en el suelo. Además este inhibidor es inocuo para el resto de microorganismos presentes en el suelo.

El objetivo final de este tipo de productos es evitar la acumulación de nitratos y que el nitrógeno disponible para la planta lo esté fundamentalmente como amonio (NH_4^+), forma nitrogenada con escasas pérdidas por lixiviación y con importantes ventajas nutricionales para los cultivos. Esta acumulación de amonio (NH_4^+) en suelos con inhibidores de la nitrificación es la causante de una serie de efectos ambientales y productivos positivos que no se presentan en los suelos que son fertilizados con abonaos convencionales.

El efecto del DMPP de inhibir temporalmente la acción de las bacterias *Nitrosomonas* del suelo hace que sea un producto bacteriostático, no bactericida (no elimina las bacterias sino que inhibe su acción durante un periodo de tiempo determinado), presentando una gran selectividad, ya que sólo inhibe la acción de las bacterias *Nitrosomonas*, y no la de los otros géneros de bacterias de suelo. El efecto consiste en bloquear durante un periodo de tiempo variable el amonio presente en el suelo.

El incremento de la absorción de amonio por la planta produce modificaciones a nivel metabólico, algunas de ellas se centran en la reducción del nitrato en hojas y frutos, lo que puede conllevar una reducción de ácidos orgánicos como el oxalato y un incremento de antioxidantes como la vitamina C. Estos efectos están bien estudiados en condiciones de hidroponía pero muy poco en condiciones reales de producción.

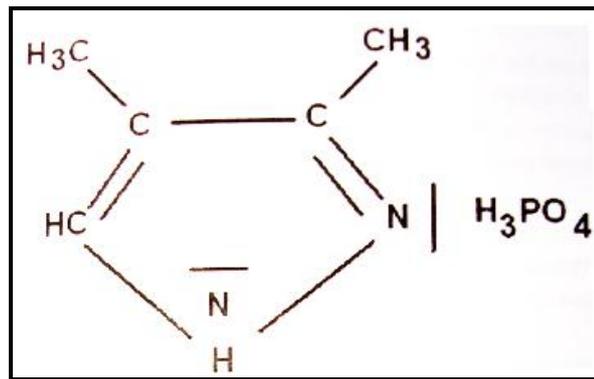


Figura 2.2.3. Estructura química del 3,4-dimetilpirazol Fosfato (DMPP).
(Estévez, A.M., 2008).

En la siguiente tabla se presentan las propiedades físico-químicas del inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP).

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	
NOMBRE QUÍMICO	3,4-Dimetil-1H-Pirazol-Dihidrogeno Fosfato
PESO MOLECULAR	194,2 g·mmol ⁻¹
PUNTO DE FUSIÓN	165 °C
DENSIDAD	1,51 g·cm ⁻³ (20° C)
DENSIDAD APARENTE	440 kg·m ⁻³
SOLUBILIDAD EN AGUA	132 g·l ⁻¹ (pH 3,2) 46 g·l ⁻¹ (pH 7,20)
pH	2,5-3,0 (a 132 g·l ⁻¹ , 25° C)
PRESIÓN DE VAPOR	<10 ⁻⁴ Pa (20° C)
ESTADO	Líquido
COLOR	Verde

Cuadro 2.2.6. Propiedades físico-químicas del DMPP. (Estévez, 2008)

2.2.6. b. TRABAJOS RELACIONADOS CON EL INHIBIDOR DE LA NITRIFICACIÓN 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP).

Ensayos realizados por (Segura *et al.*, 2003) en cultivo de tomate en invernadero, demostró que la aplicación del inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP) consiguió una reducción media del 18% del N- NO_3^- en el suelo, mientras que el amonio obtuvo un incremento medio del 30%. Similares resultados obtuvieron (Zerulla *et al.*, 2000) en ensayos realizados in vitro donde la reducción media de N- NO_3^- es del 42% a una temperatura de 20°C. Como consecuencia de reducir el N- NO_3^- en el suelo es posible disminuir las pérdidas de nitrógeno por lixiviación, (Egea y Alarcón., 2004) en un cultivo de melón tipo Piel de Sapo fertirrigado, comprobaron que las mediciones de N- NO_3^- lixiviados a través de sondas situadas en zonas profundas de baja absorción radicular, eran menores cuando se incorporaba el inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato.

Resultados similares obtuvieron (Diez *et al.*, 2005) en maíz fertilizado con urea con y sin DMPP a diferentes dosis (130 kg N/ha y 170 kg N/ha), con reducciones de pérdidas de nitratos entre 25-40% al incorporar el inhibidor de la nitrificación.

Los resultados mostrados anteriormente han sido corroborados por el equipo de F. Legaz del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias mediante técnicas isotópicas de ^{15}N (Bañuls *et al.*, 2003), en un cultivo de naranjo fertirrigado diariamente. Allí obtuvieron incrementos del 8% en la absorción de N global en la planta, un incremento del 2% del N orgánico y una reducción del 5% del N lixiviado. Ensayos previos realizados por el mismo grupo llegaron a registrar pérdidas de hasta un 40% del N aportado en naranjos fertirrigados, reduciéndose estas pérdidas prácticamente a la mitad cuando se aplicó el DMPP (Serna, 2000).

El incremento de la eficiencia debida al uso de los inhibidores de la nitrificación debe ser atribuido tanto a la disminución de las pérdidas de N del sistema suelo-planta como a la posibilidad de ofrecer a los cultivos una verdadera nutrición mixta amonio/nitrato, tal y como atestiguan los ensayos comentados en los párrafos anteriores.

La absorción de parte del nitrógeno necesario para la nutrición vegetal en forma de amonio permite un ahorro importante de energía metabólica para la planta (Mashner, 1995).

Todas las circunstancias comentadas anteriormente permiten incrementar el potencial productivo del cultivo. (Carbó *et al.*, 2002) en ensayos realizados con peral, compararon la producción media durante cuatro campañas utilizando fertilizantes convencionales y fertilizantes estabilizados, con incrementos medios estadísticamente significativos del 31% en el último tratamiento con fertilizantes estabilizados.

En el ensayo de Egea *et al.* (2004), ya comentado anteriormente, se obtuvieron incrementos productivos medios de $1.89 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (33% sobre el convencional) en los tratamientos con nutrición mixta amonio / nitrato + DMPP. (Casar *et al.*, 2004), (Fundació Mas Badía, Girona) comparó en manzanos *galaxy* dos dosis de N (77 y 60 UFN) y el uso o no del inhibidor DMPP. Los árboles abonados con 60 UFN + DMPP tuvieron una producción acumulada superior en 5 T/ha al tratamiento con 77 UFN de fertilización convencional, aún teniendo éstos un 25% más de N aportado.

La nutrición mixta amonio / nitrato permitió mejorar la calidad alimentaria de los productos vegetales al disminuir la concentración de nitratos e incrementar la presencia de algunas sustancias de interés nutricional. El nitrato es tóxico por ser precursor de las nitrosaminas, agentes cancerígenos que pueden provocar metahemoglobinemia en lactantes y otros problemas fisiológicos (Bakr y Gawish, 1997, citado por Casar, C. y Muñoz, L.M., 2006). Los inhibidores de la nitrificación son el único medio real para incrementar la absorción de amonio por la planta (incluso en la fertirrigación diaria la mayor parte del N aportado como amonio termina absorbiéndose como nitrato debido a la nitrificación). Cuando la planta absorbe únicamente nitrato éste puede acumularse en hojas y frutos esperando su asimilación.

Sin embargo cuando se absorbe amonio, éste debe ser obligatoriamente metabolizado a aminoácidos en la raíz, con lo que se reduce la acumulación de N no asimilado en la planta (Kaniszewski, 1987). (Egea *et al.*, 2004), en melón, obtuvieron reducciones de entre un 8 y un 24% en el contenido de nitratos en fruta fresca utilizando fertilizantes con el inhibidor DMPP. (Pasda *et al.*, 2001) en una revisión de ensayos realizados en hortícolas registraron reducciones de hasta un 40% en el contenido de nitratos, especialmente en verduras de hoja. La absorción de NO_3^- como única fuente de N conllevó una serie de adaptaciones metabólicas de la planta, entre ellas estuvo el incremento del ácido oxálico (precursor de los cálculos renales) como reacción al incremento del pH causado por la asimilación del nitrato (Zhang *et al.*, 2005). Según

(Tedone, 2005) la síntesis del ácido oxálico se hizo en parte desde ácido ascórbico (Vitamina C), lo que pudo reducir su concentración en los productos vegetales.

La utilización de los inhibidores de la nitrificación podría ser beneficiosa en este aspecto por su potencial para reducir el nitrato y el oxalato e incrementar el contenido de vitamina C, de acuerdo al mecanismo comentado anteriormente. Estudios iniciales sobre este tema han sido desarrollados por (Bakr y Gawish, 1997, citado por Casar, C. y Muñoz, L.M., 2006) con el inhibidor nitrapirina, obteniendo reducciones promedio del 20% en el contenido de nitratos, 14% de oxalato total y 8% de oxalato libre, e incrementos del 8% en Vitamina C.

Desde febrero a julio de 2001 (Egea C. y Alarcón A. L., 2001) llevaron a cabo en las instalaciones del centro CIFACITA, S.L ubicadas en Torre Pacheco (Murcia) un ensayo de melón Piel de Sapo Olmedo, se encargaron de estudiar la eficacia del DMPP, utilizando el producto ENTEC[®] Solub 21. En este ensayo se evaluó el producto en cuanto a su influencia en lixiviación de nitratos, así como sobre la producción y calidad de los frutos obtenidos, frente al uso de una fertilización tradicional de la zona. Los contenidos de NO_3^- en la disolución tomada a 30 cm fueron, para el tratamiento con DMPP, en todo momento, menores que los del control. En las sondas situadas a 60 cm, los contenidos de NO_3^- al inicio del cultivo fueron mayores para el control, disminuyendo conforme avanzaba el ciclo de cultivo, adquiriendo hacia la mitad del cultivo niveles muy similares. De los frutos recolectados los niveles de NO_3^- más elevados aparecieron en el control. La producción total de frutos en el tratamiento con DMPP fue considerablemente superior al del control, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas. En cuanto a los porcentajes de frutos de 1ª calidad, también han sido superiores, aunque las diferencias no son significativas. Respecto a la acumulación de sólidos solubles, los °Brix alcanzados por los frutos fueron prácticamente iguales en ambos tratamientos.

En varios ensayos realizados por (Egea *et al.*, 2003) en cultivo de brócoli *cv. Marathon* al aire libre, llevado a cabo en el centro CIFACITA, S.L ubicado en Torre Pacheco (Murcia), se intentó evaluar la eficacia del fertilizante ENTEC[®] Solub 21 (21% N-NH_4^+ , 1% DMPP (3,4-Dimetilpirazol Fosfato), 60% SO_3), en cuanto a su influencia en el contenido de nitratos en el material vegetal, así como sobre la producción y su calidad frente al uso de distintos tipos de fertilización. Obtuvieron como resultado en los tratamientos donde se había aplicado este producto una mayor producción y éstos

presentaron un menor contenido de nitratos, aunque no existieron diferencias significativas en cuanto al diámetro de grano y peso de las pellas.

Durante el 2002 y 2003 se llevaron a cabo varios ensayos para la evaluación del uso en cultivos extensivos del inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP). Éstos se realizaron en el centro de UdL-IRTA en la localidad de Solsona (Lleida) sobre trigo de invierno (*Triticum aestivum L.*), en el ITAGRA (Palencia) en un cultivo de cebada (*Hordeum vulgare L.*) cv. Graphic, y por último en maíz (*Zea mays L.*) variedad Draema se llevaron a cabo dos ensayos. Uno se realizó en el Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (ITAP) y el segundo en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en Arganda del Rey (Madrid). Las conclusiones que se sacaron de los ensayos mostraron ventajas productivas y medio ambientales en la utilización de fertilizantes que incorporan el inhibidor de la nitrificación DMPP. Los ensayos en trigo y cebada reflejaron significativas mejoras de producción y de algunos importantes parámetros de calidad, mientras que los efectuados en maíz indicaron una significativa disminución de la contaminación por nitratos al utilizar este tipo de fertilizantes. (Muñoz Guerra, L.M., Carrasco I., Pérez M.A., Sánchez M., López H., Díez J.A y López A., 2003).

Durante el año 2004 y 2005 (Linaje Lite A., y Muñoz Guerra L.M., 2005) llevaron a cabo en la Universidad Politécnica de Valencia ensayos en un cultivo de olivar fertirrigado, comparando dos fuentes de fertilización nitrogenada, una basada en fertilizantes convencionales (NH_4NO_3) y otra en fertilizantes con el inhibidor DMPP (ENTEC[®] Solub 21). Los resultados demostraron que los árboles fertilizados con abonos con DMPP tuvieron una mayor longitud de brotes y lo que es más importante, un mayor número de entrenudos, lo que incrementó el potencial productivo del árbol. En estos dos años el fruto producido tuvo mayor tamaño y mayor relación pulpa hueso. Todos estos parámetros fisiológicos y productivos derivaron por tanto en un mayor rendimiento industrial.

El Departamento de Citricultura del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), lleva bastantes años investigando la utilización de inhibidores de la nitrificación como herramienta de mejora de la fertilización nitrogenada en cítricos y tomate. En los primeros años se utilizó la DCD (Serna *et al.*, 1994; Serna *et al.*, 1996), pero desde 1997 la investigación se centró en el nuevo DMPP (Serna *et al.*, 2000;

Bañuls *et al.*, 2000). Los resultados de los ensayos realizados, tanto en condiciones de campo como controladas, reflejaron una importante eficacia del DMPP en la inhibición del proceso de la nitrificación en sistemas de fertirrigación, y en el marco de una Producción Integrada. Las cantidades de N en forma NH_4^+ fueron claramente superiores en los tratamientos con DMPP, con lo que las pérdidas de NO_3^- por lixiviación acabaron siendo muy inferiores. Esto provocó un aumento de la eficiencia en la utilización de fertilizantes nitrogenados, que se tradujo en una mejora de los rendimientos de cítricos y tomate.

Durante la campaña 2001 se evaluó la eficiencia del DMPP en melón de tipo Piel de Sapo *cv.* Olmedo. Para ello (Egea, C. y Alarcón, A.L., 2001), realizaron un ensayo de bloques al azar con 3 repeticiones, comparando una fertirrigación convencional con una fertirrigación en la que se incluía el sulfato amónico soluble con DMPP (ENTEC[®] Solub 21). En concreto, en este segundo tratamiento se aplicó un 46% de N en forma de ENTEC[®] Solub 21. Los resultados de este experimento demostraron una gran eficacia del DMPP en la disminución del riesgo de lixiviación de NO_3^- . Las concentraciones de NO_3^- en la solución del suelo fueron muy superiores en el tratamiento de fertirrigación convencional durante una parte del ciclo del cultivo, a una profundidad a la que el cultivo no podrá aprovechar y, por tanto, fueron contabilizadas como pérdidas. Así mismo, la utilización del DMPP en este ensayo provocó un incremento más que significativo del rendimiento y una disminución del 15% del contenido del NO_3^- en los melones. Este último aspecto es otra de las ventajas importantes del DMPP. Debido a un menor contenido de N nítrico en los suelos, los cultivos fueron menos susceptibles a la acumulación de NO_3^- en sus frutos, lo que pudo contribuir a disminuir la ingestión de NO_3^- en la dieta humana.

El trabajo realizado por (Gardiazabal *et al.*, 2007) en la localidad de los Molinos en Cabildo (Chile), durante 4 años (2002-2003 a 2006-2007) pretendió evaluar el efecto de las aplicaciones de fertilizantes con inhibidores de la nitrificación de la línea ENTEC sobre el desarrollo vegetativo, la productividad, el calibre, la alternancia y la postcosecha en aguacate, comparando los resultados con un programa de fertilización cuya fuente de nitrógeno fue la urea. Los dos tratamientos fueron aplicados anualmente en tres épocas: primavera, verano y otoño. En el año 2002 se adicionaron las mismas unidades de nitrógeno en ambos tratamientos provocando un excesivo crecimiento en los árboles tratados con ENTEC, esto significó que las cosechas de los años 2003 y

2004 fuesen estadísticamente inferiores en este tratamiento, luego en el año 2003 se fertilizó sólo con un 75% de ENTEC y las cosechas de los años 2005 y 2006 fueron estadísticamente iguales entre tratamientos.

Con relación a los análisis foliares, se dieron diferencias en los años 2003 y 2006, en el perímetro de troncos se mantuvo la diferencia desde el primer año pero no así en su crecimiento anual. En la evolución de la fruta en postcosecha donde se evaluó: presión pulpa, color, pardeamiento vascular y de pulpa a los 20, 30 y 40 días de refrigeración, no se mostraron diferencias.

El siguiente ensayo tuvo como objetivo estudiar el efecto de la utilización del inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato sobre el desarrollo y producción de un cultivo de patata, comparando programas de fertilización convencionales y los ajustados a la normativa de producción integrada. El estudio fue realizado por (Casar *et al.*, 2002) en la localidad de Villamarciel (Valladolid), en una plantación de patata (cv. Monalisa) en régimen de regadío. En el ensayo se realizaron 5 tratamientos comparando la metodología habitual de fertilización en la zona, con una dosis similar de N utilizando fertilizantes con el inhibidor DMPP, además se probaron tratamientos con dosis medias y bajas de N aplicado, que se correspondieron con algunas de las normas de producción integrada existentes. Debido al tipo de abono utilizado los aportes de K y P fueron distintos según el tratamiento, sin embargo dado las características del suelo, con altos contenidos de P y K, no se esperó que hubiera ninguna respuesta a la fertilización de ambos nutrientes.

Los resultados obtenidos, mostraron que la utilización de los fertilizantes nitrogenados que incorporaron el inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP), consiguieron mantener el rendimiento económico de la plantación de patata cultivada según criterios de producción integrada, pese a una significativa reducción del N aportado, este resultado mejoró la viabilidad económica del cultivo y aportó importantes ventajas medioambientales. Este efecto se debió a que este tipo de fertilizantes presentaron una mayor eficiencia en la puesta a disposición del nitrógeno para el cultivo. Además se ha observado que a igualdad de dosis de N aplicado, el uso de fertilizantes con DMPP ha permitido mayor rendimiento bruto y económico que la fertilización habitual. El tamaño de la patata producida ha sido mejor en aquellos tratamientos con una dosis moderada de nitrógeno.

El siguiente ensayo llevado a cabo por Estévez, A. (2008), tuvo como objetivo estudiar el efecto de la aplicación del inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato, sobre la producción y la calidad de un cultivo de tomate, variedad Gabriela. En el ensayo se realizaron 4 tratamientos. El tratamiento T0 actuó como testigo y los tratamientos T1, T2, y T3 estuvieron constituidos por un programa de abonado determinado, utilizaron el fertilizante con el inhibidor de la nitrificación (ENTE[®]C[®] Kioto 20). Los resultados obtenidos no mostraron diferencias en la producción total por unidad de superficie ni en la producción comercial por unidad de superficie entre el tratamiento testigo y los tratamientos con el inhibidor de la nitrificación, de igual modo ocurrió con el número total de frutos por unidad de superficie, el número de frutos comerciales por unidad de superficie, el peso medio del fruto, el diámetro medio del fruto, el parámetro de color del fruto, el pH del fruto y la consistencia de la pulpa del fruto. En conclusión el empleo de fertilizantes nitrogenados que incorporaron la molécula 3,4-Dimetilpirazol Fosfato, consiguieron disminuir la dosis de abono nitrogenado aportado al medio de cultivo con el consiguiente ahorro económico. Se obtuvieron rendimientos prácticamente idénticos entre los tratamientos con el fertilizante Entec[®] Kioto y el tratamiento convencional sin inhibidor, por lo que se produjo una disminución en el contenido de nitratos presentes en el suelo y por consiguiente una menor contaminación de las aguas subterráneas, como así lo constatan los análisis realizados en este ensayo.

El ensayo realizado por Rodríguez, M., (2010) su objetivo fue estudiar el efecto de la aplicación de inhibidor de la nitrificación (DMPP) y de derivados hidrosolubles de las quinonas (ACT-2[®]), sobre la producción y calidad de un cultivo de pepino tipo Almería obteniendo resultados similares a los Estévez, A. (2008)

2.3. LAS MACROALGAS EN LA AGRONOMIA.

Las algas marinas han sido utilizadas como fertilizantes desde los principios de la agricultura en Japón y China, en Grecia, en las islas y costas del noroeste europeo y Chile. La agricultura y horticultura en las zonas templadas usan con frecuencia como fertilizantes los productos de algas pardas como: *Ascophyllum odosum*, *Ecklonia maxima* y *Fucus vesiculosus*.

Entre los productos de algas, el tratamiento de las cosechas con algas ha crecido con popularidad, lo cual ha conducido al desarrollo de un gran número de procesados, facilitando su uso y almacenamiento. Estos se pueden encontrar de las siguientes formas: harinas (algas secadas y molías en un polvo grueso), usadas en grande volumen para suplementar suelos o para mezclar en medio definidos, en los invernaderos, con polvos o bien extractos líquidos y concentrados empleados para enraizar, remojar suelos y como aspersores foliares. Los extractos líquidos son realizados mediante una serie de procesos que influyen la agitación de un macerado del alga en agua caliente, hidrólisis ácida o alcalina con o sin vapor y a presión. En el método más reciente, se produce un concentrado sin tener que acudir a un tratamiento químico o con calor. El material es sometido a un cambio rápido de presión que rompe los componentes estructurales de las células permitiendo librar prácticamente todos los constituyentes intracelulares, incluyendo los reguladores de crecimiento del alga. (Bula-Meyer, G. 2004)

2.3.1. LOS EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS COMO BIOESTIMULANTES DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO VEGETAL.

El empleo de reguladores de crecimiento en las plantas hortícolas es una práctica bastante usual en muchos cultivos, y con ella se pueden perseguir objetivos muy diversos.

En cualquier caso debe señalarse que en la utilización de esto productos debe actuarse con prudencia, puesto que existen factores diversos, como la dosis de aplicación, el material vegetal, las condiciones ambientales, etc., que pueden influir en la respuesta del cultivo, pudiéndose alterar los objetivos perseguidos.

Por todo ello, antes de proceder a la aplicación de reguladores del crecimiento sobre una determinada especie hortícola, será necesario conocer la mayor cantidad de información posible sobre el modo de actuación del fitoregulador, la dosis de aplicación, la susceptibilidad varietal, las condiciones ambientales, etc., así como de las restricciones toxicológicas que el empleo del fitoregulador pueda entrañar. (Maroto; J.V., 2000)

En la actualidad están apareciendo en el mercado un gran número de productos cuya acción no es fertilizante *per se*, sino que su función es la de aumentar la absorción de nutrientes mediante un incremento radicular u otros mecanismos.

El mayor problema es que entre estos productos que pueden tener una cierta acción, aparecen en el mercado otros sin acción ninguna y que introducen una duda más que razonable sobre la bondad general de estos productos. Por lo que debemos partir de la base de que no existen productos milagrosos. (Cadahía, C., 2005)

Los bioestimulantes serían aquellos productos que estimulan sin ser fuentes de nutrición, como las vitaminas o las enzimas. En cualquier caso estos componentes son fácilmente metabolizados por microorganismos por lo que su acción se verá muy limitada al menos que la aplicación sea vía foliar.

Los bioactivadores actúan sobre el metabolismo de los vegetales y lo activan, por lo que en muchas ocasiones se recomienda que se apliquen con fertilizantes de refuerzo. Su utilización suele aconsejarse principalmente tras la ocurrencia de situaciones limitantes para el desarrollo de las plantas, como sequías, heladas, “shock” térmico del trasplante en verano, etc. (Maroto, J. V., 2000)

Los extractos formulados a base de extractos de algas estarían incluidos entre estos productos dados su contenido en citoquininas y giberelinas. En experiencias realizadas por el equipo de investigación de Cadahía pudieron concluir que presentan beneficios sobre todo con plantas que presentan algún estrés. (Cadahía, C., 2005).

Las especies de algas marinas son a menudo consideradas como un bio-recurso, ya que se han usado como fuente de alimento, materias primas industriales, en la terapéutica y aplicaciones botánicas durante siglos. Por otra parte, productos de algas marinas y derivados han sido ampliamente utilizados como enmiendas en los sistemas de producción de cultivos debido a la presencia de un gran número de plantas que

estimulan su crecimiento. Sin embargo, el potencial bioestimulante de muchos de estos productos no ha sido plenamente explotado, debido a la falta de datos científicos sobre los factores de crecimiento presentes en las algas marinas y su modo de acción en que afectan el crecimiento vegetal. Entre los efectos de varias especies de algas marinas destacar que influyen en el crecimiento de plantas y desarrollo permitiendo hacer uso de este recurso renovable en los sistemas agrícolas sostenibles.

Las algas forman parte integrante de los ecosistemas marinos costeros. Se incluyen las algas pluricelulares macroscópicas que comúnmente habitan en las regiones costeras de los océanos del mundo, donde los sustratos son más adecuados. Se estima que hay cerca de 9.000 especies de macroalgas que se pueden clasificar en tres grandes grupos en función de su pigmentación (por ejemplo, Phaeophyta, Rhodophyta, y Chlorophyta, o las algas pardas, rojas y verdes, respectivamente).

Las algas pardas son el segundo grupo más abundante formado aproximadamente por 2.000 especies que alcanzan sus niveles máximos de biomasa en las costas rocosas de zonas templadas. Éstas son el tipo más utilizado en la agricultura y, entre ellos, *Ascophyllum nodosum* (L.) Además de *A. nodosum*, otras algas pardas como por ejemplo *Fucus* spp. *Laminaria* spp. *Sargassum* spp. y *Turbinaria* spp. se utilizan como biofertilizantes en la agricultura (Hong *et al.* 2007 citado por Khan, W. *et al.*, 2009)

Los beneficios de las algas marinas como fuente de materia orgánica y nutriente de los fertilizantes han llevado a su utilización como acondicionadores de suelo durante siglos.

Alrededor de 15 millones de toneladas métricas de productos a base de algas se producen al año (FAO 2006), una parte considerable de los cuales se utilizan como complementos de nutrientes y como bioestimulantes o biofertilizantes para aumentar el crecimiento de plantas y el rendimiento. Un gran número de productos comerciales de extracto de algas marinas están disponibles para uso en la agricultura y la horticultura (Cuadro.2.3.1).

Numerosos estudios han revelado una amplia gama efectos beneficiosos de los extractos de algas marinas en aplicaciones en plantas, como el efecto positivo en la germinación de semillas y la mejora en el establecimiento de las plántulas en las primeras fases, la mejora de rendimientos en los cultivos, elevada resistencia a factores

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

bióticos y abiótico de estrés, y después de la cosecha mejorada vida útil de los

Nombre comercial	Especie	Compañía
Acadian®	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Acadian Agritech
Acid Buf	<i>Lithothamnium calcareum</i>	Chance & Hunt Limited
Agri-Gro Ultra	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Agri Gro Marketing Inc.
AgroKelp	<i>Macrocystis pyrifera</i>	Algas y Bioderivados Marinos, S.A. de C.V.
Alg-A-Mic	<i>Ascophyllum nodosum</i>	BioBizz Worldwide N.V.
Bio-Genesis™ High Tide™	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Green Air Products, Inc.
Biovita	<i>Ascophyllum nodosum</i>	PI Industries Ltd
Emerald RMA	Red marine algae	Dolphin Sea Vegetable Company
Espoma	<i>Ascophyllum nodosum</i>	The Espoma Company
Fartum®	Unspecified	Inversiones Patagonia S.A.
Guarantee®	<i>Ascophyllum nodosum</i>	MaineStream Organics
Kelp Meal	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Acadian Seaplants Ltd
Kelpak	<i>Ecklonia maxima</i>	BASF
Kelpro	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Tecniprosos Biologicos, S.A. de C.V.
Kelprosoil	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Productos del Pacifico, S.A. de C.V.
Maxicrop	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Maxicrop USA, Inc.
Nitrozime	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Hydrodynamics International Inc.
Profert®	<i>Durvillea antarctica</i>	BASF
Sea Winner	Unspecified	China Ocean University Product Development Co., Ltd
Seasure	Unspecified	Famura Ltd.
Seasol®	<i>Durvillea potatorum</i>	Seasol International Pty Ltd
Soluble Seaweed Extract	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Technaflora Plant Products, LTD
Stimplex®	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Acadian Agritech
Synergy	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Green Air Products, Inc.
Tasco®	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Acadian Agritech

productos perecederos, etc.

Cuadro.2.3. Productos comerciales de algas utilizadas en la agricultura. Fuente: J Plant Growth Regul 28:386–399

2.3.2. MODO DE ACCIÓN DE LOS FACTORES ESTIMULANTES DEL CRECIMIENTO CON LOS EXTRACTOS DE ALGAS.

Los productos de algas marinas presentan una actividad estimulante en el crecimiento, y el uso de las formulaciones de las algas marinas como bioestimulantes en la producción de cultivos está bien establecida. Los bioestimulantes se definen como los “materiales”, distintos de los fertilizantes, que promueven el crecimiento de las plantas cuando se aplica en pequeñas cantidades, y también son conocidos como potenciadores metabólicos.

Entre los componentes de las algas marinas como macro y microelementos nutritivos, aminoácidos, vitaminas, citoquininas, auxinas, y el ácido abscísico (ABA)

que afectan el crecimiento el metabolismo celular suponen cuando se lleva cabo su tratamiento un aumento de crecimiento y rendimiento de los cultivos. Los extractos de algas marinas son bioactivos en concentraciones bajas (diluido en 1:1000 o más) Aunque muchos de los diversos componentes químicos de extractos de algas marinas y de sus modos de acción siguen siendo desconocidos, es posible que estos componentes presenten actividad sinérgica.

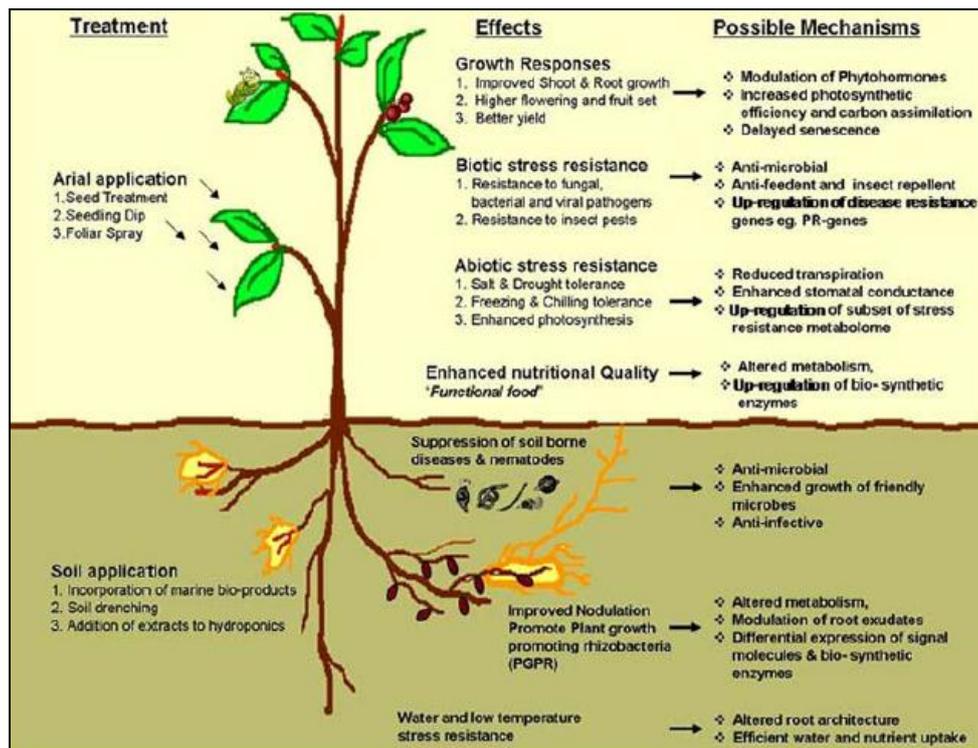


Figura 2.3.1. Esquema de la representación de los procesos fisiológicos provocado por los extractos de alga y los posibles mecanismos de la bioactividad. Fuente: J Plant Growth Regul 28:386–399

La concentración de elementos nutritivos minerales presentes en los concentrados comerciales de algas por sí sola no puede ser tomada como única respuesta de crecimiento provocado por los extractos de algas.

Los efectos beneficiosos observados en diversos bioensayos de crecimiento de las plantas han llevado a la especulación de que contienen sustancias reguladoras del crecimiento vegetal.

Además, la amplia gama de respuestas de crecimiento inducido por extractos de algas marinas implica la presencia de más de un grupo de plantas que promueven el crecimiento sustancias / hormonas. Las citoquininas están entre ese grupo de fitohormonas que se han detectado en las algas frescas y extractos de algas marinas.

Las algas marinas, también son ricas en auxinas y compuestos similares. Debido a esa riqueza fitohormonal, se puede ver como un extracto de *Ecklonia maxima* puede promover una notable actividad en la raíz. Las auxinas también se han detectado en otras especies de algas como *Porphyra perforata*, pero los niveles hallados fueron bajos.

En las plantas superiores el AIA se presenta como una forma inactiva conjugado con grupos carboxílicos, glicanos, los aminoácidos, y péptidos, que por hidrólisis, se convierten en AIA activo libre. Stirk y otros (2004) encontraron cuatro aminoácidos y tres conjugados de AIA en el extracto de dos algas marinas, *E. maxima* y *Macrocystis pyrifera*. (Khan, W. *et al*, 2009)

Las respuestas de las plantas a la aplicación de las algas son múltiples y variadas. Estas incluyen una mayor cosecha, incrementan la absorción de nutrientes, cambios en la composición del tejido de la planta, aumentan la resistencia a frío y a las enfermedades fúngicas y ataque de los insectos, alargan a vida del fruto, mejoran la germinación de la semilla e incrementan la clorofila y el tamaño de las hojas.

Químicamente las algas son ricas en minerales y carbohidratos y su concentración supera mucho más a las de proteínas y grasas. Por lo general un alga no procesada tiene un contenido similar de N al de muchos abonos animales, con menos P, pero con más K, total de sales y gran disponibilidad de micronutrientes. Por todo ello, y unido a que tienen componentes bioactivos (auxinas, giberelinas y citoquininas) que influyen en el crecimiento celular, hacen a las algas cada vez más deseable su utilización en las explotaciones hortícolas. (Bula-Meyer, G., 2004)

2.3.3. Bioestimulante Basfoliar® Kelp.

2.3.3.a. Características del producto.

El producto usado como bioestimulante Basfoliar® foliar formulado a base de extracto de algas (*Ecklonia maxima*).



Figura 2.3.2: Producto BASFOLIAR® KELP.

Basfoliar® kelp foliar es un bioestimulante que potencia el establecimiento de la planta, el desarrollo y el crecimiento así como el estado general de la planta gracias a las hormonas naturales presentes en su composición. Basfoliar® foliar es totalmente compatible con los diferentes cultivos y plantas.

El alga *Ecklonia maxima* es cosechada fresca sin el uso de calor o de productos químicos. El producto se procesa mecánicamente para liberar las hormonas naturales de la planta en una solución, que finalmente se filtra para quitar partículas indeseadas más grandes de 30 micrones, dando por resultado un coctel natural y rico en fitohormonas.

Las hormonas naturales, principalmente auxinas y citoquininas, están presentes en una proporción alta en auxinas y baja en citoquininas que estimula la parte aérea rompiendo el equilibrio propio de las hormonas. La auxina baja hasta las raíces estimulando la división y crecimiento celular, también provoca la producción de citoquininas para restablecer el equilibrio. Las citoquininas se mueven en dirección

opuesta, hacia las hojas provocando el crecimiento de la parte aérea. Basfoliar® consigue mejores resultados que productos similares. Además apoya el crecimiento vegetativo de las plantas. La aplicación de Basfoliar®Kelp asegura mayores cosechas con plantas sanas y resistentes. (<http://www.castilloarnedo.com>, 2011)

2.3.3.b. Obtención del extracto líquido, eficacia agronómica.

Ecklonia maxima es un alga que se puede encontrar únicamente a lo largo de la costa oeste de Sudáfrica y se cosecha en una concesión otorgada por el Estado sudafricano en la península de El Cabo. A partir de esta alga, se obtiene fisioactivadores de origen natural producido mediante un proceso exclusivo de rotura en frío que provoca una simple rotura de las paredes celulares del alga, liberando al medio fitohormonas vitales sin ningún tipo de desnaturalización.

Su proceso de fabricación es sencillo. Se recolecta y se selecciona el alga, se transporta directamente a la fábrica y se procesa inmediatamente a su llegada. Una vez en la fábrica *Ecklonia* se somete a una ducha de agua fría a alta presión, se pasa por una zona de selección de las partes de la planta completamente limpias y se realiza un troceado grueso a mano.

Posteriormente, se somete a procesos con alto diferencial de presión (secuencias de alta y baja presión), de forma que afecte al límite de elasticidad de las paredes celulares del alga causando su fractura y la liberación de sustancias activas al medio.

Este alga marina, que crece en condiciones ambientales extremas y está sujeta a mareas, por ello es rica en compuestos como fitohormonas (auxinas y citoquininas), carbohidratos, proteínas aminoácidos, vitaminas y minerales. Actúa como elicitador de los mecanismos de activación de defensa de la planta así como en su metabolismo generando un mayor vigor y defensa a los fitopatógenos de la planta. Resultando un efecto a los cultivos de mayor vigor y productividad, tanto en cantidad como en calidad (tamaño, color, forma y contenido en azúcares) Promueve un mayor y más vigor del sistema radicular, mejora el cuajado y desarrollo de los frutos; acelera la recuperación en condiciones de estrés, incrementa las producciones; reduce la senescencia en las hortalizas de hoja, y mejora la resistencia de la planta a los nematodos y otras plagas y enfermedades.

En un principio el uso de *Ecklonia maxima* en cultivos hortícolas puede introducir importantes mejoras en el cultivo de pepino ya que está indicado para estimular el desarrollo de la planta en sus primeras fases. Es de especial interés su uso en condiciones climáticas limitantes, como bajas temperaturas o falta de luminosidad.

La eficacia agronómica del Basfoliar® foliar se fundamenta en:

- Las propiedades especiales que caracterizan a esta alga, *Ecklonia maxima*, con altos niveles de fitohormonas.
- Las condiciones ambientales especiales de las aguas marinas donde se desarrolla.
- El proceso exclusivo patentado de fabricación, sin procesos químicos, que mantiene de forma activa las sustancias contenidas en los jugos celulares del alga.
- Su uso en cultivos hortícolas desarrolla la planta de forma equilibrada, aportándole una mayor capacidad de asimilación de nutrientes, lo que se traduce en una mayor cantidad y calidad de las cosechas especialmente en las primeras fases de recolección. (www.compo.com, 2011)

III MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. EMPLAZAMIENTO DEL ENSAYO.

3.1.1. SITUACIÓN DE LA FINCA EXPERIMENTAL.

Este experimento se ha realizado en la Fundación Finca Experimental UAL- ANECOOP, situada en el paraje “Los Goterones”, polígono 24, parcela 281, perteneciente al municipio de Almería. A continuación, se puede observar un plano de localización y otro de una vista en planta de la finca. (Figuras 3.1.1. y 3.1.2)



Figura 3.1.1. Plano de localización de la finca.



Figura 3.1.2. Vista en planta de la finca UAL- ANECOOP.

3.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO.

El módulo asignado para la realización del ensayo fue el invernadero U6 tipo multitúnel con suelo arenado compuesto por 5 túneles de 8 m de ancho y 45 m de largo que lo dotan de 1.800 m² de superficie. El arco de cada túnel posee una altura cenital de 5,7 m y una altura en canal 4,5 m, obteniendo por tanto una estructura con una mayor inercia térmica y por lo cual las variaciones son más suaves y es posible disponer cómodamente de elementos auxiliares como dobles cubiertas o pantallas.



Figura 3.1.4. Vista del interior del invernadero U6.



Figura 3.1.5. Puerta de salida del U6.

La cubierta plástica del techo es de polietileno térmico tricapa de 800 galgas, de tres campañas de duración, en color blanco, protegido en su parte superior con unas cintas de poliéster de 4 cm. de ancho que están montadas de modo cruzado en zig-zag (2 cintas por cada 2,5 metros lineales de túnel). Los frontales y laterales están cerrados con malla plastificada. Los invernaderos disponen de ventilación con cinco ventanas supercenitales de 40 m. de longitud y 2,5 m. de anchura que dotan a cada invernadero de una superficie ventilable del 27,7% y se protegen con malla de 20 x 10 hilos · cm-1 para evitar la entrada de insectos al invernadero. A la hermeticidad de la estructura multitúnel se le unen dos dobles puertas tanto a la entrada y salida del invernadero, siendo también una medida de protección ante la entrada de insectos plaga.

Respecto a la distribución interior de su superficie, de esos 1800 m² de superficie invernada, solamente 1683 m² son superficie cultivada (926 m² del tablar Norte y 757 m² del tablar Sur)

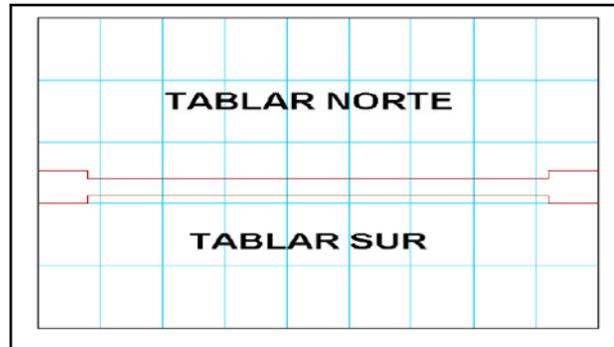


Figura 3.1.6. .Distribución interior del invernadero.

El invernadero contó con un suelo arenado de las mismas características que el resto de los invernaderos de la zona.

3.1.3. SISTEMA DE RIEGO.

El sistema de riego está dividido en 4 sectores (2 sectores/tablar), con un total de 54 ramales portagoteros /tablar (26 líneas dobles y 2 líneas simples en los extremos).

El tablar Norte tiene 41 goteros/ramal (total = 2178 goteros), siendo menor en el tablar Sur, que es de 33 goteros/ramal. (total = 1746 goteros). El marco que presentan dichos emisores es de: 0,84 m x 0,5 m; es decir, de 2,3 goteros/m² y con un caudal nominal = 3 L/hora. La separación entre goteros es de 0,5m y entre ramales portagoteros están colocados en líneas pareadas con 0,6m de separación entre ambas, y 1,06 m de separación entre ramales en pasillos.

Los elementos del sistema de fertirrigación que se gestionan desde el cabezal de riego son básicamente: balsas, sistema de inyección de fertilizantes, sistema de distribución de la solución final a los goteros y ordenador de control.

- BALSAS

La finca dispone de dos balsas de materiales sueltos y cubierta de polietileno negro con una capacidad de 5.000 m³ cada una. Ambas están techadas con geotextil de

color negro para evitar pérdidas por evaporación, descomposición y proliferación de algas. Una de las balsas que almacena aguas pluviales más agua desalada de Carboneras (ACUAMED), gestionada por la Comunidad de usuarios de la Comarca de Níjar (CUCN) y la otra contiene aguas ozonificadas procedentes de la depuradora de agua de Almería gestionada por la Comunidad de Regantes de Cuatro Vegas.

Cada balsa posee una bomba multicelular cuya función es el bombeo del agua hasta el tanque de mezclas, situado en el cabezal. La balsa contiene además un variador de velocidad de giro en su bomba que le permite mezclar el agua de ambas balsas en función de las preferencias que se tengan en cuanto al parámetro de la conductividad eléctrica del agua. Una vez mezclada el agua, se canaliza a los cabezales de riego utilizados en los invernaderos que riegan los cultivos sobre suelos arenados.

- **SISTEMA DE INYECCIÓN DE FERTILIZANTES**

El agua se dirige hacia un tanque de mezclas con una capacidad de 200 litros, provisto de una boya para mantener su nivel, sobre este tanque se inyecta la proporción designada de cada uno de los tanques de solución madre con 1.000 litros de capacidad. Este sistema consta de cuatro tanques de 1000 l de capacidad cada uno:

- Tanque A: nitrato potásico.
- Tanque B: nitrato cálcico y microelementos.
- Tanque C: sulfato potásico, sulfato magnésico y fosfato monopotásico.
- Tanque D: ácido fosfórico y nitrato amónico.

Un tanque de 1000 l utilizado para el ácido nítrico.

Por cada tanque existe un piezómetro que asegura que la inyección de fertilizantes sea lo más exacta posible y habrá una bomba inyectora que inyecte la solución madre de cada tanque a su piezómetro correspondiente. El ordenador acciona las electroválvulas que permiten el paso del porcentaje de fertilización final al tanque de mezcla. Se sitúan medidores de control de pH y conductividad eléctrica.



Figura 3.1.7. Vista de los tanques de 1000 l del cabezal de riego.

En el caso del módulo U6, el aporte de fertilizantes no se realizó sólo desde los tanques de solución madre citados anteriormente, sino que se realizó también en las abonadoras situadas en cada subsector de riego en que queda dividido el invernadero, el aporte de aquellos tanques que contienen los fertilizantes nitrogenados se corta, ya que el aporte de estos fertilizantes se hace de forma controlada desde las abonadoras. Dicha operación se realizó en el invernadero según el protocolo que se explica más adelante.

- SISTEMA DE IMPLUSIÓN DE LA SOLUCIÓN FINAL A LOS GOTEROS.

La solución procedente del tanque de mezcla o en el caso de aporte de fertilizantes extra, también concentrados en el tanque de mezcla, se impulsan mediante una electrobomba de riego (3 CV), siendo conducidas a través de un filtro de anillas, y distribuyéndose seguidamente por el invernadero mediante una red de tuberías de PVC de 60 mm de diámetro.

El control del servicio del agua se hace mediante el uso de electroválvulas independientes. Una vez que la solución llega al invernadero por medio de la tubería, se divide en 4 sectores y luego en 12 subsectores, cada uno con sus correspondientes abonadoras. Se dispone de 12 abonadoras que actúan simultáneamente de manera individual. Es en estas abonadoras donde se ha realizado el aporte de fertilizantes según Santiago Pérez Castilla.

las condiciones impuestas para el experimento. De cada abonadora parten las tuberías portarramales y portagoteros para distribuir la solución nutritiva final a través de los goteros.



Figura 3.1.8. Abonadora para la distribución del fertilizante de cada bloque.

En definitiva se dispuso de doce sectores originales de riego. El tablar norte estuvo constituido por seis sectores con 54 ramales portagoteros o 26 líneas dobles y dos líneas simples en los extremos que llevaban incorporados 41 goteros/ramal, obteniendo un total de 2.178 goteros.

El tablar sur disponía igualmente de 54 ramales y dos líneas simples en los extremos llevando incorporados 33 goteros/ramal, lo que constituyó un total de 1.746 goteros en el tablar. Esto implicó que hubiera 9 ramales portagoteros por cada abonadora.

La separación de ramales portagoteros dispuestos en líneas pareadas fue de 0,6 m entre ambas y 1,06 m de separación entre ramales en pasillos. Los goteros instalados fueron del tipo Auto Twin autocompensante de 3,0 L/h de descarga manteniendo un caudal constante trabajando entre 1,0 y 3,5 Kg · cm⁻².

El marco de los goteros en ambos tablares fue de 0,83 m x 0,5 m por lo que se tuvo una densidad de goteros de 2,3 goteros/m². Se plantearon realizar riegos diarios menos el domingo, siguiendo un programa de abonado previo. Todo el sistema se regula y controla desde un ordenador central situado en la sala de cabezales de riego.

3.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.

El proceso para realizar el diagnóstico de aguas de riego puede resumirse en los apartados siguientes (Cadahía, C., 2005):

- Toma de muestra.
- Utilización del boletín con las determinaciones correspondientes. Se incluirá el diagnóstico de calidad.
- Aplicación de los métodos de análisis normalizados por el MARM.
- Comprobación de que el análisis está bien hecho en función de la relación de cationes y aniones. Comprobar que el análisis está completo.
- Consideración de los datos de referencia en cuanto a parámetros de calidad.
- Interpretación de resultados.
- Explicación de la interacción suelo-agua-cultivo.

3.1.4. a. Toma de muestras.

Para realizar la toma de muestras fue necesario un recipiente de plástico de 1 litro de capacidad más o menos, la muestra se cogió a la salida de la balsa. Se realizó con una botella totalmente limpia, ya que cualquier presencia de restos de otro líquido supone la contaminación del agua. La botella se llenó entera, dejando el menor volumen de aire en su interior, para evitar modificaciones, de pH principalmente. (Fernández Rodríguez, J., Camacho Ferre, F., 2007)

La muestra se acompañó con un boletín informativo con datos sobre el origen del agua, localización, cultivo al que va destinada, características de los suelos a regar como: permeabilidad, estructura, sales, etc., y cualquier otro dato que pueda ser de utilidad para evaluar la calidad del agua.

3.1.4. b.Resultados del análisis.

La recepción de las muestras fue el día 09/09/10, en la siguiente tabla se muestran las determinaciones analíticas obtenidas de los parámetros evaluados para el agua de riego, realizadas el día 17/09/2010.

PARÁMETROS	RESULTADOS	MÉTODO
pH	8,3	Electrométrico.
C.E (µS/cm) a 20°C	1311	Electrométrico.
Relación de absorción de sodio (S.A.R)	5,09	Cálculo.
Dureza (°HTF)	34	Cálculo.
Nitratos (mg/l)	14,78	Cromatografía iónica.
Sulfatos (mg/l)	0,92	Cromatografía iónica.
Fosfato (mg/l)	206,02	Cromatografía iónica.
Carbonatos (mg/l)	< 24	Volumétrico.
Bicarbonatos (mg/l)	165,89	Volumétrico.
Alcalinidad total (mmol/l)	2,72	Volumétrico.

PARÁMETROS	RESULTADOS	MÉTODO
Cloruros (mg/l)	273,04	Cromatografía iónica.
Sodio (mg/l)	151,43	EAA
Potasio (mg/l)	10,67	EAA
Calcio (mg/l)	74,71	EAA
Magnesio (mg/l)	36,03	EAA

Cuadro 3.1.1. Análisis de aguas.

El agua de la balsa con la que se regó el cultivo tuvo un valor de dureza de 34°HTF, lo que significa que es un agua dura. Atendiendo a un valor de SAR de 5,09 el agua no presenta riesgo de alcalinización. Para un valor de coeficiente alcalinométrico de 7,47 el agua se considera de calidad tolerable.

Esta agua posee una alta salinidad, por lo que se recomienda su utilización para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

Se trata de un agua con bajo contenido en sodio apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Para una proporción de sodio del 49% y una conductividad de 1311 $\mu\text{S}/\text{cm}$ el agua que se regó el invernadero U6 en nuestro caso, es de calidad buena a admisible.

3.1.5. MATERIAL VEGETAL.

La siembra del cultivo se realizó el 25 de agosto de 2010, llevando a cabo un ciclo corto de otoño, finalizando con el arranque de las plantas el día 16 de diciembre de 2010. El marco de plantación utilizado fue el de 1,1 m x 0,5 m, dado una densidad de plantación de 1,8 plantas /m².

La especie utilizada en este ensayo ha sido *Cucumis sativus* L., el tipo de material vegetal usado fue pepino tipo Almería. Se usó el cultivar Borja que se trata de una variedad híbrida y partenocárpica, de Larga Vida, muy productiva, recomendada para plantaciones tempranas por su resistencia al calor (julio y agosto), posee buen comportamiento en siembras de primavera.(Camacho, F.,2003). Fruto de excelente calidad destacando por su color verde oscuro y brillo intenso. Pepinos muy uniformes, principalmente de calibres 12M y 12G. Fruto alargado (25-38 cm), prácticamente rectos y sin cuello, su pulpa es de color blanquecino, bastante acuosa. La piel es muy cerosa, lisa y más o menos asurcada. Es una variedad partenocárpica resistente a *Cladosporium* y a *Corynespora*. Fruto ideal para exportación por su alta consistencia y conservación (<http://www.enzazaden.es>, junio 2011).

3.1.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental elegido fue bloques ubicados al azar en parcelas divididas con seis tratamientos y tres repeticiones por tratamiento.

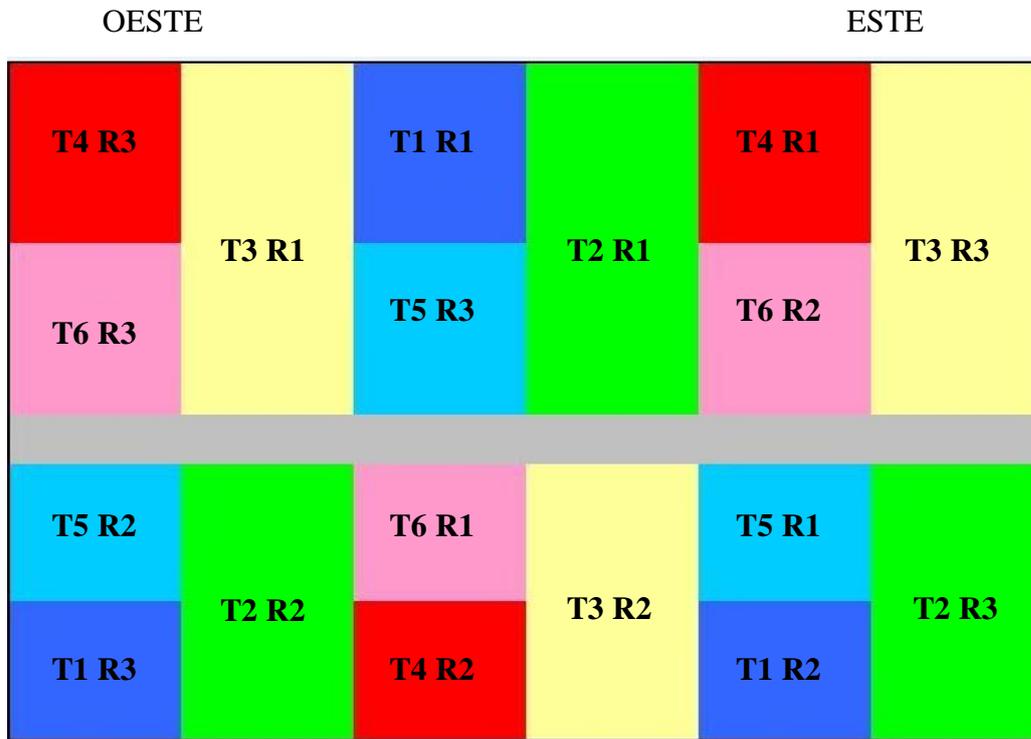


Figura 3.1.9. Plano de distribución de tratamientos.

Los seis tratamientos que se aplicaron fueron el T1, T2, T3, T4, T5 y T6, cada uno compuesto por tres repeticiones (T1R1, T1R2, T1R3, T2R1, T2R2, T2R3, T3R1, T3R2, T3R3, T4R1, T4R2, T4R3, T5R1, T5R2, T5R3, T6R1, T6R2, T6R3). Los tratamientos T2 y T3 se hicieron de forma individualizada en cada parcela elemental, mientras que los tratamientos T1 y T4 se hallaron de forma combinada con los T5 y T6 respectivamente.

Dentro del ensayo había distintos fertilizantes a emplear y variaciones en sus cantidades según el estado fenológico de la planta, caracterizando de esta forma a cada uno de los tratamientos evaluados. A todos los tratamientos se les proporcionó vía fertirriego una solución nutritiva ideal que se dispone a continuación:

SOLUCIÓN NUTRITIVA									
	NO ₃ ⁻	T3 NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CE
mmol·L ⁻¹	8	6	2.5	2	0.5	5	4	2	1.8

Cuadro 3.1.2. Solución nutritiva común a todos los tratamientos.

La variación en cada tratamiento se describe aquí debajo y se proporcionó a por la presencia de unas abonadoras distribuidas por el interior del invernadero (Figura 3.1.8).

- **Tratamiento 1 (T1):** consiste en fertilización convencional habitual. Disolución preparada con aguas de conductividad óptima, se compuso por abonos simples y binarios de tipo nitrato amónico, sulfato potásico y ácido fosfórico.
- **Tratamiento 2 (T2):** con una fertilización con amonio más inhibidor nitrificación. Disolución preparada con aguas de conductividad óptima compuesto por abonos simples y binarios tipo Novatec Kioto. (KIOTO) y ácido fosfórico.
- **Tratamiento 3 (T3):** con una fertilización con amonio más inhibidor de la nitrificación. (-25% aporte de N). Disolución preparada con aguas de conductividad óptima. Abonos simples y binarios tipo Novatec Kioto (KIOTO), sulfato potásico, y ácido fosfórico.
- **Tratamiento 4 (T4):** con una fertilización convencional habitual disolución preparada con aguas de conductividad muy alta. Formada por abonos simples y binarios tipo Novatec Kioto (KIOTO), sulfato potásico, y ácido fosfórico.
- **Tratamiento 5 (T5):** fertilización convencional habitual. Disolución preparada con aguas de conductividad óptima con bioestimulantes de inmersión radicular y foliar. Compuesto por abonos simples y binarios tipo nitrato amónico, sulfato

potásico, y ácido fosfórico. El bioestimulante se aplicará de forma foliar durante el ciclo.

- **Tratamiento 6 (T6):** con una fertilización convencional habitual .Disolución preparada con aguas de conductividad muy alta más bioestimulante de inmersión radicular y foliar. Formada por abonos simples y binarios tipo nitrato amónico, sulfato potásico, y ácido fosfórico. El bioestimulante se aplicará de forma foliar durante el ciclo.

Para el riego se dispuso de doce sectores con 12 abonadoras, cada una de ellas fue programada para regar el tratamiento asignado, los tratamientos T1 y T5 se regaron como un sólo sector y los tratamientos T4 y T6 de igual forma, lo único en lo que diferían fue en la aplicación del bioestimulante Basfoliar® Kelp (*Ecklonia maxima*). Cada abonadora actuó de manera individual y en ellas se depositaron las dosis de fertilizantes anteriormente mencionadas .El marco de plantación utilizado fue el de 1,1 m x 0,5 m, dado una densidad de plantación de 1,8 plantas /m², como se observa en la figura siguiente.



Figura 3.1.10. Plantas jóvenes de pepino dispuestas en líneas pareadas.

3.1.7. EVALUACIÓN DEL SUELO.

3.1.7. a .Toma de muestras en campo.

Se realizarán 3 muestreos de suelo durante la realización del cultivo, para determinar los efectos del producto y de la fertilización utilizada, en los componentes químicos del suelo.

En cada tratamiento y repetición se tomarán muestras de suelo correspondientes a dos profundidades distintas: 0-15 cm y de 16-30 cm, el muestreo se realizará tomando diversos puntos de cada parcela experimental y en las profundidades indicadas, mezclando diversos puntos de muestreo para conformar una muestra final, que será analizada para diversos parámetros.

Durante la realización de los muestreos para la realización de determinaciones químicas, se obtendrán además otras muestras del suelo para realizar una evaluación de los productos aplicados sobre las condiciones microbiológicas del suelo antes, durante y al final del ciclo de producción.

Se deben realizar de modo que la misma constituya un base representativa del suelo que vamos analizar. Para ello, abriremos en el suelo unos hoyos de profundidad aproximada a la que llegarán las raíces de las plantas. De las muestras realizadas tomaremos un mínimo 1Kg para mandar al laboratorio.

La toma de muestras de suelo tuvo como objetivo determinar las propiedades fisicoquímicas del suelo en su estado inicial y final. Cuando el conjunto de parcelas a muestrear pertenece a un tipo de suelo, fase y subtipo, se tomó una muestra de cada parcela como unidad. Se usa la palabra parcela para designar el área mínima de un campo que recibe un determinado tratamiento y es cultivada como una unidad (Jackson, M.L., 1982, citado por Estévez. A.M., 2008).

La toma de muestras de suelo debía realizarse con gran cuidado y siguiendo las normas correspondientes, ya que en caso contrario se cometería un error muy acentuado y el resultado del análisis sería incorrecto. La muestra debe ser representativa de la zona en la que se toma, normalmente para cultivos hortícolas en un intervalo de 0 a 20 cm. No obstante, la profundidad puede variar según las labores culturales y las características de cada cultivo (Cadahía, C., 2000).



Figura 3.1.11. Toma de las muestras de suelo.

Las muestras de suelo se obtuvieron con un “kit de extracción de suelos”, primeramente se apartó la arena superficial con un apero y se introdujo la barrena haciéndola girar sobre sí misma para recoger el suelo de las profundidades indicadas anteriormente. Las muestras nunca se tomaron debajo del gotero, ya que no es representativo, lo que se hizo fue realizar una circunferencia de unos 20 cm alrededor del gotero y se tomó un punto de esta circunferencia.

A cada muestra de suelo le correspondió un boletín de campo en el que se incluyeron los siguientes datos:

- Datos del peticionario.
- Datos de la muestra: tipo de muestra, descripción, análisis, fecha de la toma de muestra, fecha de recepción, procedencia, etc.
- Análisis físico químico: parámetros y resultados.
- Otros parámetros: amonio, cloruros, fosfatos, nitratos, pH, potasio y sulfatos (esto solo a la última toma de muestras).

3.1.8. EJECUCIÓN DEL ENSAYO.

3.1.8. a . Preparación del abonado.

La cantidad de fertilizantes aportados en el experimento se realizó para cada una de las 12 abonadoras presentes en el invernadero. Se propuso establecer unas estrategias de manejo del cultivo, buscando un acercamiento más acorde a la realidad del campo almeriense en el empleo de fertilizantes como los productos ensayados.

De entre todos los fertilizantes que se aplicaron en el ensayo, se encuentra el inhibidor de la nitrificación Novatec Kioto[®], que para nuestro ensayo es el fertilizante que se evaluó tanto en producción como en calidad de fruto.

- Novatec Kioto[®]: es un abono líquido estabilizado nitrogenado, con el inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato (DMPP), indicado para suplir las necesidades de nitrógeno en todo tipo de cultivos y especialmente en cultivos extensivos (frutales, cítricos y hortícolas). Posee unas riquezas garantizadas de:
 - 20 % Nitrógeno (N) total.
 - 10 % Nitrógeno (N) nítrico.
 - 10 % Nitrógeno (N) amoniacal.
 - 0,8 % DMPP respecto del Nitrógeno amoniacal.

Dosis orientativas para hortícolas: 100-300 kg de N · ha⁻¹ y año⁻¹.

Las premisas planteadas para el ensayo de otoño-invierno pasan a enumerarse a continuación:

Las estrategias de fertilización están supeditadas a la aplicación del producto Novatec Kioto[®], abono líquido nitrogenado cuya composición presenta la molécula objeto de estudio, el 3,4-Dimetilpirazol fosfato. Todo el abono nitrogenado del tratamiento T2 y T3 incorpora el inhibidor, para evitar interferencias en las unidades de nitrógeno empleadas.

Se controló que el aporte de nitrógeno total sea igual en todos los tratamientos y considerar los aportes de N en forma amoniacal y en forma nítrica. Para ello tendremos que la Solución ideal = Solución base común + el aporte de las abonadoras.

Hubo que evitar mezclas incompatibles en la abonadora. Como son la formación de precipitados de yeso y fosfato de calcio como consecuencia de aportar en sólido Nitrato Cálcico, Ácido fosfórico y Sulfatos. Para conseguirlo se envió a todos los tratamientos por igual una “Solución Base”, procedente del cabezal de riego con parte de las unidades fertilizantes necesarios cubiertos y por tanto con una fracción de CE gastada sobre el incremento de la CE final. Los abonos empleados son sulfato potásico, ácido Fosfórico y microelementos.

Los aportes de unidades fertilizantes se contabilizaron en $g \cdot L^{-1}$ y también en kilogramos y Litros totales por mes; esto nos aportó una mayor flexibilidad a la hora de modificar dosis de riego y concentración de elementos nutritivos en la planta.

La idea era fijar unas soluciones ideales inicialmente, y calcular los porcentajes de inyección de succiones madre en el cabezal de riego para aportar al agua Ácido Fosfórico y Sulfato Potásico (Solución Base). Los fertilizantes nitrogenados y calcio se aportaron directamente en las abonadoras mediante Nitrato amónico 34,5%, y Nitrato Cálcico en el caso de todos los tratamientos menos el T2 y T3 que se aportó en forma líquida con (Novatec Kioto[®] 20% + DMPP) y Calcio (CaO_2).

En los tratamientos T4 y T6 se introdujo Sulfato Potásico + Cloruro Potásico en la abonadora, para aumentar la conductividad eléctrica de la solución de riego.

A continuación se muestra la tabla donde se refleja el consumo total por mes de fertilizantes del invernadero y el consumo de cada parcela elemental o tratamiento.

Consumo fertilizantes	K ₂ SO ₄ (Kg)	H ₃ PO ₄ (L)	T1 NH ₄ NO ₃ (Kg)	T2 KIOTO (L)	T3 KIOTO 75% (L)	T4 NH ₄ NO ₃ (Kg)	T4 K ₂ SO ₄ (Kg)	T4 K ₂ SO ₄ Líquido (L)	T4 K Cl (Kg)
Septiembre	29,546	9,2	5,732	10,075	8,071	6,18	5,769	4,245	-----
Octubre	83,086	32,005	24,241	42,591	34,127	29,098	-----	79,713	-----
Noviembre	111,601	43,995	27,828	48,892	39,176	34,194	-----	58,488	22,764
Diciembre	29,989	12,852	8,606	15,121	12,116	11,056	-----	-----	19,512

Cuadro 3.1.3. Dosis mensual de aporte de fertilizantes para los distintos tratamientos.

Respecto al consumo hídrico de nuestro cultivo, a lo largo de todo su ciclo, se recogen a continuación los datos en la tabla adjunta. El mes de noviembre fue el mes de mayor consumo como se puede apreciar, coincidiendo los meses de menor consumo con el mes de septiembre en el que la planta estaba aún pequeña y el mes de diciembre, en el que comienza la época de senescencia ya que se realizó un ciclo corto.

Consumo hídrico (m ³):	
Septiembre	82,3
Octubre	193,1
Noviembre	257,9
Diciembre	75,3

Cuadro 3.1.4. Dotaciones de riego aportados mensualmente.

La preparación del abonado nitrogenado se realizó diariamente en la nave donde se encuentra el cabezal de riego. El producto (Novatec Kioto[®]) se vertió desde una garrafa a una probeta, previamente conociendo la cantidad que le pertenecía al tratamiento T2 y T3, siendo éstos los únicos tratamientos que presentaban este producto, se preparó para las 3 repeticiones del ensayo de cada uno. El resto de fertilizantes como el Nitrato Amónico, Calcio (CaO₂) y Sulfato Potásico que se utilizó para ΔCE, se prepararon diariamente pesando la cantidad adecuada en una balanza de precisión y se depositaron en bolsas, realizando 3 repeticiones por tratamiento. El Nitrato Amónico se vertió en las abonadoras que corresponden a los tratamientos (T1, T4, T5 y T6) y el Sulfato Potásico se echó en las abonadoras correspondientes a los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5 y T6). Los riegos se hicieron diarios hasta el 10 de octubre y tenían una duración entre 30 y 40 minutos, a partir de esa fecha se amplió el tiempo de riego aproximadamente a 50 minutos hasta principios de diciembre, luego en este último mes se regó días alternos uno sí y otro no con esa misma duración.



Figuras 3.1.12 y 3.1.13. Preparación de los fertilizantes listos para añadirlos al tanque del invernadero y media del inhibidor de la nitrificación (DMPP).

Las aplicaciones del producto en estudio (BASFOLIAR® KELP) que contiene extractos del alga *Ecklonia maxima*, se aplicaron foliarmente en dos de los tratamientos T5 y T6 y. La aplicación fue realizada mediante máquina espaldera según la tabla 3.1.5.

DDT (Días después del trasplante)	Fecha de aplicación	Dosis foliar
20	14/sept/2010	3 ml·L ⁻¹ T5 y T6
35	29/sept/2010	3 ml·L ⁻¹ T5 y T6
50	14/oct/2010	3 ml·L ⁻¹ T5 y T6
65	29/oct/2010	3 ml·L ⁻¹ T5 y T6
80	13/nov/2010	3 ml·L ⁻¹ T5 y T6

Cuadro 3.1.5. Fechas y dosis de las aplicaciones foliares.



Figura 3.1.14. Aplicación foliar del bioestimulante.

3.1.9. MANEJO AGRONÓMICO.

3.1.9. a. Labores culturales y trabajos auxiliares.

A lo largo del cultivo se han realizado una serie de labores para mantener en buen estado tanto las plantas de pepino como las instalaciones donde éstas se encontraban ubicadas. Todas las tareas realizadas se encuentran reflejadas en la tabla que se expone a continuación, todas ellas requieren un largo periodo de tiempo, que se contabilizó como mano de obra y que llevaron a cabo los trabajadores empleados de la finca. (Cuadro).

CALENDARIO DE LABORES Y TRABAJOS AUXILIARES			
FECHA	OPERACIÓN	FECHA	OPERACIÓN
25/08/2010	PLANTACIÓN	22/10/2010	
26/08/2010		25/10/2010	DESTALLADO+ RECOLECCIÓN FRUTO
27/08/2010	PLANTACIÓN	26/10/2010	DESTALLADO+ TRATAMIENTO AÉREO
30/08/2010	PLANTACIÓN	27/10/2010	TRABAJOS AUXILIARES + TRATAMIENTO AÉREO
31/08/2010	TRATAMIENTO AÉREO	28/10/2010	
01/09/2010		29/10/2010	RECOLECCIÓN FRUTO+TRATAMIENTIO AÉREO
02/09/2010	PUESTA DE PERCHAS	01/11/2010	
03/09/2010	PUESTA DE PERCHAS	02/11/2010	TRATAMIENTO AÉREO
06/09/2010	PLANTAR	03/11/2010	DESTALLADO
07/09/2010	TRATAMIENTO AÉREO + PUESTA DE PERCHAS	04/11/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS+DESTALLADO
08/09/2010	TRATAMIENTO AÉREO + PUESTA DE PERCHAS	05/11/2010	
09/09/2010	TRABAJOS AUXILIARES+ PUESTA DE PERCHAS	08/11/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS
10/09/2010	FERTIRRIGACIÓN+ PLANTAR	09/11/2010	TRATAMIENTO AÉREO
13/09/2010	TRATAMIENTO AÉREO	10/11/2010	
14/09/2010		11/11/2010	
15/09/2010	TRATAMIENTO AÉREO	12/11/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS
16/09/2010	ENTUTORADO	15/11/2010	
17/09/2010	TRABAJOS AUXILIARES	16/11/2010	
20/09/2010	DESTALLADO	17/11/2010	
21/09/2010	TRATAMIENTO AÉREO	18/11/2010	TRATAMIENTO AÉREO
22/09/2010		19/11/2010	DESHOJAR+MANTENIMIENTO

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

CALENDARIO DE LABORES Y TRABAJOS AUXILIARES			
FECHA	OPERACIÓN	FECHA	OPERACIÓN
23/09/2010	DESTALLAR	22/11/2010	TRATAMIENTO AÉREO
24/09/2010	TRATAMIENTO AÉREO	23/11/2010	
27/09/2010	TRATAMIENTO AÉREO+DESTAYAR	24/11/2010	
28/09/2010	TRATAMIENTO AÉREO+ENTUTORADO	25/11/2010	RECOLECCIÓN DE FRUTOS
29/09/2010		26/11/2010	
30/09/2010	DESTALLAR+ FERTIRRIGACIÓN	29/11/2010	
01/10/2010		30/11/2010	FERTIRRIGACIÓN
04/10/2010	DESTALLADO	01/12/2010	
05/10/2010		02/12/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS +TRATAMIENTO AÉREO
06/10/2010	TRATAMIENTO AÉREO	03/12/2010	
07/10/2010	DESTALLADO	06/12/2010	
08/10/2010		07/12/2010	
11/10/2010	DESTALLADO	08/12/2010	
12/10/2010		09/12/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS
13/10/2010		10/12/2010	
14/10/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS	13/12/2010	
15/10/2010	TRABAJOS AUXILIARES+ MANTENIMIENTO+DESTALLADO	14/12/2010	
18/10/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS	15/12/2010	
19/10/2010	TRATAMIENTO AÉREO	16/12/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS
20/10/2010	RECOLECCIÓN FRUTOS	17/12/2010	
21/10/2010	RECOLECCIÓN FRUTO+TRATAMIENTO AÉREO	20/12/2010	

Cuadro 3.1.6. Calendario de labores y trabajos auxiliares.

3.1.9. b .Tratamientos fitosanitarios.

A continuación se muestra una tabla con todos los tratamientos fitosanitarios aplicados a lo largo del ciclo de cultivo de pepino.

FECHA	PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS	MATERIA ACTIVA	FUNCIÓN
31/08/10	PROPLANT	1,5 cc · L ⁻¹	PROPAMOCARB 60,5% (CLORHIDRATO) [SL] P/V	Fungicida - Riego
07/09/10	PROPLANT	1,5 cc · L ⁻¹	PROPAMOCARB 60,5% (CLORHIDRATO) [SL] P/V	Fungicida - Riego
08/09/10	RIZOSANE	600 cc	AMINOÁCIDOS (AA. Libres 10% p/p)	Nutricional
13/09/10	SPINTOR 480 SC	0,25 cc · L ⁻¹	SPINOSAD 48% [SC] P/V	Insecticida - Orugas
	BACILLUS MIP	1 g·L ⁻¹	BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 15% (15 MILL. DE U.I/G) [WG] P/P	Insecticida - Orugas
	BERTHIRUL	1 g·L ⁻¹	BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 15% (15 MILL. DE U.I/G) [WG] P/P	Insecticida - Orugas
15/09/10	BERTHIRUL-S	10 kg	AZUFRE 60% + BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI 1,43% (1X10E6 UI/G) [DP] P/P	Fungicida- insectic.
21/09/10	ARCHI RADICULAR	1000 cc	AMINOÁCIDOS (AA. Libres 12,5% p/p y m.o. 24 % p/p)	Nutricional
21/09/10	ALIGN	1 cc · L ⁻¹	AZADIRACTIN 3,2% [EC] P/V	Insecticida mosca blanca
	BACILLUS MIP	1 g·L ⁻¹	BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 15% (15 MILL. DE U.I/G) [WG] P/P	Insecticida - Orugas
	BERTHIRUL	1 g·L ⁻¹	BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 15% (15 MILL. DE U.I/G) [WG] P/P	Insecticida - Orugas
24/09/10	FOSBEL PLUS	3 g·L ⁻¹	FOSETIL-AL 35% + MANCOZEB 35% [WP] P/P	Fungicida
21/09/10	ARCHI RADICULAR	800 cc	AMINOÁCIDOS (AA. Libres 12,5% p/p y m.o. 24 % p/p)	Nutricional
06/10/10	MIRLO	2,9 g·L ⁻¹	CIMOXANILO 4% + MANCOZEB 40% [WP] P/P	Fungicida
16/10/10	ARCHI RADICULAR	1200 cc	AMINOÁCIDOS (AA. Libres 12,5% p/p y m.o. 24 % p/p)	Nutricional
19/10/10	TEPPEKI	0,125 g·L ⁻¹	FLONICAMID 50% [WG] P/P	Insecticida pulgón
27/10/10	ARCHI RADICULAR	1100 cc	AMINOÁCIDOS (AA. Libres 12,5% p/p y m.o. 24 % p/p)	Nutricional
29/10/10	STEWARD	0,4 g·L ⁻¹	INDOXACARB 30% [WG] P/P	Insecticida -

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

				Orugas
	DOMARK EVO	0,6 cc · L ⁻¹	TETRACONAZOL 12,5% [ME] P/V	Fungicida
	BERTHIRUL	1	BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 15% (15 MILL. DE U.I./G) [WG] P/P	Insecticida - Orugas
09/11/10	ORTIVA	0,8 cc · L ⁻¹	AZOXISTROBIN 25% [SC] P/V (ESP.)	Fungicida
	TEPPEKI	0,100 g·L ⁻¹	FLONICAMID 50% [WG] P/P	Insecticida pulgón
18/11/10	MIRLO	2,9 g·L ⁻¹	CIMOXANILO 4% + MANCOZEB 40% [WP] P/P	Fungicida

Cudro3.1.7. Tratamientos fitosanitarios en el invernadero U6.

3.1.10. TOMA DE DATOS.

En el intervalo de tiempo que duró el ensayo, desde la siembra hasta el arranque de las plantas se llevó a cabo una serie de toma de datos destinados a obtener los distintos parámetros para la evaluación del cultivo, estos parámetros fueron de producción y rendimiento, así como de la calidad obtenida. La toma se ha realizado de forma directa sobre cada tratamiento y repetición y ha tenido lugar cada vez que se ha recolectado el fruto. El primer corte se hizo el 14/10/2010 (50 d.d.s) y el último tuvo lugar el 16/12/2010 (113 d.d.s), realizándose un total de 13 cortes a lo largo del ciclo.

En la figura se puede observarse un esquema con el proceso de toma de datos llevado a cabo en nuestro ensayo.

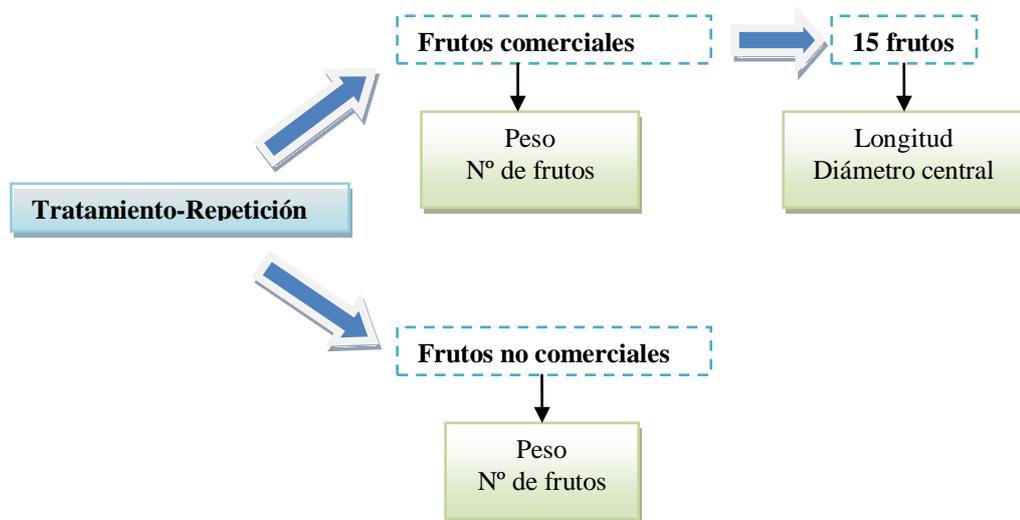


Figura 3.1.15. Esquema de trabajo para la toma de datos en campo.

3.1.10. a. Producción.

Para la obtención de los parámetros de producción se llevaron a cabo los siguientes procedimientos: se tomaron las cajas situadas en el pasillo a la altura de cada una de las líneas pareadas correspondiente a cada tratamiento y repetición y se pesaron tanto el producto comercial como el destrío, separados previamente por los operarios de la finca, obteniendo así el peso total y comercial de frutos por cada tratamiento y repetición. La operación se realizó con la báscula “EKS Premium” de 40 kg (tara máxima) y 10 g de sensibilidad. Para ello se pesaban los frutos en la caja pesando todas las recolecciones una caja para hacer el promedio y restarlo para tratar de ser lo más objetivo posible.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes calibres comerciales de pepino.

CALIBRE	PESO (g)
10 “GG”	600 - 750
12 “G”	500 - 600
12 “M”	400 - 500
12 “P”	350 - 400
14	300 - 350
16	250 - 300

Cuadro 3. 1. 8. Calibres de pepino.



Figura 3.1.16. Producción comercial.



Figura 3.1.17. Frutos recolectados en cabeza de las líneas pareadas.

Posteriormente se realizó el recuento del número de frutos que contenían todas las cajas individualmente, ya sea de producto comercial, como de destrío por tratamiento y repetición. De cada tratamiento y repetición se tomaron 15 frutos de producto comercial y se midió el diámetro central o la anchura transversal y la longitud total de cada uno de ellos. El diámetro se realizó con un calibre electrónico modelo “Stainless Hardened” de 150 mm y una sensibilidad de 0,01 mm, la longitud se determinó con una regla graduada de 40 cm y sensibilidad 1 mm. De esta forma se obtuvieron todos los parámetros de producción (producción total y comercial, número de frutos totales y comerciales, diámetro y longitud del fruto “por cada tratamiento”).

3.1.10 .a .1.Peso del fruto.

Las cajas correspondientes a cada tratamiento y repetición se pesaron con una báscula “EKS Premium” de 40 kg (tara máxima) y 10 g de sensibilidad. (Figura27).



Figura 3.1.18. Báscula “EKS Premium”, calibrador y regla en la “mesa de trabajo”.

3.1.10.a .2. Calibre.

Con el calibre se determinó el diámetro central del pepino, siendo éste el segundo parámetro a medir. La operación de medir la anchura transversal se llevó a cabo por medio de un calibre electrónico modelo “Stainless Hardened” de 150 mm y una sensibilidad de 0,01 mm.



Figura 3.1.19. Medida del diámetro central y la longitud del fruto.

3.1.10.a .3. Longitud.

Con la regla se determinó la longitud máxima del fruto. Como se puede observar en la siguiente figura, se tomó como referencia para la medida, la unión con el tallo y la base del fruto.

3.1.10.b . Análisis químico interno.

El día 1 de diciembre de 2010 se llevó a cabo la recogida de frutos para su posterior análisis en el Laboratorio Analítico Bioclínico de la Universidad de Almería. En la recogida, se tomaron 3 frutos al azar por tratamiento y repetición, en total se obtuvieron 18 muestras de 3 frutos cada una. Cada muestra se introdujo en una bolsa y se identificó con el número de tratamiento y repetición, (T1R1, T1R2, T1R3, T2R1, T2R2, T2R3, T3R1, T3R2, T3R3, T4R1, T4R2, T4R3, T5R1, T5R2, T5R3, T6R1, T6R2, T6R3). Éstas se enviaron a analizar para conocer el contenido de, Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , de nitrógeno total, de nitratos, de oxalatos y de vitamina C (ácido ascórbico) en los frutos de los distintos tratamientos evaluados durante el ciclo de cultivo.

3.1.10. c .2.Análisis de la planta.

El día previo al arranque del cultivo que se corresponde con el 113 d.d.s., se procedió a la toma de datos procedentes de la planta, para ello se recogieron 10 plantas por tratamiento y repetición, en total se analizaron 180 plantas correspondientes a los 6 tratamientos estudiados. A cada una de ellas se le eliminaron las hojas y se recogieron del tallo principal una serie de medidas, como fue la longitud total, la longitud al último fruto cosechado, el número de nudos totales y el diámetro basal.



Figura 3.1.20. Medida del Ø basal del tallo. Figura 3.1.21. Medida de la longitud total.

3.1.10.d. Análisis de suelos.

Como se explicó en el apartado anterior, se realizaron dos muestras por tratamiento y repetición, una para la profundidad de (0-15 cm) y otra para (16-30 cm). En definitiva, cada muestra estaba compuesta por tres tomas al azar de suelo (perteneciente al mismo tratamiento y repetición), éste se homogenizó y se depositó en una bolsa, la cual se identificó con el número de tratamiento y repetición. En total se obtuvieron 24 muestras, 12 correspondían a la profundidad de (0-15 cm) y las restantes a (16-30 cm). Los suelos muestreados pertenecían a los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) y no se realizó para las parcelas en las que se encontraban los tratamientos T5 y T6 ya que estos reciben la misma fertilización que los tratamientos T1 y T3.

Realizado lo anterior, se enviaron empaquetadas al laboratorio AGQ® para su análisis físico-químico, el cual pretendía conocer el contenido de NH_4^+ , NO_3^- , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , H_2PO_4^- y Cl^- de los suelos.

3.2. PROCESADO DE DATOS.

La toma de datos de producción y los distintos parámetros de rendimiento y calidad del cultivo se realizaron sobre unos estadillos elaborados previamente y adaptados a los datos necesarios.

3.2.1. Tratamiento de los registros.

Se realizó la ordenación, clasificación, revisión y almacenamiento de los mismos sobre una hoja de cálculo mediante el programa Microsoft Excel 2007. Posteriormente, se exportaron los datos al paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1 para Windows, donde se realizó un análisis de varianza ($p < 0,05$) y test de mínima diferencia significativa mediante el método LSD para un nivel de confianza del 95%. Con los resultados obtenidos se llevó a cabo una evaluación y una representación, la cual ha sido introducida en el apartado de resultados y discusión del presente trabajo.

3.2.2. Análisis estadístico.

Los componentes del análisis estadístico son los siguientes:

Análisis de la varianza.

El análisis de la varianza se realizó mediante la tabla Anova simple, la cual, descompone la variabilidad de los diferentes factores dentro de contribuciones esperadas a varios factores. En este análisis, la contribución de cada factor ha sido medida habiendo eliminado previamente los efectos de los demás factores. Los valores de p que aparecen en las tablas muestran la insignificancia estadística de cada uno de ellos, de manera que cuando los valores de p son menores de 0,05, significa que tienen un efecto estadísticamente significativo para el parámetro tratado con un nivel de confianza del 95%.

Test de rango múltiple.

El método usado para discriminar entre las medias, es el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). En las tablas obtenidas se aplican comparaciones múltiples para determinar que medias se diferencian significativamente de las demás. El cálculo de los valores medios para cada nivel (o grupo de niveles) se ha realizado en función de la pertenencia de cada nivel a un grupo homogéneo o a la intersección entre varios grupos.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Este ensayo consta de dos experimentos diferentes que tienen en común dos aspectos, el cultivo sobre el que se ha ensayado (*Cucumis sativus*) y el invernadero en el que se ha realizado el ensayo con todo lo que ello supone: mismas condiciones climáticas, los mismos tratamientos para plagas y/o enfermedades, mismas labores culturales, etc. Por ello, los parámetros que se analizan en este apartado están diferenciados en la valoración del inhibidor de la nitrificación (DMPP) por una parte, y el empleo del bioestimulante Basfoliar elaborado con *Ecklonia maxima* por otra.

4.1. PRODUCCIÓN Y PARÁMETROS DE RENDIMIENTO.

4.1.1. PRODUCCIÓN TOTAL ACUMULADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE.

Cuadro 4.1.1. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec kioto[®]) y del BASFOLIAR[®] foliar sobre la producción total por unidad de superficie ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Producción total por superficie ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	1.07	2.30	3.89	5.51	6.33	7.36	8.18
T2(DMPP)	0.54	1.70	3.06	4.68	5.65	6.76	7.75
T3 (DMPP-25%N)	0.66	1.84	3.36	5.04	6.12	6.93	7.83
P-Valor	0,1368	0,2387	0,2109	0,3360	0,3980	0,4162	0,6813

Producción total por superficie ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	8.67	9.35	10.05	10.61	11.17	12.02
T2(DMPP)	8.17	8.76	9.57	10.19	10.79	11.61
T3 (DMPP-25%N)	8.27	8.86	9.80	10.33	10.96	11.79
P-Valor	0,6862	0,6455	0,8331	0,8759	0,9159	0,9213

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Producción total por superficie (kg·m ⁻²)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	1.07	2.30	3.89	5.51	6.33	7.36	8.18
T4 (CE ↑)	1.09	2.20	3.69	5.26	6.18	7.21	8.17
T5 (BASFOLIAR® foliar)	0.77	1.91	3.33	4.82	5.6	6.75	7.48
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	0.92	2.15	3.64	5.33	6.28	7.21	7.98
P-Valor	0,6744	0,7856	0,6387	0,6984	0,6387	0,7602	0,7368

Producción total por superficie (kg·m ⁻²)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	8.67	9.35	10.05	10.61	11.17	12.02
T4 (CE↑)	8.65	9.31	10.19	10.72	11.28	12.25
T5 (BASFOLIAR® foliar)	7.88	8.33	9.23	9.75	10.32	11.08
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	8.48	9.20	10.08	10.73	11.32	12.25
P-Valor	0,7201	0,5572	0,7370	0,7468	0,7964	0,7433

De acuerdo con los resultados obtenidos a lo largo del ensayo, se puede deducir que el producto Novatec kioto[®] y del bioestimulante BASFOLIAR[®] foliar no produjeron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a una mayor producción de Kg de pepino por m². Destacar que aunque las diferencias no sean significativas para el tratamiento T3 en el que se ha reducido un 25% el N aportado el comportamiento respecto a este parámetro ha sido bastante positivo. Respecto al empleo del bioestimulante Basfoliar[®] kelp foliar se han obtenido mejores resultados en condiciones de alta CE.

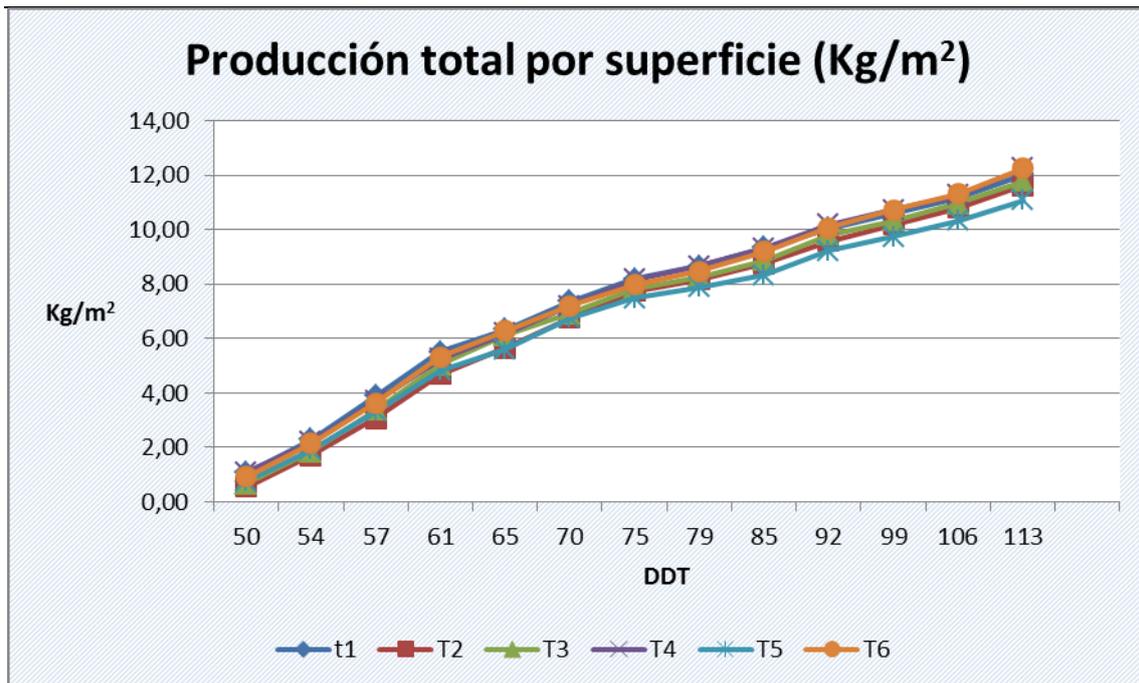


Gráfico 4.1.1. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción total acumulada por unidad de superficie ($kg \cdot m^{-2}$) en cultivo de pepino cv. *Borja*.

En el gráfico 4.1.1 se pueden observar las curvas de producción de los diversos tratamientos con un comportamiento prácticamente iguales. A simple vista se observa que el tratamiento T1, el cual ha sido fertilizado con abonos convencionales sin aplicación de Novatec Kioto® (testigo) ha tenido una producción superior al tratamiento T2 y T3, esto muestra que la aplicación del inhibidor de la nitrificación no ha sido significativa en un aumento de la producción para este cultivo. Estos resultados corroboran los obtenidos por Estévez, A., (2008) citado por Rodríguez en el 2010, el cual estudió el efecto de la aplicación del inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol Fosfato y sin obtener diferencias significativas en la producción total por unidad de superficie.

Comparando los tratamientos T5 y T6 con los demás tratamientos no se mostró diferencia significativa para la producción por unidad de superficie, pero se aprecia una tendencia con una mejor respuesta del tratamiento con BASFOLIAR®kelp en condiciones de alta CE (T6) frente al mismo tratamiento con una CE óptima (T5) (figura 4.4.1.).

4.1.2. PRODUCCIÓN TOTAL POR PLANTA.

En el siguiente cuadro se puede observar como los valores de producción total acumulados por planta.

Cuadro 4.1.2. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y BASFOLIAR® foliar sobre la producción total por planta (kg · planta), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Producción total por planta (kg·planta ⁻¹)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	0.67	1.44	2.43	3.44	3.96	4.60	5.11
T2(DMPP)	0.34	1.06	1.91	2.92	3.53	4.23	4.84
T3 (DMPP-25%N)	0.41	1.15	2.10	3.15	3.82	4.33	4.89
P-Valor	0,1336	0,2369	0,2038	0,3381	0,400	0,4225	0,6751

Producción total por planta (kg·planta ⁻¹)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	5.42	5.85	6.28	6.63	6.98	7.51
T2(DMPP)	5.10	5.47	5.98	6.37	6.74	7.25
T3 (DMPP-25%N)	5.17	5.54	6.12	6.46	6.85	7.37
P-Valor	0,6811	0,6429	0,8316	0,8776	0,9169	0,9203

Producción total por planta (kg·planta ⁻¹)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	0.67	1.44	2.43	3.44	3.96	4.60	5.11
T4 (CE ↑)	0.68	1.38	2.30	3.28	3.86	4.50	5.10
T5 (BASFOLIAR® foliar)	0.48	1.20	2.08	3.02	3.50	4.22	4.68
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	0.57	1.35	2.28	3.33	3.93	4.51	4.99
P-Valor	0,6613	0,7844	0,6387	0,6984	0,6375	0,7607	0,7363

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Producción total por planta (kg·planta ⁻¹)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	5.42	5.85	6.28	6.63	6.98	7.51
T4 (CE ↑)	5.41	5.82	6.37	6.70	7.05	7.66
T5 (BASFOLIAR® foliar)	4.93	5.21	5.77	6.10	6.45	6.93
T6 (BASFOLIAR® foliar)+CE↑)	5.30	5.75	6.30	6.71	7.08	7.66
P-Valor	0,7201	0,5572	0,7370	0,7468	0,7964	0,7433

La aplicación de los diversos tratamientos en el ciclo de producción no produjo diferencias significativas de acuerdo a la cantidad de Kg de fruto producidos por planta tal como se aprecia en la tabla 4.1.2.

A continuación se presenta la gráfica con la evolución de la producción total por planta.

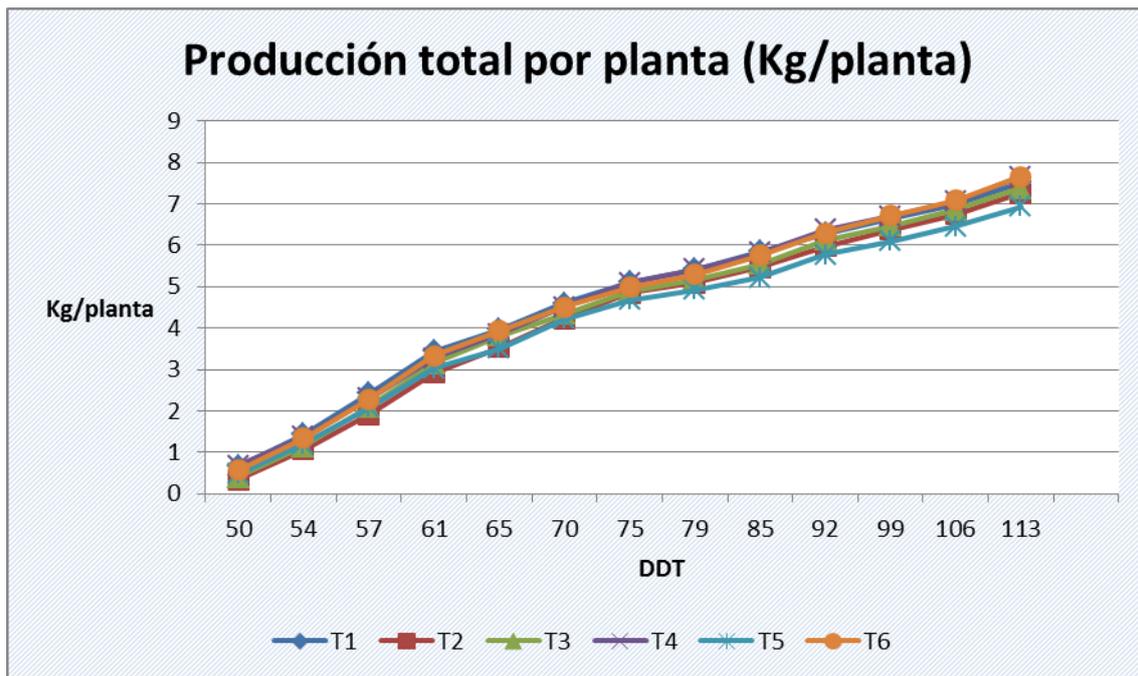


Gráfico 4.1.2. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y BASFOLIAR® kelp foliar sobre la producción total acumulada por planta (kg / planta) en cultivo de pepino cv. Borja.

Aparecen en la gráfica anterior seis curvas de producción muy próximas entre sí, lo que da a entender que no hay diferencias significativas en la productividad de los distintos tratamientos, al igual que se ha comentado en la gráfica de la producción total acumulada por superficie, destacar el buen comportamiento del bioestimulante en condiciones e alta CE.

4.1.3. PRODUCCIÓN COMERCIAL POR UNIDAD DE SUPERFICIE.

El cuadro siguiente muestra los valores de producción comercial por superficie.

Cuadro.4.1.3. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto[®]) y del BASFOLIAR[®] foliar sobre la producción comercial por unidad de superficie ($kg_{com} \cdot m^{-2}$), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%

Producción comercial por superficie ($kg_{com} \cdot m^{-2}$)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	1.03	2.22	3.76	5.36	6.17	7.20	7.97
T2(DMPP)	0.53	1.65	2.96	4.56	5.50	6.61	7.55
T3 (DMPP -25%N)	0.62	1.77	3.27	4.94	5.98	6.71	7.59
P-Valor	0,1362	0,2605	0,2307	0,3753	0,4082	0,4317	0,6940

Producción comercial por superficie ($kg_{com} \cdot m^{-2}$)							
DDS	79	85	92	99	106	113	
T1(testigo)	8.34	8.95	9.53	9.89	10.41	11.22	
T2(DMPP)	7.91	8.46	9.07	9.52	10.05	10.69	
T3 (DMPP -25%N)	7.96	8.45	9.15	9.52	10.05	10.72	
P-Valor	0,7423	0,7092	0,8276	0,8805	0,9054	0,8378	

Producción comercial por superficie ($kg_{com} \cdot m^{-2}$)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	1.03	2.22	3.76	5.36	6.17	7.20	7.97
T4 (CE ↑)	1.03	2.10	3.56	5.12	6.00	6.96	7.91
T5 (BASFOLIAR [®] foliar)	0.72	1.83	3.20	4.67	5.43	6.57	7.27
T6 (BASFOLIAR [®] foliar +CE ↑)	0.87	2.08	3.52	5.19	6.09	6.95	7.65
P-Valor	0,6291	0,7891	0,6267	0,6965	0,6434	0,7906	0,7776

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Producción comercial por superficie (kg_{com}·m⁻²)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	8.34	8.95	9.53	9.89	10.41	11.22
T4 (CE ↑)	8.28	8.84	9.50	9.94	10.40	11.29
T5 (BASFOLIAR® foliar)	7.59	8.01	8.64	8.99	9.51	10.21
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	8.01	8.66	9.37	9.88	10.32	11.17
P-Valor	0,7714	0,6807	0,7654	0,7458	0,8202	0,7658

La evaluación realizada en la utilización del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre la producción comercial acumulada por unidad de superficie proporciona unos datos que nos permiten afirmar que no existen diferencias entre los tratamientos ensayados, por lo tanto no influyen significativamente en la producción comercial del cultivo, siendo similares los datos de producción obtenidos al final del ciclo de cultivo entre los tratamientos entre los que no se aplicó Novatec kioto® y el que sí se aplicó. Aun así, la producción comercial del tratamiento T1 y T4 en los que el abonado aplicado era el convencional aunque con distinta conductividad han obtenido valores de producción ligeramente superiores al T2 y T3, con inhibidor de la nitrificación. Este resultado no implica diferencias significativas entre los distintos tratamientos a evaluar. Al igual que para la producción total acumulada por superficie, los tratamientos T1 y T6 han obtenido una producción ligeramente mayor comparados con el resto de tratamientos, lo que pone de manifiesto la posibilidad de que el uso del bioestimulante sea más adecuado en condiciones de CE elevadas.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

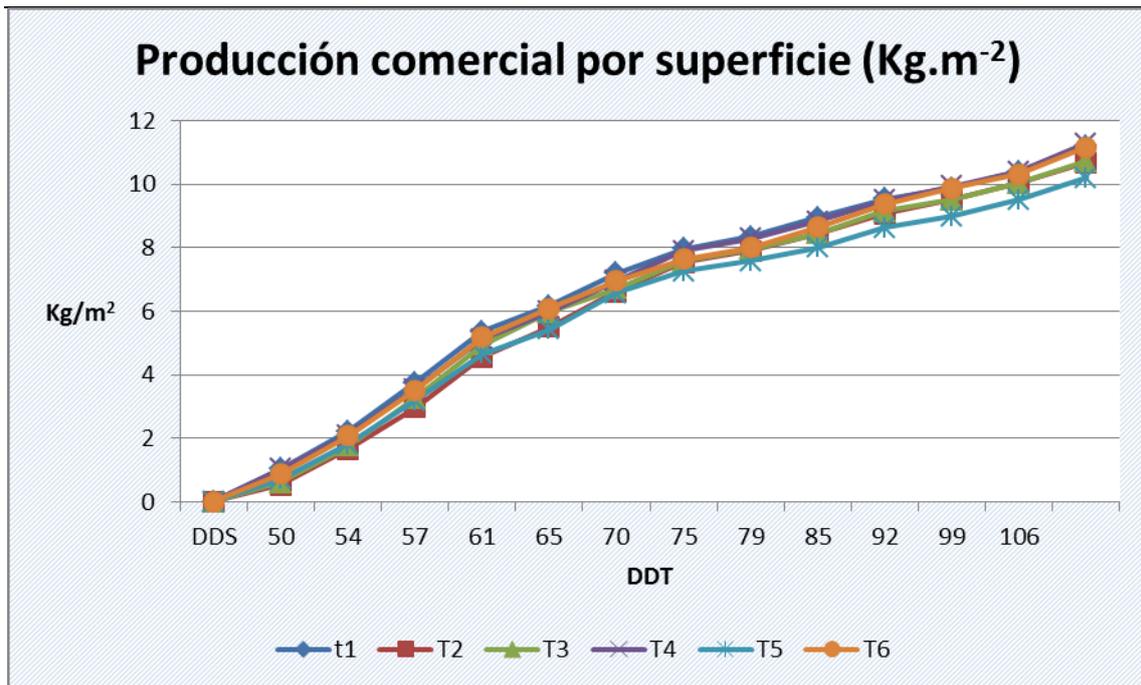


Gráfico 4.1.3. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto[®] y del BASFOLIAR[®] foliar sobre la producción comercial acumulada por unidad de superficie ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) en cultivo de pepino cv. *Borja*.

En el Gráfico 4.1.3. se destaca que los tratamientos T1 y T6 con $11,22 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ y $11,17 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente han reflejado un mínimo incremento productivo con respecto a los otros tratamientos, pero esto no significa que haya una diferencia estadísticamente significativa.

4.1.4. PRODUCCIÓN COMERCIAL POR PLANTA.

En el siguiente cuadro se puede observar como los valores de producción comercial por planta el último día después de la siembra no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Pero, se observó una pequeña variación del tratamiento T1 y T4 respecto a los demás, correspondiéndose estos tratamientos con la fertilización convencional.

Cuadro 4.1.4. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción total por unidad de superficie (kg_{comer}/planta), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Producción comercial por planta (Kg _{comer} /planta)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	0.64	1.39	2.35	3.35	3.86	4.50	4.98
T2(DMPP)	0.33	1.03	1.85	2.85	3.44	4.13	4.72
T3 (DMPP -25%N)	0.39	1.11	2.04	3.09	3.74	4.20	4.74
P-Valor	0,1360	0,2633	0,2320	0,3807	0,4221	0,4400	0,7003

Producción comercial por planta (Kg _{comer} /planta)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	5.21	5.59	5.96	6.18	6.51	7.01
T2(DMPP)	4.94	5.29	5.67	5.95	6.28	6.68
T3 (DMPP -25%N)	4.97	5.28	5.72	5.95	6.28	6.70
P-Valor	0,7370	0,7133	0,8275	0,8790	0,9068	0,8406

Producción comercial por planta (Kg _{comer} /planta)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	0.64	1.39	2.35	3.35	3.86	4.50	4.98
T4 (CE ↑)	0.64	1.31	2.22	3.20	3.75	4.35	4.94
T5 (BASFOLIAR® foliar)	0.45	1.14	2.00	2.92	3.39	4.11	4.54
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	0.54	1.30	2.20	3.24	3.81	4.34	4.78
P-Valor	0,6438	0,7868	0,6287	0,6965	0,6434	0,7925	0,7801

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Producción comercial por planta (Kg _{comer} /planta)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	5.21	5.59	5.96	6.18	6.51	7.01
T4 (CE ↑)	5.18	5.53	5.94	6.21	6.50	7.05
T5 (BASFOLIAR® foliar)	4.74	5.01	5.40	6.62	5.94	6.38
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	5.01	5.41	5.86	6.17	6.45	6.98
P-Valor	0,7714	0,6807	0,7654	0,7458	0,8202	0,7658

La gráfica refleja los kilos de producto comercial cosechado por planta.

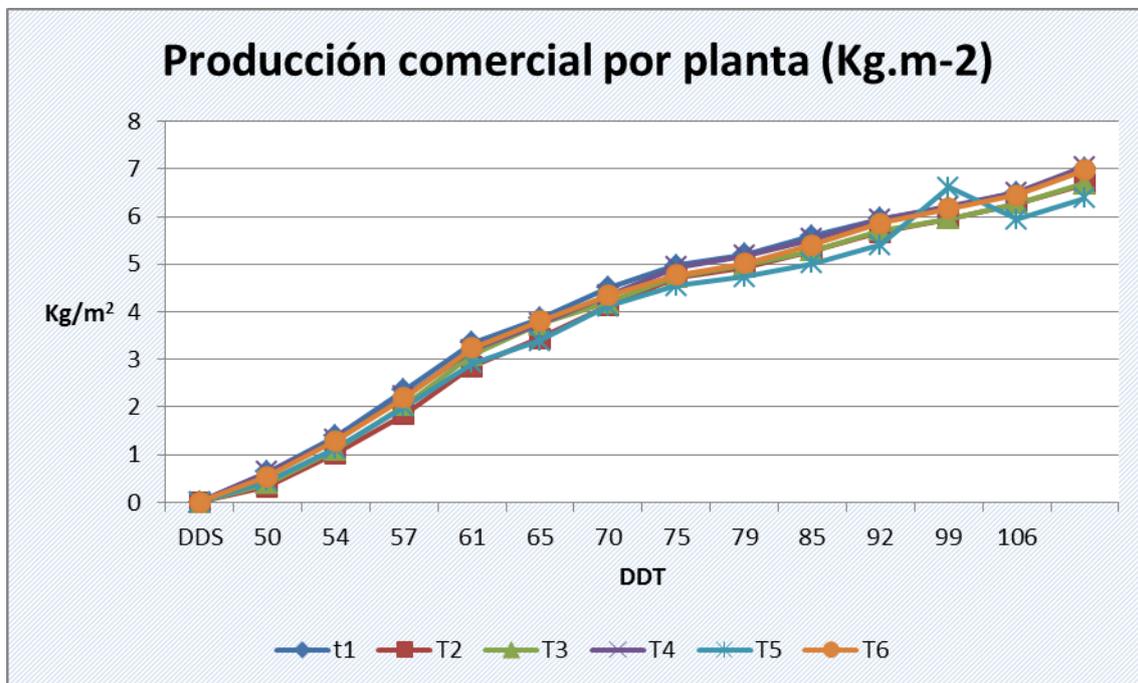


Gráfico 4.1.4. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la producción comercial acumulada por planta (kg / planta) en cultivo de pepino cv. *Borja*.

En el gráfico 4.1.4. se observan seis curvas de producción muy próximas entre sí, lo que da a entender como he dicho anteriormente que no hay diferencias significativas en la productividad de los distintos tratamientos, al igual que se ha comentado en la gráfica de la producción comercial acumulada por superficie, en ésta los tratamiento T1 y T6 siguen siendo los más productivos, pero en este caso existe una pequeña diferencia ya que el T4 tiene una producción comercial acumulada ligeramente mayor que el T6.

4.1.5. NÚMERO DE FRUTOS TOTALES POR UNIDAD DE SUPERFICIE.

En el cuadro que se encuentra a continuación, se muestra el número de frutos totales por superficie. Para el último día de recolección se observa como los tratamientos T1 y T4 con 29,5 y 29,4 frutos · m² respectivamente son los que presentan mayor número de frutos totales por unidad de superficie, mientras que el T5 es el de menor con 27,1 frutos · m² correspondiéndose al tratamiento con BASFOLIAR® foliar en condiciones de CE óptimas.

Cuadro 4.1.5. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos totales por superficie, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

No. Frutos totales por superficie (Frutos/m ²)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	3.2 a	5.7 a	9.1	12.7	15.4	17.6	19.3
T2(DMPP)	1.2 b	3.7 b	7.0	10.7	13.7	16.1	18.2
T3 (DMPP -25%N)	1.4 b	3.8 b	7.1	10.8	13.6	15.3	17.2
P-Valor	0,0346	0,0251	0,0659	0,1759	0,3261	0,3708	0,4886

No. Frutos totales por superficie (Frutos/m ²)							
DDS	79	85	92	99	106	113	
T1(testigo)	20.4	22.1	23.7	25.7	27.2	29.5	
T2(DMPP)	19.2	20.6	22.6	24.4	26.1	28.4	
T3 (DMPP -25%N)	18.3	19.6	21.8	23.5	25.3	27.6	
P-Valor	0,5275	0,4280	0,6591	0,5449	0,7113	0,7383	

No. Frutos totales por superficie (Frutos/m ²)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	3.2 a	5.7 a	9.1	12.7	15.4	17.6	19.3
T4 (CE ↑)	2.4 ab	4.9 ab	8.0	11.5	14.1	16.4	18.4
T5 (BASFOLIAR® foliar)	1.7 b	3.8 b	7.0	10.4	13.1	15.7	17.1
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	2.0 ab	4.6 ab	7.8	11.5	14.2	16.2	17.9
P-Valor	0,1967	0,1125	0,1231	0,3379	0,5581	0,7689	0,7993

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

No. Frutos totales por superficie (Frutos/m ²)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	20.4	22.1	23.7	25.7	27.2	29.5
T4 (CE ↑)	19.5	21.0	23.3	25.1	26.8	29.4
T5 (BASFOLIAR® foliar)	18.1	19.3	21.4	23.2	24.9	27.1
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	19.1	20.7	22.9	25.0	26.9	29.3
P-Valor	0,7980	0,6589	0,8019	0,7814	0,8553	0,8395

Los datos adquiridos durante la evaluación del cultivo muestran que en las condiciones de nuestro ensayo, no hay diferencias significativas en la cantidad de frutos comerciales por unidad de superficie en la producción final. Sin embargo, se observan diferencias significativas durante las primeras dos cosechas para los tratamientos T1, T4 y T6 lo cual nos podría sugerir que los tratamientos con Novatec (T2 y T3) y el tratamiento con BASFOLIAR® foliar para CE óptima (T5) nos pueden retrasar el inicio de la cosecha.

El siguiente gráfico muestra la evolución en el número de frutos totales por superficie.

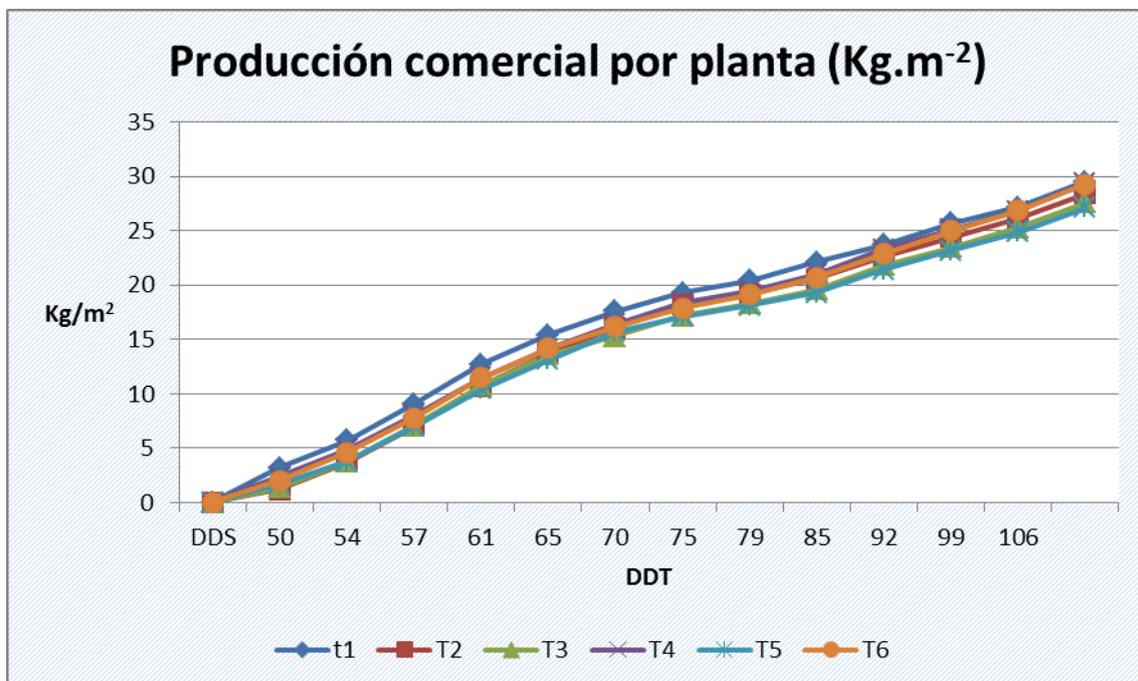


Gráfico 4.1.5. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos totales acumulados por unidad de superficie (N° frutos·m⁻²) en cultivo de pepino cv. *Borja*.

4.1.6. NÚMERO DE FRUTOS TOTALES POR PLANTA.

El siguiente cuadro refleja los frutos totales por planta tomados en los distintos días de recolección.

Cuadro 4.1.6. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos totales por planta, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Número de frutos totales por planta							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	2.0 a	3.5 a	5.7	8.0	9.6	11.0	12.0
T2(DMPP)	0.7 c	2.3 b	4.4	6.7	8.5	10.1	11.4
T3 (DMPP -25%N)	0.9 bc	2.4 b	4.4	6.8	8.5	9.6	10.7
P-Valor	0,0255	0,0287	0,0708	0,1707	0,3202	0,3706	0,5058

Número de frutos totales por planta						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	12.7	13.8	14.8	16.0	17.0	18.4
T2(DMPP)	12.0	12.9	14.1	15.2	16.3	17.8
T3 (DMPP -25%N)	11.4	12.3	13.7	14.7	15.8	17.2
P-Valor	0,5350	0,4209	0,6730	0,5465	0,7178	0,7369

Número de frutos totales por planta							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	2.0 a	3.5 a	5.7	8.0	9.6	11.0	12.0
T4 (CE ↑)	1.5 ab	3.1 ab	5.0	7.2	8.8	10.3	11.5
T5 (BASFOLIAR® foliar)	1.1 bc	2.4 b	4.4	6.5	8.2	9.8	10.7
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	1.3 bc	2.9 ab	4.9	7.2	8.9	10.2	11.2
P-Valor	0,1716	0,1182	0,1231	0,3379	0,5581	0,7688	0,8089

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Número de frutos totales por planta						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	12.7	13.8	14.8	16.0	17.0	18.4
T4 (CE ↑)	12.2	13.1	14.5	15.7	16.7	18.4
T5 (BASFOLIAR® foliar)	11.3	12.0	13.4	14.5	15.6	16.9
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	11.9	12.9	14.3	15.6	16.9	18.3
P-Valor	0,7980	0,6589	0,8019	0,7814	0,8553	0,395

Observando los resultados anteriores se puede decir que no aparecen diferencias estadísticamente significativas para este parámetro entre los distintos tratamientos evaluados al final del ciclo de cultivo. En este caso también se observa el mismo comportamiento de los diversos tratamientos durante las primeras dos cosechas exceptuando al T6 que no muestra diferencia significativa conforme a los demás tratamientos en la primera cosecha, esto nos sugiere al igual que el anterior parámetro que los tratamientos con Novatec Kioto y BASFOLIAR® foliar en condiciones de CE óptima pueden retrasar el inicio del primer corte.

La grafica siguiente muestra la evolución en el número de frutos totales por planta a lo largo de las recolecciones realizadas.

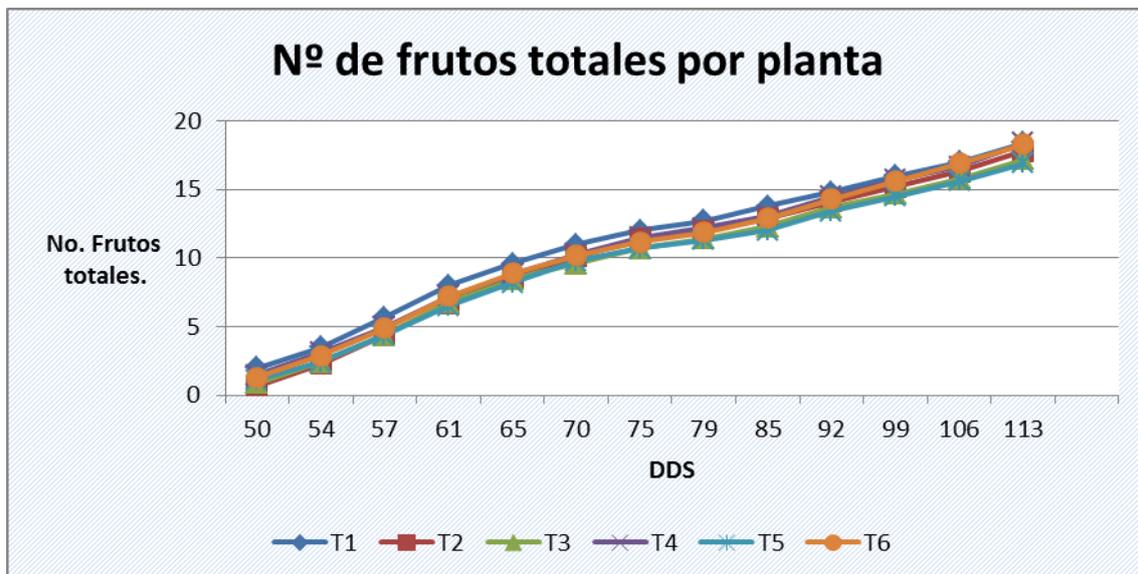


Gráfico 4.1.6. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos totales acumulados por planta (Nº frutos/planta) en cultivo de pepino cv. Borja.

En el gráfico 4.1.6 se observa como todos los tratamientos tienen valores similares de producción en cuanto al número total de frutos obtenidos por planta, oscilando entre 18,4 frutos/planta para los tratamiento testigo con fertilización convencional T1, y 17,2 frutos/planta para el tratamiento T3 (Novatec Kioto 75%) en el último día de recolección, (día 113 después de la siembra) para el uso del inhibidor. Respecto al bioestimulante el de menor valor es el tratamiento T5, siendo éste el tratamiento con BASFOLIAR® foliar y CE optima. No obstante no se muestran diferencias significativas a partir de la segunda cosecha en cuanto a la aplicación del inhibidor de la nitrificación (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar, pudiendo concluir, que la aplicación de estos productos, en este ensayo de pepino, no son significativos en el aumento de la producción final de fruto. Estudios similares llevados a cabo por Estévez, A., (2008) sobre el inhibidor concluyen que en sus experimentos tampoco hallaron diferencias significativas. Las diferencias observadas en las dos primeras cosechas nos pueden sugerir, como se comentó anteriormente, un retraso en la fecha de corte con la aplicación de ambos productos.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

4.1.7. NÚMERO DE FRUTOS COMERCIALES POR UNIDAD DE SUPERFICIE.

Observamos en el siguiente cuadro el número de frutos comerciales por superficie. Todos estos datos se han ido tomando durante los días de recolección del producto.

Cuadro 4.1.7. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos comerciales por unidad de superficie (N° frutos · m⁻²), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Número de frutos comerciales por superficie (Frutos _{comer} /m ²)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	3.0 a	5.4 a	8.6	12.2	14.8	17.0	18.5
T2(DMPP)	1.1 b	3.5 b	6.7	10.4	13.2	15.7	17.6
T3 (DMPP -25%N)	1.2 b	3.5 b	6.7	10.5	13.2	14.7	16.5
P-Valor	0,0310	0,0260	0,0909	0,2339	0,3845	0,3569	0,5358

Número de frutos comerciales por superficie (Frutos _{comer} /m ²)							
DDS	79	85	92	99	106	113	
T1(testigo)	19.5	20.9	22.3	23.4	24.8	27.0	
T2(DMPP)	18.5	19.8	21.3	22.4	23.9	25.7	
T3 (DMPP -25%N)	17.4	18.6	20.5	21.2	22.7	24.4	
P-Valor	0,5561	0,5001	0,6187	0,5977	0,6932	0,6077	

Número de frutos comerciales por superficie (Frutos _{comer} /m ²)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	3.0 a	5.4 a	8.6	12.2	14.8	17.0	18.5
T4 (CE ↑)	2.1 ab	4.5 ab	7.6	11.0	13.5	15.7	17.6
T5 (BASFOLIAR® foliar)	1.5 b	3.6 b	6.6	9.9	12.6	15.1	16.5
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	1.8 b	4.3 ab	7.3	11.0	13.5	15.4	16.9
P-Valor	0,1446	0,1248	0,1183	0,3851	0,5654	0,7605	0,8144

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Producción comercial por planta (Kg_{comer}/planta)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	19.5	20.9	22.3	23.4	24.8	27.0
T4 (CE ↑)	18.5	19.8	21.4	22.8	24.1	26.5
T5 (BASFOLIAR® foliar)	17.3	18.4	19.8	20.9	22.4	24.3
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	17.8	19.3	21.0	22.5	23.8	26.0
P-Valor	0,8049	0,7416	0,7915	0,7667	0,8580	0,8241

En los primeros días de cosecha al igual que ocurre con los parámetros anteriormente analizados los tratamientos T2, T3, T5 y T6 retrasaron el inicio de la cosecha y que a su vez influye en el menor número de frutos comerciales durante los primeros cortes ya que los frutos comerciales aparecen mayoritariamente al inicio de cultivo en lo que se denomina como la “caña”.

Los datos adquiridos durante el ensayo y que se muestran en la tabla 4.1.7., reflejan cómo no se han producido diferencias estadísticamente significativas a partir de la segunda cosecha en cuanto al número de frutos comerciales por unidad de superficie, durante todos los días evaluados. Por lo tanto, la aplicación del inhibidor de la nitrificación con DMPP o del BASFOLIAR® foliar no tiene una tendencia significativa en el aumento de la producción comercial de frutos final. El tratamiento con mayor número de frutos acumulados en el último día de recolección, (d.d.s. 113) se corresponde con el tratamiento T1 (testigo) y el de menor acumulación de frutos comerciales, el T5. (Basfoliar ® Kelp).

A continuación se presenta el gráfico con el número de frutos comerciales por superficie.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

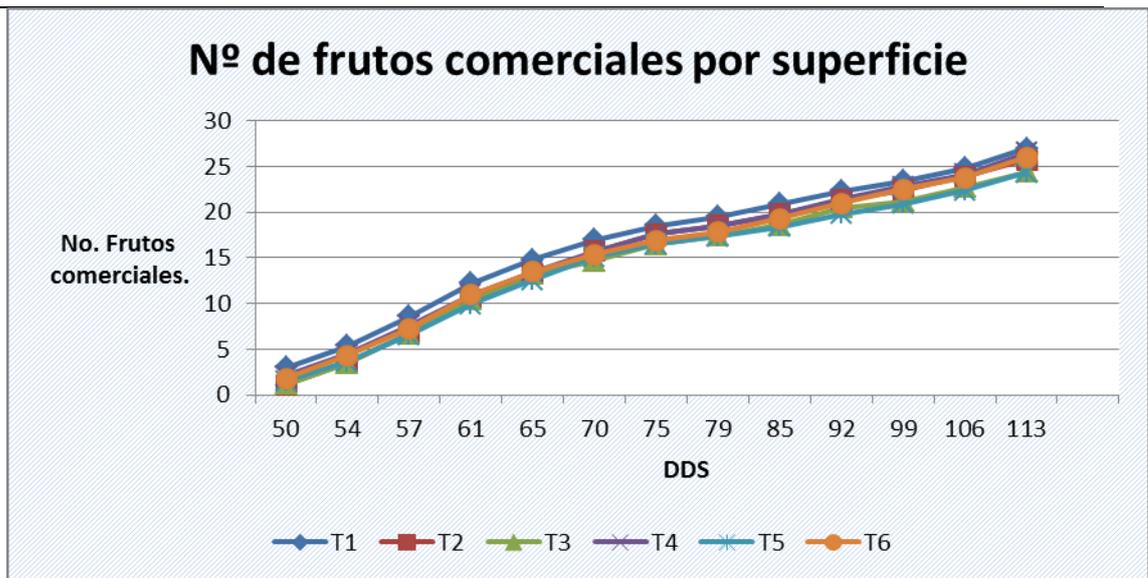


Gráfico 4.1.7 Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos comerciales acumulados por unidad de superficie (N° frutos $\cdot m^{-2}$) en cultivo de pepino cv. Borja.

En este gráfico 4.1.7. cabe destacar que el tratamiento T1 posee una producción acumulada de 27 frutos $\cdot m^{-2}$, a pesar de no ser estadísticamente significativa, si se observa una tendencia que puede ser debida a la conductividad óptima de dicho tratamiento proporcionándole a la planta unas condiciones adecuadas de CE para la fructificación

4.1.8. NÚMERO DE FRUTOS COMERCIALES POR PLANTA.

El cuadro siguiente muestra los resultados obtenidos en los diferentes días de recolección para el parámetro, número de frutos comerciales por planta

Cuadro 4.1.8 Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos comerciales por planta (N° frutos/planta), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Número frutos comerciales por planta (Frutos _{comer} /planta)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	1.9 a	3.4 a	5.4	7.6	9.2	10.6	11.6
T2(DMPP)	0.7 b	2.2 b	4.2	6.5	8.2	9.8	11.0
T3 (DMPP -25%N)	0.8 b	2.2 b	4.2	6.5	8.3	9.2	10.3
P-Valor	0,0308	0,0219	0,0925	0,2382	0,4059	0,3591	0,5386

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Número frutos comerciales por planta (Frutos _{comer} /planta)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	12.2	13.0	13.9	14.6	15.5	16.9
T2(DMPP)	11.6	12.4	13.3	14.0	15.0	16.1
T3 (DMPP -25%N)	10.9	11.6	12.6	13.3	14.2	15.3
P-Valor	0,5676	0,5086	0,6212	0,6060	0,6888	0,6015

Número frutos comerciales por planta (Frutos _{comer} /planta)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	1.9 a	3.4 a	5.4	7.6	9.2	10.6	11.6
T4 (CE ↑)	1.3	2.8	4.7	6.9	8.5	9.8	11.0
T5 (BASFOLIAR® foliar)	1.0	2.2	4.1	6.2	7.9	9.5	10.3
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	1.1	2.6	4.6	6.9	8.4	9.6	10.6
P-Valor	0,1491	0,1191	0,1183	0,3481	0,5654	0,7727	0,8167

Número frutos comerciales por planta (Frutos _{comer} /planta)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	12.2	13.0	13.9	14.6	15.5	16.9
T4 (CE ↑)	11.6	12.4	13.4	14.3	15.1	16.6
T5 (BASFOLIAR® foliar)	10.8	11.5	12.4	13.0	14.0	15.2
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	11.2	12.0	13.1	14.1	14.8	16.2
P-Valor	0,8049	0,7416	0,7915	0,7667	0,8580	0,8241

En el cuadro anterior se puede observar que estos datos son el reflejo del mismo comportamiento en base al número de frutos comerciales por unidad de superficie (frutos comerciales/m²). Los tratamientos T1 y T4 obtuvieron el mayor número de frutos comerciales estadísticamente por m² hasta el segundo corte.

Nos encontramos con unos resultados que no muestran diferencias estadísticamente significativas sobre el número de frutos comerciales acumulados por planta a partir del segundo corte, empleando el fertilizante que incorpora la molécula DMPP y el producto BASFOLIAR® foliar en relación a los tratamientos que sólo se han fertilizado con un abonado convencional. Pero se observó que el tratamiento de

mayor producción de frutos para el último día después de la siembra el tratamiento T1, con 16,9 frutos/planta y el de menor número de frutos comerciales, el tratamiento T5, con 15,2 frutos/planta correspondiéndose éste con el tratamiento en el que se aplicó una conductividad eléctrica óptima y el bioestimulante BASFOLIAR® foliar .

El gráfico siguiente presenta la evolución llevada a cabo en el número de frutos comerciales por planta.

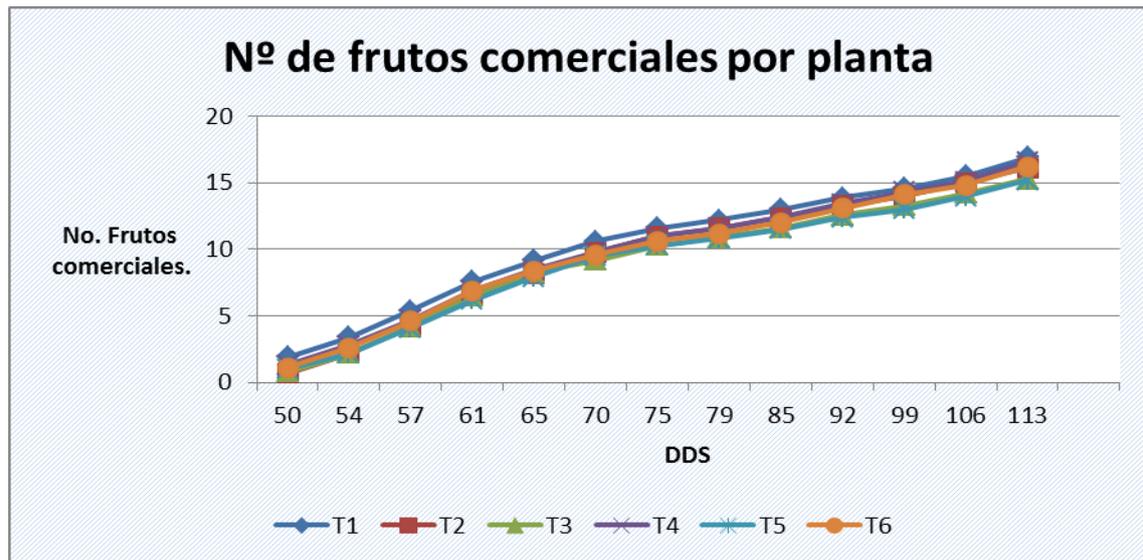


Gráfico 4.1.8. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de frutos comerciales acumulados por planta (Nº frutos/planta) en cultivo de pepino cv. Borja.

En el Gráfico 4.1.8 se ven los diferentes tratamientos estudiados. El T3 Y T5, aunque no existan diferencias significativas, se ve que son los tratamientos con menor número de frutos comerciales por planta correspondiéndose con una fertilización nitrato/amonio más inhibitor de la nitrificación menos el 25% de aporte de N y con una fertilización convencional más el uso de BASFOLIAR® foliar respectivamente. Por lo tanto al no mostrar diferencias significativas para estos parámetros se puede concluir que la aplicación de estos productos para este ensayo en concreto, no aumentan la producción de fruto comercial final.

4.1.9. PESO MEDIO COMERCIAL DEL FRUTO.

El cuadro que se muestra a continuación refleja los datos obtenidos del peso medio del fruto a lo largo de las recolecciones realizadas durante el ciclo de cultivo.

Cuadro 4.1.9. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el peso medio del fruto (g), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Peso medio del fruto (g)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	370	503	463	440	313	473	477
T2(DMPP)	443	467	410	443	323	457	483
T3 (DMPP -25%N)	483	490	457	450	390	473	497
P-Valor	0,4853	0,4080	0,1569	0,8828	0,1628	0,7901	0,7366

Peso medio del fruto (g)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	437	413	427	290	360 a	373
T2(DMPP)	413	427	397	373	337 abc	353
T3 (DMPP -25%N)	410	433	433	320	343 ab	363
P-Valor	0,5787	0,6481	0,7455	0,1699	0,2608	0,4851

Peso medio del fruto (g)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	370	503	463	440	313	473	477
T4 (CE ↑)	453	437	483	453	363	453	483
T5 (BASFOLIAR® foliar)	463	527	453	437	290	460	497
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	460	477	470	453	367	440	463
P-Valor	0,6056	0,2677	0,6435	0,9451	0,3723	0,7228	0,4792

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Peso medio del fruto (g)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	437	413	427	290	360 a	373
T4 (CE ↑)	427	433	390	293	333 abc	377
T5 (BASFOLIAR® foliar)	390	403	410	300	320 bc	353
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	433	457	400	303	307 c	390
P-Valor	0,3858	0,2591	0,5169	0,9556	0,0426	0,7658

Según los resultados anteriores, no se aprecian diferencias del peso medio del fruto a lo largo del ciclo. Éste oscila entre los 290 gramos (99 d.d.s.) para el tratamiento T1 y los 527 gramos que pesó de media el fruto de este mismo tratamiento T5 el (54 d.d.s.). Por tanto no existe una relación directa entre las distintas estrategias de fertilización y las diferencias encontradas en los resultados.

Se presenta a continuación el gráfico del peso de medio del fruto.

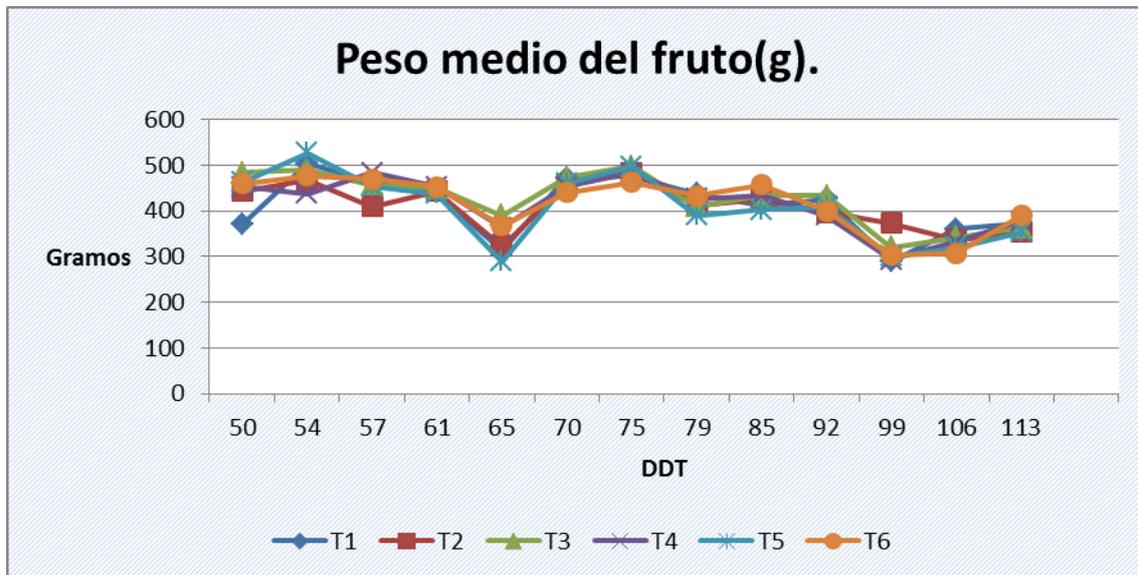


Gráfico 4.1.9. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el peso medio del fruto (g) en cultivo de pepino cv. *Borja*

En el gráfico anterior se observa que todos los tratamientos comienzan con un peso medio de fruto alto, ya que al ser la primera cosecha, los frutos alcanzan un mayor tamaño, a medida que se realizan más recolecciones el peso medio del fruto va descendiendo, posiblemente debido a la frecuencia con la que se realizan las cosechas.

A mitad de ciclo se va ampliando el margen de recolección a un mayor número de días, debido a la escasez de fruto, de ahí la tendencia al aumento en el peso medio del fruto para la recolección del día 75 después de la siembra. A partir de este día hay una serie de oscilaciones en la gráfica, acabando todos los tratamientos al final del ciclo de cultivo con un peso medio de fruto muy aproximado entre sí y observándose que no existen diferencias significativas entre ellos.

4.1.10. COEFICIENTE DE FORMA.

Los resultados del coeficiente de forma (longitud total del fruto/diámetro central del fruto) obtenidos de la comparación entre los distintos tratamientos evaluados en el ensayo, se muestran en la siguiente tabla y en el cuadro 4.1.10.

Cuadro 4.1.10. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el coeficiente de forma (l/d), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Coeficiente de forma (L/D) del fruto							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	7.53	6.70	6.30	6.13	6.43	6.33	6.53
T2(DMPP)	7.27	6.77	6.30	6.13	6.27	6.33	6.47
T3 (DMPP -25%N)	7.37	6.63	6.23	6.17	6.33	6.40	6.70
P-Valor	0,7198	0,7228	0,9125	0,9595	0,4953	0,9085	0,3596

Coeficiente de forma (L/D) del fruto							
DDS	79	85	92	99	106	113	
T1(testigo)	6.73	7.37	7.67	7.37	7.20	6.83	
T2(DMPP)	6.87	7.27	7.77	7.57	7.23	7.13	
T3 (DMPP -25%N)	7.27	7.37	7.33	7.63	7.03	6.97	
P-Valor	0,4249	0,9063	0,1678	0,2259	0,6917	0,5620	

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Coeficiente de forma (L/D) del fruto							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	7.53	6.70	6.30	6.13	6.43a	6.33	6.53
T4 (CE ↑)	7.27	6.73	6.27	6.17	6.37a	6.37	6.70
T5 (BASFOLIAR® foliar)	7.07	6.77	6.20	6.30	6.23b	6.37	6.83
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	7.23	6.70	6.27	6.37	6.33ab	6.47	6.87
P-Valor	0,6268	0,9932	0,9914	0,5836	0,0424	0,9209	0,3010

Coeficiente de forma (L/D) del fruto						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	6.73	7.37	7.67	7.37	7.20	6.83
T4 (CE ↑)	6.93	7.40	7.40	7.57	7.03	6.77
T5 (BASFOLIAR® foliar)	7.03	7.30	7.33	7.43	7.17	6.83
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	7.20	7.43	7.23	7.33	7.23	6.87
P-Valor	0,5490	0,9132	0,2210	0,4916	0,7718	0,9668

Analizando los resultados obtenidos, se puede comprobar que no existen diferencias estadísticamente significativas sobre el coeficiente de forma en todos los días evaluados.

El siguiente gráfico muestra los datos del coeficiente de forma, (longitud/diámetro).

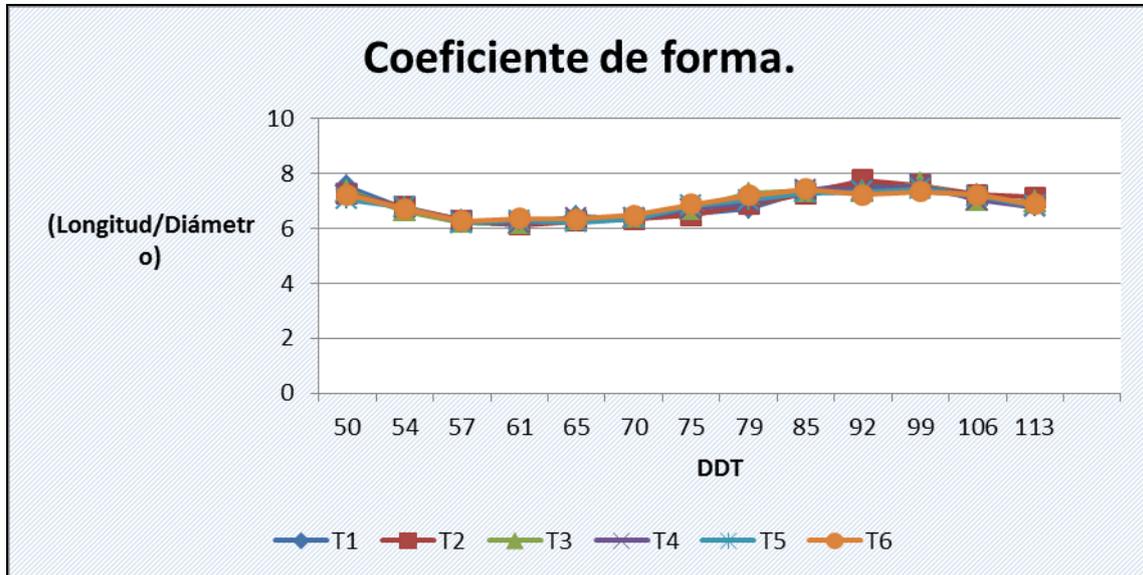


Gráfico 4.1.10. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el coeficiente de forma (l/d) en cultivo de pepino cv. Borja.

En el gráfico se observa como todos los tratamientos evaluados tienen una tendencia similar a lo largo del ciclo de cultivo. En definitiva, la representación de los datos obtenidos para este parámetro según los distintos tratamientos, confirman que la aplicación del inhibidor de la nitrificación con DMPP y del BASFOLIAR® foliar no marcan diferencias estadísticamente significativas en cuanto al parámetro evaluado.

4.1.11. LONGITUD MEDIA DEL FRUTO.

El cuadro 4.1.11 muestra las mínimas diferencias que experimenta este parámetro a lo largo de los días de corte evaluados. Se muestran por tanto a continuación los datos de la longitud media del fruto de pepino.

Cuadro 4.1.11. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre la longitud media (mm), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Longitud media del fruto (mm)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	331	320	302	296	300	305	320
T2(DMPP)	329	318	306	289	287	300	321
T3 (DMPP -25%N)	329	314	302	298	290	303	333
P-Valor	0,9146	0,7124	0,7851	0,4157	0,0764	0,8578	0,2611

Longitud media del fruto (mm)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	308	340	336	306	304	306
T2(DMPP)	305	332	328	318	308	299
T3 (DMPP -25%N)	317	327	331	318	303	301
P-Valor	0,7384	0,5995	0,6966	0,6202	0,8863	0,7297

Longitud media del fruto (mm)							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	331	320	302	296	300	305	320
T4 (CE ↑)	332	316	306	297	289	292	323
T5 (BASFOLIAR® foliar)	320	324	297	297	285	298	332
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	320	319	306	303	286	309	325
P-Valor	0,7431	0,7027	0,6963	0,8035	0,0603	0,3174	0,7116

Longitud media del fruto (mm)						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	308	340	336	306	304	306
T4 (CE ↑)	316	331	323	310	298	289
T5 (BASFOLIAR® foliar)	310	328	325	308	303	309
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	323	331	324	310	309	303
P-Valor	0,7740	0,6451	0,5502	0,9807	0,8132	0,1496

Al igual que en el análisis de los parámetros anteriores, nos encontramos ante resultados que nos dan a conocer que no existen diferencias estadísticamente significativas sobre la longitud media del fruto entre los distintos tratamientos evaluados durante el ciclo de cultivo.

A continuación se presenta el gráfico de la longitud media del fruto.

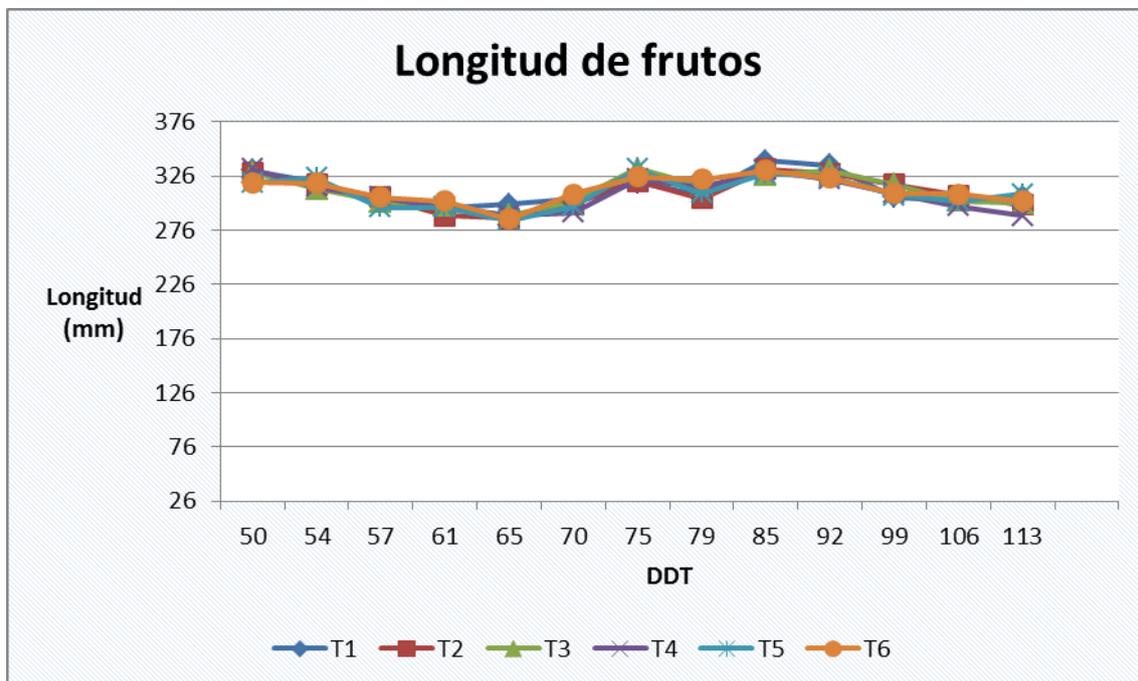


Gráfico 4.1.11. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la longitud media del fruto (mm) en cultivo de pepino cv. *Borja*.

En el gráfico 4.4.11 se puede observar como los valores de longitud media de fruto son mayores en el primer día de recolección y van disminuyendo paulatinamente

hasta alcanzar un mínimo el día 65 después de la siembra, luego hay una recuperación paulatina hasta el día 75 d.d.s., seguidamente el tamaño del fruto sufre oscilaciones hasta que se estabiliza en una longitud media que oscila aproximadamente entre 326mm para todos los tratamientos en general hasta el día 92 d.d.s. que comienza a bajar de nuevo, esto puede ser debido a la reducción del tiempo entre un corte y el siguiente. Evaluando el promedio de las longitudes de fruto para todos los días de recolección, obtenemos como resultado que no hay diferencias estadísticamente significativas para este parámetro, por lo tanto para la longitud media del fruto ninguno de los tratamientos realizados ha mostrado diferencias con respecto a los demás.

4.1.12. DIÁMETRO MEDIO DEL FRUTO.

El cuadro y el gráfico.1.12. muestran la evolución que realiza el diámetro medio del fruto (cm) para los distintos tratamientos a lo largo del ciclo de cultivo, aplicando por un lado el fertilizante con el inhibidor de la nitrificación (Novatec Kioto®) y por otro los fertilizantes habitualmente utilizados en la fertirrigación, además del tratamiento foliar del bioestimulante compuesto por *Ecklonia maxima* (BASFOLIAR® foliar).

Cuadro 4.1.12. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el diámetro del fruto (cm), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Diámetro del fruto							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	4,4	4,77	4,8	4,83	4,67	4,83	4,9
T2(DMPP)	4,53	4,7	4,87	4,73	4,57	4,73	4,97
T3 (DMPP -25%N)	4,5	4,73	4,87	4,83	4,6	4,73	4,97
P-Valor	0,7633	0,7023	0,7095	0,6297	0,6799	0,8007	0,7973

Diámetro del fruto						
DDS	79	85	92	99	106	113
T1(testigo)	4,6	4,63	4,4	4,17	4,23	4,47ab
T2(DMPP)	4,47	4,57	4,23	4,23	4,27	4,2d
T3 (DMPP -25%N)	4,4	4,43	4,53	4,17	4,3	4,33bcd
P-Valor	0,1384	0,1708	0,2531	0,9211	0,7023	0,1016

Diámetro del fruto							
DDS	50	54	57	61	65	70	75
T1(testigo)	4,4	4,77	4,8	4,83	4,67	4,83	4,9
T4 (CE ↑)	4,57	4,7	4,9	4,83	4,53	4,63	4,83
T5 (BASFOLIAR® foliar)	4,53	4,8	4,8	4,73	4,6	4,73	4,87
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	4,47	4,77	4,9	4,77	4,53	4,77	4,77
P-Valor	0,6163	0,8417	0,8935	0,7509	0,1388	0,7605	0,7643

Diámetro del fruto							
DDS	79	85	92	99	106	113	
T1(testigo)	4,6	4,63	4,4	4,17	4,23	4,47a	
T4 (CE ↑)	4,57	4,47	4,37	4,1	4,27	4,27cd	
T5 (BASFOLIAR® foliar)	4,4	4,5	4,43	4,17	4,23	4,53a	
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	4,5	4,47	4,47	4,23	4,26	4,4abc	
P-Valor	0,3696	0,5495	0,8400	0,9318	0,9852	0,0279	

Se aprecia en la tabla anterior como los valores más altos de diámetro de fruto durante la realización del ensayo se corresponden a los días de corte a la mitad de ciclo de cultivo, concretamente con el día 75 después de la siembra por el mismo motivo comentado en el parámetro longitud del fruto.

Observando la gráfica siguiente se puede deducir que las oscilaciones de diámetro son prácticamente muy parecidas en todos los tratamientos evaluados, ya que las curvas son similares a lo largo del periodo de estudio.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

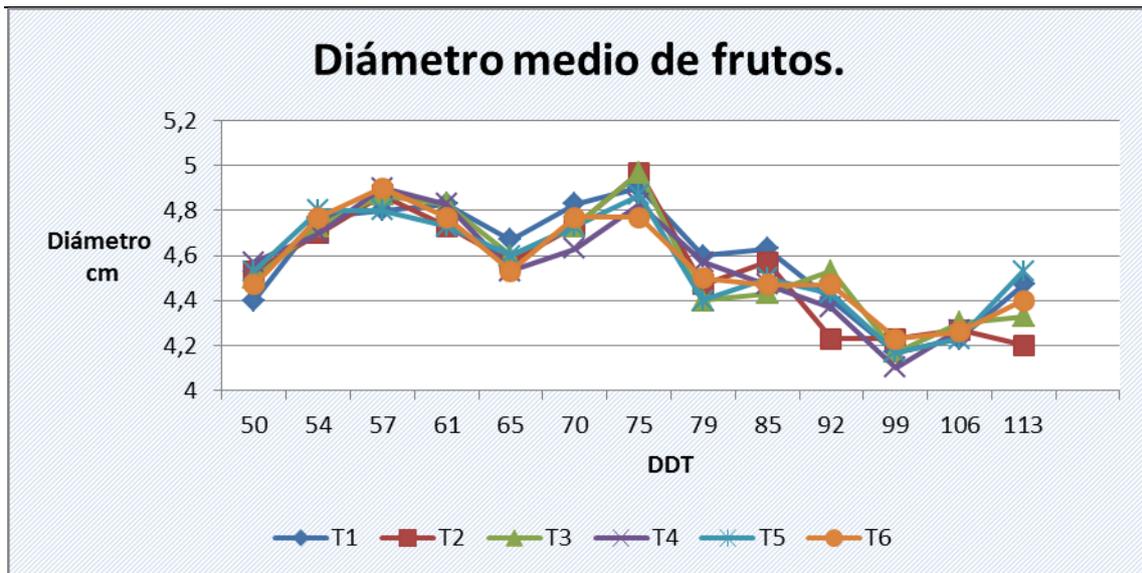


Gráfico 4.1.1. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto[®] y del BASFOLIAR[®] foliar sobre el diámetro medio del fruto (mm) en cultivo de pepino cv. *Borja*.

Se puede afirmar que para una evaluación global de los datos obtenidos en el ensayo, no existen diferencias significativas entre los tratamientos, avalados por los resultados estadísticos salvo para el último día de corte, ya que al final del ciclo se recolectaba con menor frecuencia.

4.2. ANÁLISIS QUÍMICO INTERNO.

4.2.1. CONTENIDO DE NITRÓGENO TOTAL [N] (%) Y NITRATOS [NO₃⁻] EN FRUTO.

El cuadro 4.2.1. muestra el contenido de nitrógeno total (%) y de NO₃⁻ (ppm) en el fruto de pepino.

Cuadro 5.1.1. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto[®]) y del BASFOLIAR[®] foliar sobre el contenido en nitrógeno total [N] (%) y nitratos [NO₃⁻] (ppm), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

	Nitrógeno total (%)	Nitratos mg/kg
T1(testigo)	0.12	192.69
T2(DMPP)	0.14	162.45
T3 (DMPP -25%N)	0.12	167.13

	Nitrógeno total (%)	Nitratos mg/kg
T1(testigo)	0.12	192.69
T4 (CE ↑)	0.11	223.05
T5 (BASFOLIAR[®] foliar)	0.11	241.95
T6 (BASFOLIAR[®] foliar +CE ↑)	0.10	220.55

Como podemos observar en el cuadro 5.1.1, el contenido de nitrógeno total (%) y de NO₃⁻ (ppm) en el fruto de pepino para todos los tratamientos evaluados en el ensayo, no muestran diferencias considerables, oscilando los valores de nitrógeno total en fruto entre 0,10 (%) para el tratamiento T6 y 0,14 (%) para el tratamiento T2, lo cual es lógico ya que en el T2 se ha aplicado el inhibidor de la nitrificación y en T6 no. Del mismo modo el contenido de NO₃⁻ en el fruto oscila entre 162,45 mg/Kg para el tratamiento T2 que es el tratamiento en el cual se ensayó el inhibidor de la nitrificación (Novatec Kioto[®]) y el tratamiento T5 con 241,95 mg/Kg que es el tratamiento en el que se aplicó una fertilización convencional y aplicación de bioestimulante.

En el gráfico 4.2.1. se observa como el contenido de nitrógeno es mayor para el tratamiento T2 que para el T1, esto puede deberse a que al aplicar Novatec Kioto® en el tratamiento T2, el nitrógeno puede permanecer más tiempo en forma de NH_4^+ en el suelo y por tanto ser tomado por la planta durante un mayor periodo de tiempo. Al encontrarse más tiempo disponible, su acumulación en el fruto puede ser mayor que utilizando tratamientos con una fertilización habitual, la cual no está regulada por ningún mecanismo y se encuentra menos tiempo disponible en el suelo.

El incremento de la absorción de amonio por la planta produce modificaciones a nivel metabólico, algunas de ellas se centran en la reducción del NO_3^- en hojas y frutos. Como puede observarse en la figura 4.2.1, el contenido de nitratos es menor para el tratamiento T2 y T3, que llevan ambos el inhibidor de la nitrificación (Novatec Kioto®), que para el resto de tratamientos ensayados, los cuales han sido realizados aplicando un abonado convencional.

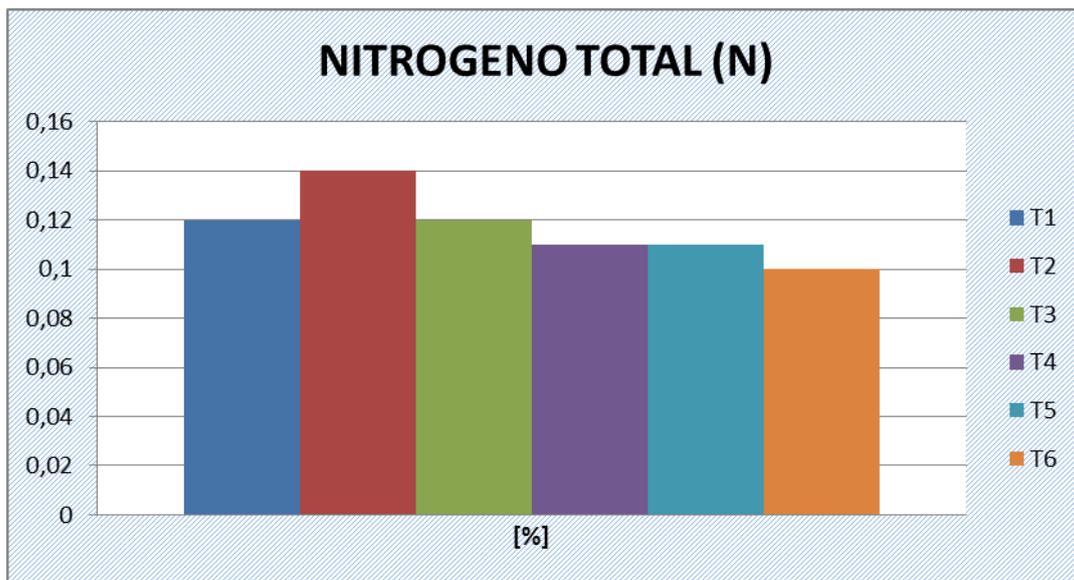


Gráfico 4.2.1. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido de nitrógeno total [%] en fruto de pepino cv. Borja.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

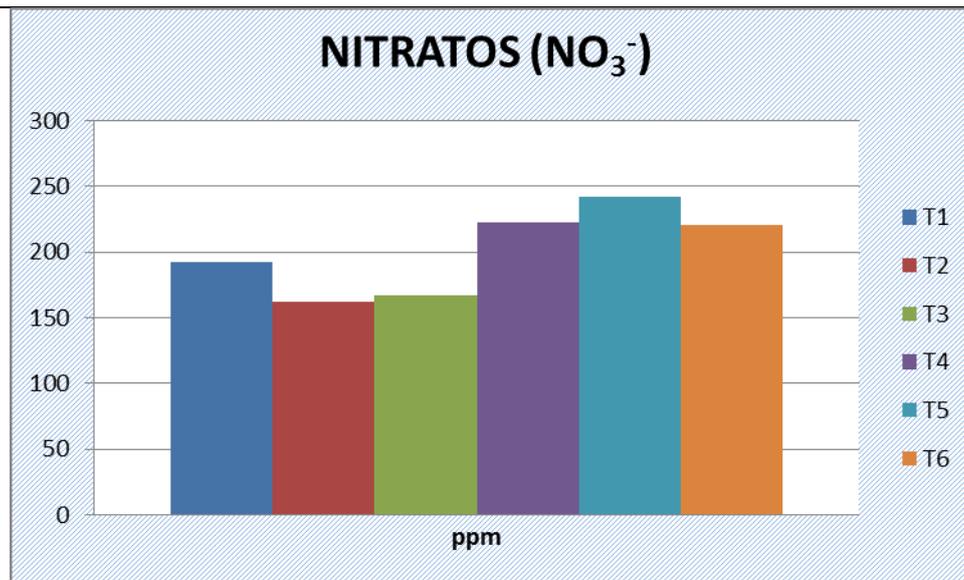


Gráfico 4.2.2. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido de nitratos (ppm) en fruto de pepino cv. *Borja*.

4.2.2. CONTENIDO DE P, Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺ Y Cl⁻ EN FRUTO.

El cuadro que se encuentra a continuación muestra la acumulación de iones calcio, potasio, magnesio, sodio y cloruro en frutos de pepino según los distintos tratamientos estudiados.

Cuadro 4.2.2. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺, Na⁺ y Cl⁻, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

	Calcio mg/kg	Potasio mg/kg	Magnesio mg/kg	Sodio mg/kg	Cloruro mg/kg
T1(testigo)	116.10	1210.37	147.53	252.81	223.22
T2(DMPP)	96.44	1261.27	131.68	181.14	241.93
T3 (DMPP -25%N)	90.76	906.34	149.83	237.26	267.26

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

	Calcio mg/kg	Potasio mg/kg	Magnesio mg/kg	Sodio mg/kg	Cloruro mg/kg
T1(testigo)	116.10	1210.37	147.53	252.81	223.22
T4 (CE ↑)	136.78	1247.57	175.78	208.58	235.27
T5 (BASFOLIAR® foliar)	120.22	1257.97	178.35	226.52	231.25
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	106.24	1216.9	181.47	194.23	221.13

Viendo los resultados, respecto a los iones calcio y sodio no se produjeron diferencias muy considerables, el tratamiento T4 es el de mayor contenido en Ca^{2+} con 136,78 mg/Kg y el T3 el de menor contenido con 90,76 mg/Kg. El ión sodio se encuentra en mayor proporción en el tratamiento T1 y en menor en el T2, teniendo ambos tratamientos una CE óptima.

Respecto al contenido en cloruros, tampoco existen diferencias significativas.

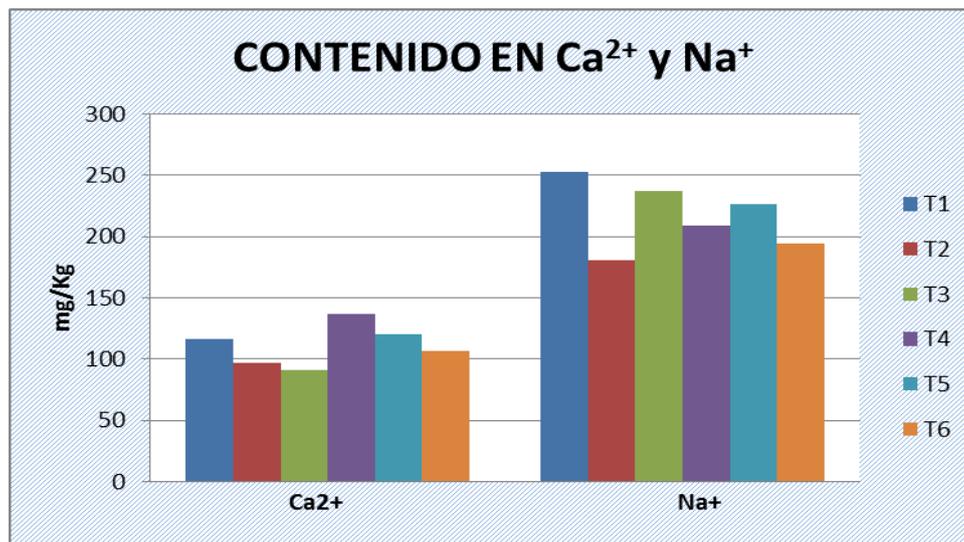


Gráfico 4.2.3. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de Ca^{2+} y Na^{+} en el fruto de pepino cv. *Borja*.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

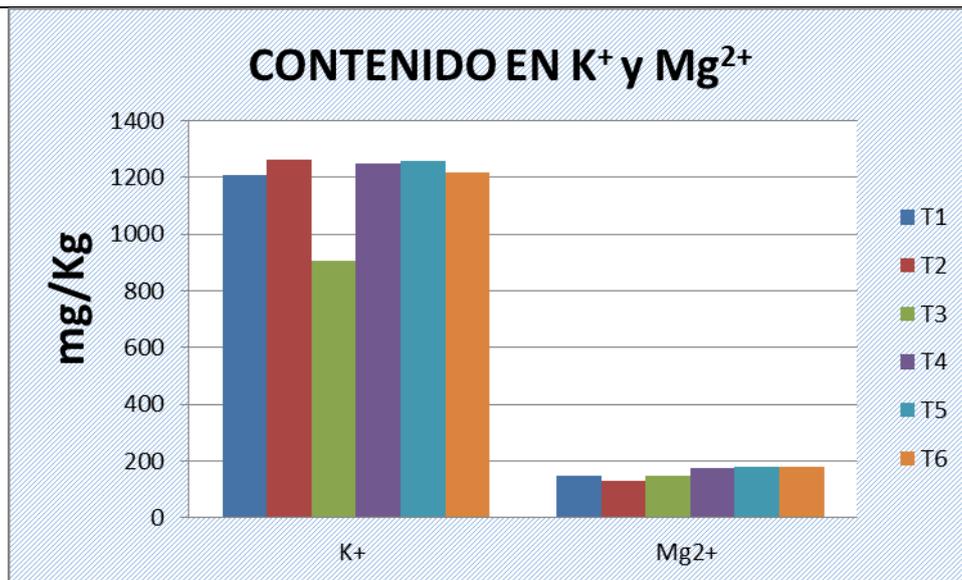


Gráfico 4.2.4. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto[®] sobre el contenido de K⁺ y Mg²⁺ en el fruto de pepino cv. Borja.

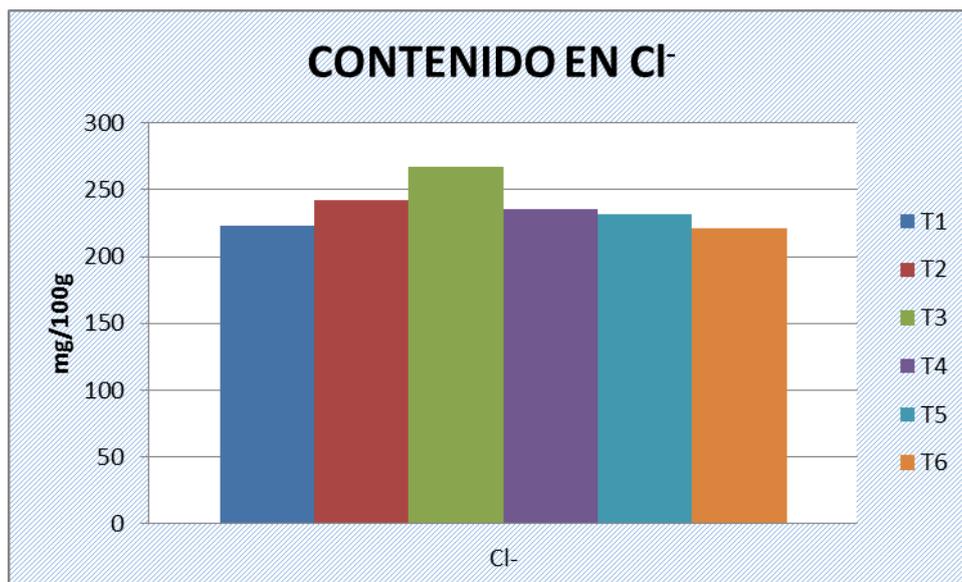


Gráfico 4.2.5. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto[®] sobre el contenido de Cl⁻ en el fruto de pepino cv. Borja.

La utilización de los inhibidores de la nitrificación causa una disminución del pH en el área radicular, que según los casos puede significar incrementos de absorción de P y mayores disponibilidades de micronutrientes, además de haber una mejor absorción de Na⁺, Ca²⁺, K⁺ y Mg²⁺. Con los gráficos de barras que se muestran en las figuras 4.2.3., 4.2.4. y 4.2.5. no se puede afirmar que la reflexión anterior se dé al 100% en nuestro estudio, ya que la acumulación de los iones señalados anteriormente en frutos, no se encuentran en el mayor contenido en los tratamiento T2 y T3, que posee el

inhibidor de la nitrificación, en comparación con el resto de tratamientos que no lo poseen, sólo para el Cl^- y el K^+ , se ve que el T2 y T3 son los tratamientos con mayor acumulación.

Los tratamientos con *BASFOLIAR® foliar*, al igual que los que contiene DMPP, no muestran diferencias destacables para estos iones.

4.2.3. CONTENIDO DE OXALATOS Y VITAMINA C EN FRUTO.

A continuación se presenta el cuadro con el contenido de oxalatos (ppm) y vitamina C (mg/100g) en frutos.

Cuadro 4.2.6. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido en oxalatos (ppm) y vitamina C (mg/100g), valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

	Oxalatos mg/kg	Vitamina C (Ac. Ascórbico) mg/100 g
T1(testigo)	18.17	7.85
T2(DMPP)	17.04	11.76
T3 (DMPP -25%N)	18.63	7.93

	Oxalatos mg/kg	Vitamina C (Ac. Ascórbico) mg/100 g
T1(testigo)	18.17	7.85
T4 (CE ↑)	18.17	8.94
T5 (BASFOLIAR® foliar)	19.65	11.47
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	15.37	8.42

Analizando el cuadro 4.2.6., observamos que el oxalato tiene un nivel similar en los distintos tratamientos aplicados. Respecto a la vitamina C vemos como sí se aprecian mayores diferencias en comparación con los valores entre los distintos tratamientos. Obteniendo los mayores valores de vitamina C para los tratamientos T2 y T5.

Los siguientes gráficos nos muestran el contenido de oxalatos y vitamina C de los frutos.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

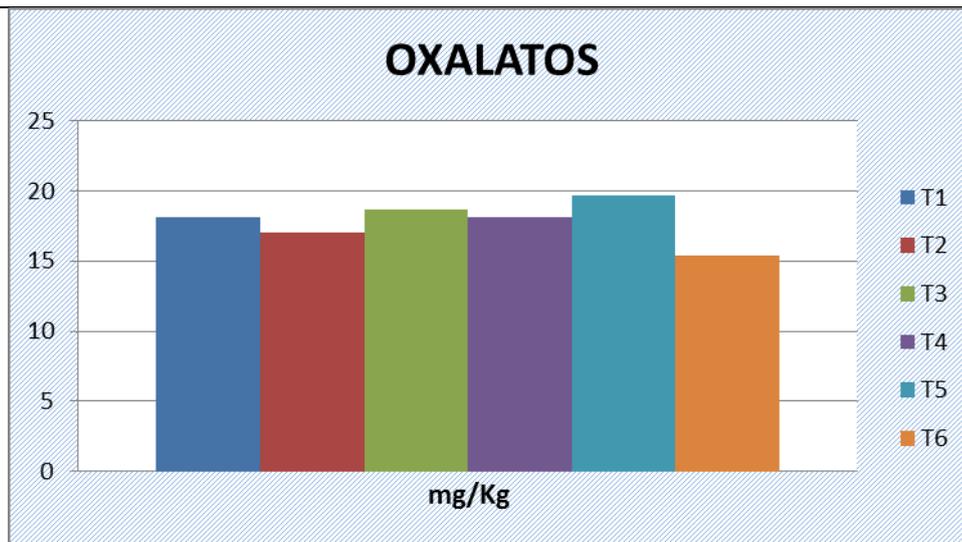


Gráfico 4.2.6. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y de BASFOLIAR® foliar sobre el contenido de oxalatos (ppm) en fruto de pepino cv. Borja.

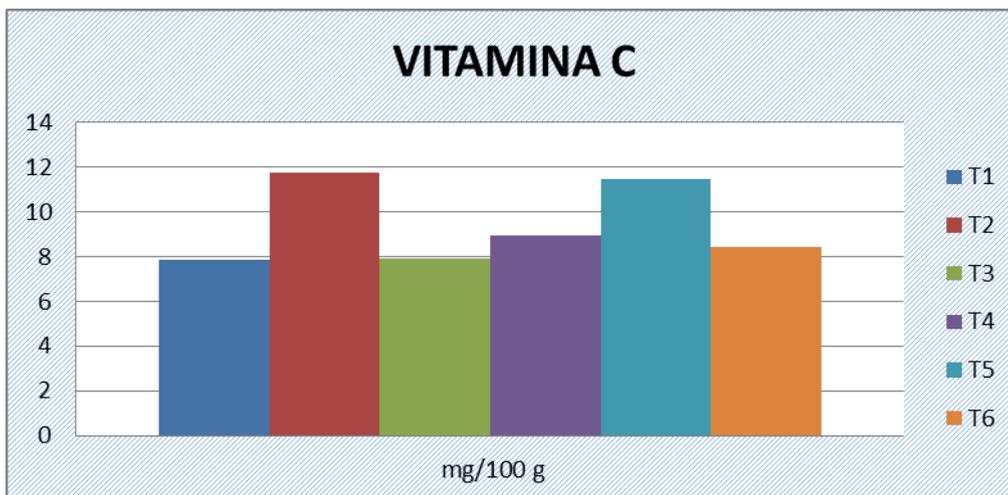


Gráfico 4.2.7. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el contenido de vitamina C (ppm) en fruto de pepino cv. Borja.

La gráfica 4.2.6 refleja que el mayor contenido de oxalatos en frutos se encuentra en el tratamiento T5, con 19,65mg/ Kg, este tratamiento además de ser fertilizado con un abonado convencional posee una conductividad eléctrica óptima y una aplicación cada cierto tiempo de BASFOLIAR® foliar. La toxicidad del oxalato en humanos resulta de la formación de cristales insolubles de oxalato cálcico en el tracto urinario y que finalmente se forman depósitos en el parénquima que lesionan el riñón y llevan a insuficiencia renal terminal, la cual puede condicionar el depósito de oxalato cálcico en otros tejidos dando lugar a oxalosis sistémica. Los oxalatos también influyen

en absorción de hierro. En este análisis de frutos respecto a este parámetro se puede concluir diciéndose que existen diferencias estadísticas.

Destacar que los tratamientos T1 y T4 ambos con una fertilización convencional, presentan la misma cantidad de oxalatos con un valor de 18,17mg/ Kg siendo indiferente para este parámetro las diferentes conductividades eléctricas.

Respecto a la acumulación de vitamina C en los frutos, sí existen mayores diferencias entre los tratamientos ensayados. Los tratamientos con mayor contenido en vitamina C son T2 y T5 con 11,76 y 11,47 mg/ 100g respectivamente. El tratamiento T2 se corresponde con una fertilización nitrato/ amonio más inhibidor de la nitrificación y con un CE óptima, en cambio el T5 se trata de una fertilización convencional más la aplicación de bioestimulante y de CE óptima al igual que T2.

Por lo tanto podríamos decir que tanto el uso del DMPP como del *BASFOLIAR® foliar* en condiciones de CE óptima pueden provocar un incremento en el contenido de vitamina C. La vitamina C (ácido ascórbico) es un nutriente esencial para la dieta del hombre. El hombre, a diferencia de otros mamíferos, es una especie dependiente de fuentes exógenas de esta vitamina porque carecen de la última enzima en la biosíntesis del ácido ascórbico a partir de la glucosa. Su principal función es como agente reductor en diferentes reacciones en el metabolismo del colágeno. (Basabe, B., 2000). Además la Vitamina C incrementa la biodisponibilidad del hierro presente en alimentos fortificados, previniendo la formación de hidróxido férrico insoluble. (González, R., 2005)

El incremento de la absorción de NH_4^+ por la planta, produce modificaciones a nivel metabólico, algunas de ellas se centran en la reducción del NO_3^- en hojas y frutos, lo que puede conllevar una reducción de ácidos orgánicos como el oxalato y un incremento de antioxidantes como la vitamina C. Estos efectos están bien estudiados en condiciones de hidroponía pero muy poco en condiciones reales de producción. Casar, C., (2009). El ensayo ha sido realizado en condiciones reales de producción, así que observando la tabla de los oxalatos se ve que la cantidad de éstos en los frutos para el tratamiento T2, que es el que contiene el inhibidor de la nitrificación, posee un menor contenido de oxalatos, con 17,04 mg/ Kg, cumpliéndose lo comentado anteriormente, aunque habría que matizar ya que en tratamiento T3 con menos el 25% del aporte de N no se cumple, por lo que además del uso del inhibidor puede influir el aporte de N.

El contenido de vitamina C en frutos para el tratamiento T2, es el de mayor cantidad como se dijo al principio, pero en el caso del T3 es el segundo de menor contenido en vitamina C, con 7,93 mg/100g, por lo que para este caso no se cumple conforme a las condiciones de hidroponía citadas por Casar, C., (2009) por lo que al igual que para los oxalatos depende del aporte de N.

4.3. ANÁLISIS DE SUELOS.

4.3.1. AMONIO $[NH_4^+]$ Y NITRATOS $[NO_3^-]$ EN SUELO.

A continuación se presenta el cuadro con el contenido de amonio y nitratos en los diferentes días de toma de muestras de suelo a la profundidad de (0-15cm).

Cuadro 4.3.1. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto[®]) sobre amonio $[NH_4^+]$ (mg/L) y nitratos $[NO_3^-]$ (mg/L) en los 15 primeros centímetros del suelo, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Profundidad de 0-15 cm						
Tratamiento	Primer muestreo 12 d.d.s		Segundo muestreo 70 d.d.s		Tercer Muestreo 111 d.d.s	
	Nitrógeno nítrico %	Nitrógeno amoniacal mg/Kg	Nitrógeno nítrico %	Nitrógeno amoniacal mg/Kg	Nitratos % (mg/kg)	Amonio mg/Kg
T1(testigo)	<0,10	<40,0	<0,10	<40,0	0,0729 (729,0)	4,7
T2(DMPP)	<0,10	<40,0	<0,10	<40,0	0,0382 (382,0)	2,0
T3 (DMPP -25%N)	<0,10	<40,0	<0,10	<40,0	0,02457 (245,7)	16,0

El cuadro 4.3.1. refleja que no existen diferencias considerables a la profundidad (0-15 cm) ni para los parámetros evaluados (NH_4^+ y NO_3^-) para ninguna de las fechas que se recogieron las muestras de suelo.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

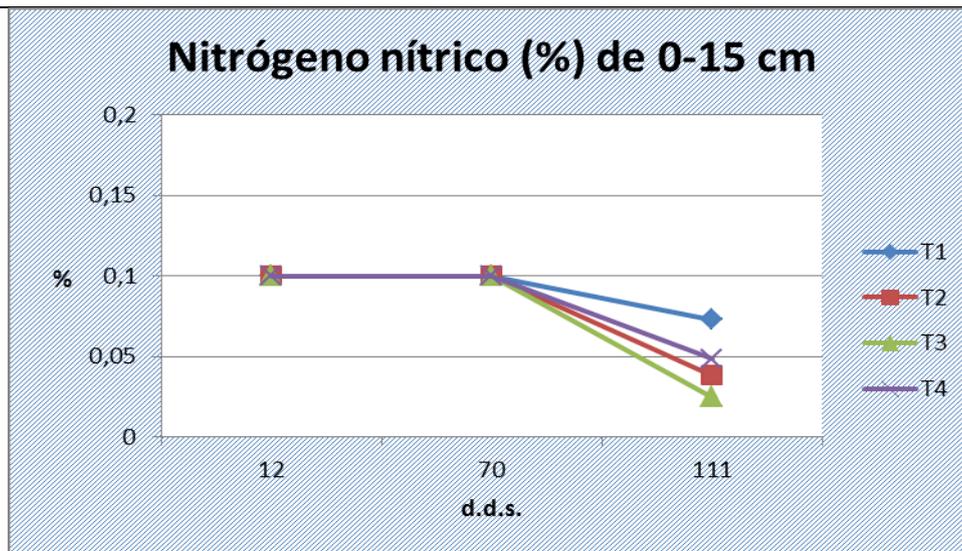


Gráfico 4.3.1. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de nitrógeno nítrico (%) a una profundidad de 0-15cm.

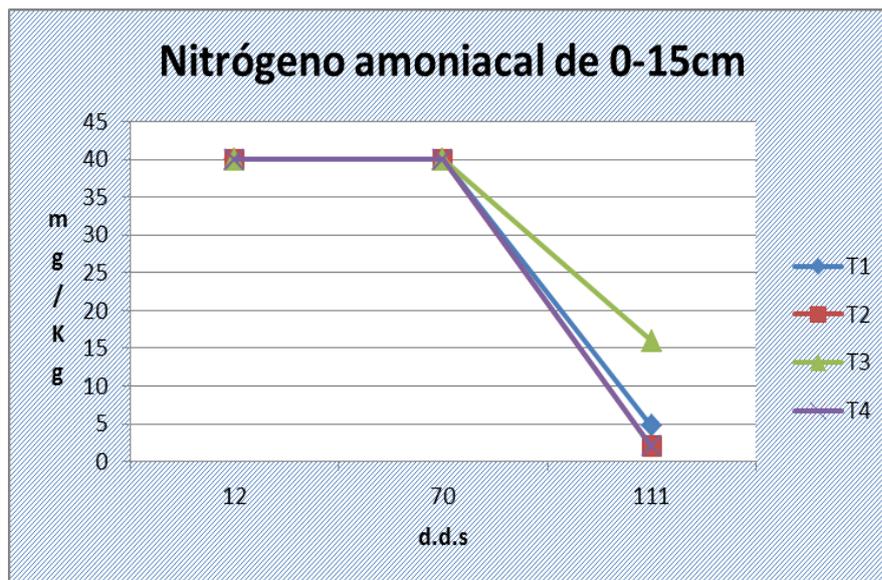


Gráfico 4.3.2. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de nitrógeno amoniacal (mg/Kg) a una profundidad de 16-30cm.

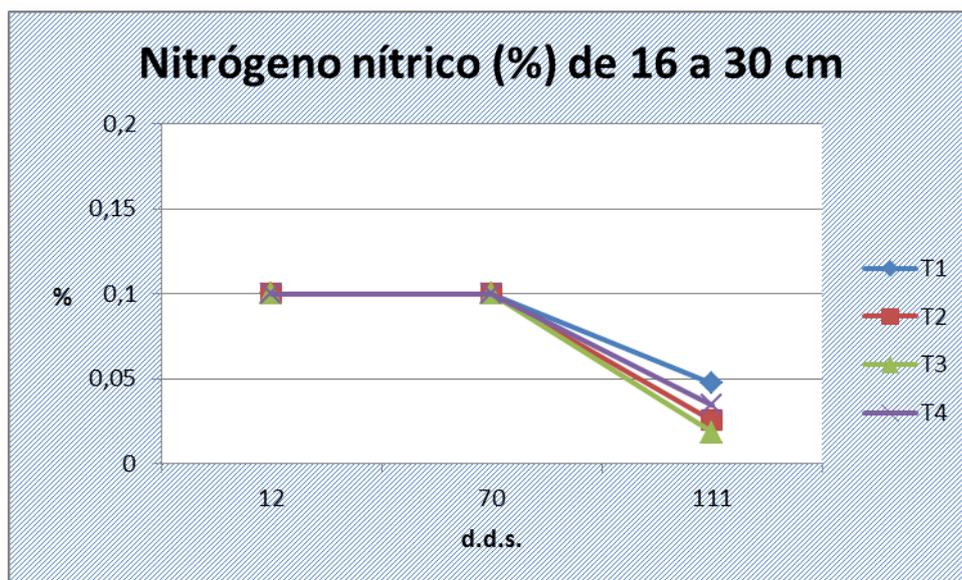
A continuación aparece el cuadro con el contenido de amonio y nitratos a la profundidad (16-30 cm) para los diferentes días de toma de muestras de suelo.

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Cuadro 4.3.2. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre amonio $[NH_4^+]$ (mg/L) y nitratos $[NO_3^-]$ (mg/L) en los 16 a los 30 primeros centímetros del suelo, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

Profundidad de 16-30 cm						
Tratamiento	Primer muestreo 12 d.d.s		Segundo muestreo 70 d.d.s		Tercer Muestreo 111 d.d.s	
	Nitrógeno nítrico %	Nitrógeno amoniacal mg/Kg	Nitrógeno nítrico %	Nitrógeno amoniacal mg/Kg	Nitratos % (Mg/Kg)	Amonio mg/Kg
T1(testigo)	<0,10	<40,0	<0,10	<40,0	0,0471 (471,0)	2,0
T2(DMPP)	<0,10	<40,0	<0,10	<40,0	0,0256 (256,0)	4,7
T3 (DMPP -25%N)	<0,10	<40,0	<0,10	44,84	0,0182 (182,0)	6,7

Teniendo producciones similares en todos los tratamientos ensayados, se observa en los gráficos 4.3.1 y 4.3.2 que hay tendencia a una menor contaminación de NO_3^- en el tratamiento que se ha aplicado el inhibidor de la nitrificación (T2 y T3). Egea *et al.*, (2003) obtuvo en su experimento un menor contenido de nitratos en los tratamientos en los cuales aplicó el inhibidor de la nitrificación con (DMPP).



Gráficos 4.3.3. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido Nitrógeno nítrico (%) a una profundidad de 16-30cm.

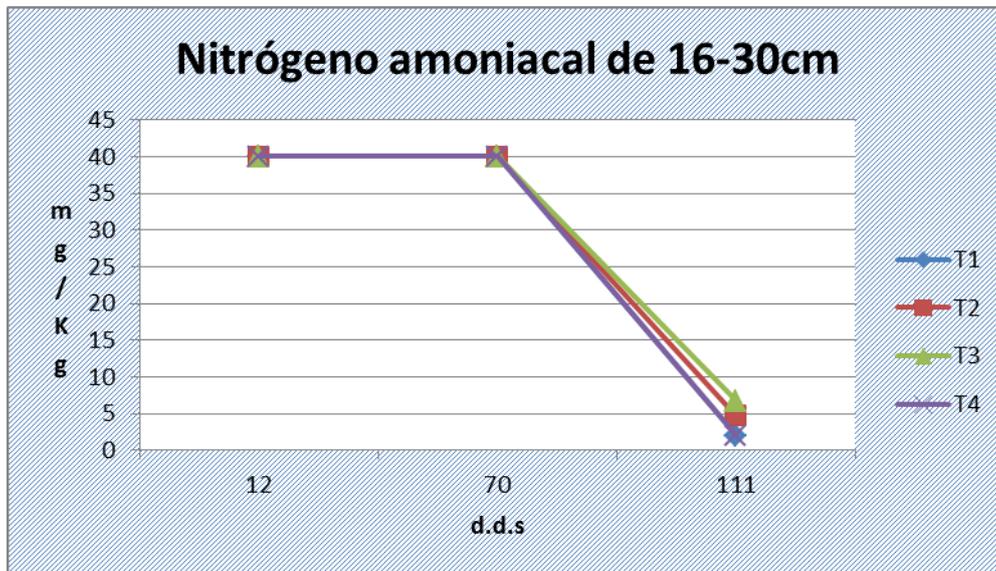


Gráfico 4.3.4. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® sobre el contenido de Nitrógeno amoniacal (mg/Kg) a una profundidad de 16-30cm.

El parámetro de mayor importancia en nuestro ensayo, dentro de los evaluados en estos análisis de suelo, es la cantidad de NO_3^- presente en el suelo para los diferentes tratamientos realizados. El contenido inicial medio de nitratos de las distintas parcelas para el primer y segundo día de muestreo es menor del 10 % de N nítrico de suelo para la profundidad (0-15 cm) y menor de 40 mg/ Kg de suelo para la profundidad (16-30 cm). Para la toma de muestras de suelo realizadas a final de ciclo, resultó que los tratamientos en los que se aplicó inhibidor de la nitrificación (T2 y T3) tienen el contenido en nitratos más bajo que el resto de tratamientos a ambas profundidades.

La mayor presencia de NH_4^+ en suelo produce una bajada del pH cerca de la zona radicular, lo que puede ayudar a una mejor absorción de nutrientes. Cabe señalar que al disminuir el contenido de NO_3^- en el suelo se produce una menor acumulación de estos elementos en las plantas y por lo tanto en los frutos, lo que será beneficioso para su posterior consumo con un menor riesgo de productos tóxicos acumulados.

Así mismo, se observa, que los tratamientos que poseen el inhibidor de la nitrificación con DMPP (tratamientos T2 y T3), tiene mayor cantidad de NH_4^+ en suelo, proceso que no ocurre para el resto de tratamientos, donde el contenido de NH_4^+ se mantiene estable en valores menores a 2 mg/L en la profundidad de 16 a 30 cm.

Comparando los tratamientos en la última fecha de muestreo de suelos, los tratamientos T2 y T3 tienen los valores bajos de NO_3^- , ya que este tratamiento como he dicho anteriormente lleva los fertilizantes que incorporan la molécula DMPP (Novatec Kioto[®]), contribuyendo así a la reducción de nitratos en el suelo como se ha podido observar en trabajos estudiados anteriormente y que reflejo detalladamente en la revisión bibliográfica.

4.3.2. CONTENIDO DE Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} Y Na^+ EN SUELO.

El cuadro siguiente muestra los contenidos de calcio, potasio, magnesio y sodio en los distintos días de muestreo de suelos para la profundidad de (0-15 cm).

Cuadro 4.3.3. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto[®]) sobre el contenido en P, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} en los 15 primeros centímetros del suelo, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

PROFUNDIDAD (0-15 cm)					
	Fósforo mg/L	Sodio mg/L	Potasio mg/L	Calcio mg/L	Magnesio mg/L
T1(testigo)	1,0	404,3	194,0	527	99,3
T2(DMPP)	1,0	380,3	158,3	478	113,3
T3 (DMPP -25%N)	2,7	285,0	147,3	541	105,3

Según Camacho, F. *et al*, 2003, en pepino se mantendrá una relación K/Ca entre 0,25 -0,30, que podrá aumentar en invierno hasta 0,4 como es nuestro caso en el que los tratamientos T1, T2 y T3 con 0,37, 0,33 y 0,27 respectivamente como vemos están dentro de ese rango.

Para ver si los niveles de Mg son adecuados otra relación entre K/Mg se tiene que mantener entre 0,35-0,40. Valores superiores a 0,60 puede inducir carencia de Mg. La relación Ca /Mg deberá ser mayor o igual a 1,5 y se mantendrá inferior a 3,0. En los problemas detectados en este cultivo, en cuanto al magnesio el calcio por exceso, tratando de corregir problemas de curvado o de carencia, o el potasio, cuando se detecta un cierto estrangulamiento en la zona del pedúnculo del fruto. (Camacho, F. *et al*, 2003).

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

Al observar ambas relaciones tanto K/Mg como Ca/Mg se obtienen valores para los tratamientos T1, T2 y T3 de 1,95; 1,4; 1,4; respecto a la primera relación y respecto a la segunda valores de 5,3; 4,21 y 5,13 respectivamente. En ambos casos los niveles en nuestro suelo son bajos y pueden dar lugar a carencias respecto a este elemento.

El siguiente cuadro presenta las concentraciones de fósforo, sodio, potasio, calcio y magnesio a la profundidad de (16-30 cm), en los distintos días de muestreo de suelos.

Cuadro 4.3.4. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) el contenido en P, Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ en los 16 -30 primeros centímetros del suelo ,valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

PROFUNDIDAD (16-30 cm)					
	Fósforo mg/L	Sodio mg/L	Potasio mg/L	Calcio mg/L	Magnesio mg/L
T1(testigo)	0,7	300,3	139,3 b	590,0	81,3
T2(DMPP)	1,0	273,3	120,0 b	541,3	70,0
T3 (DMPP -25%N)	0,3	242,3	125,3 b	552,3	72,3

En el cuadro 4.3.4. se observa como los iones evaluados en la muestra de suelos realizada a los distintos tratamientos para el día 111 d.d.s., a una profundidad de (16-30 cm), no reflejan diferencias relevantes entre los distintos tratamientos evaluados.

En el muestreo a una profundidad de 0 a 15 cm, en pepino se mantendrá una relación K/Ca entre 0,25 -0,30, que podrá aumentar en invierno hasta 0,4 como es nuestro caso en el que los tratamientos T1, T2 y T3 con 0,33, 0,22 y 0,23 respectivamente se aprecian valores que están dentro del intervalo óptimo .

Respecto al fósforo, hay que comentar que la utilización de los inhibidores de la nitrificación causa una disminución del pH en el área radicular, que según los casos puede significar incrementos de absorción de P dependiendo de la cantidad de nitrógeno como se ve en las tablas 4.3.3. y 4.3.4. a distintas profundidades.

4.3.3. CONTENIDO DE SO_4^{2-} Y Cl^- EN SUELO.

El siguiente cuadro refleja los contenidos de sulfato, fosfato y cloro a la profundidad (0-15 cm) para los distintos días de muestreo de suelos.

Cuadro 4.3.5. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre el contenido en SO_4^{2-} y Cl^- (mg/L) en los 15 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. *Borja* bajo invernadero, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

PROFUNDIDAD 0-15cm		
	Sulfatos mg/L	Cloruros mg/L
T1(testigo)	1583,3	411,3
T2(DMPP)	1646,7	352,0
T3 (DMPP-25%N)	1728,3	260,0

Los datos reflejados en la cuadro 4.3.5, concluyen que no existen diferencias importantes entre los distintos tratamientos, para el anión sulfato para la profundidad de 0 a 15 cm. Existe un claro antagonismo Cl^-/NO_3^- y a niveles bajos de NO_3^- existe una clara competencia en la absorción radicular de estos iones, reemplazando a los cloruros. Es conveniente mantener unos niveles adecuados en la fertilización nítrica cuando existen contenidos apreciables de cloruros en el suelo. (Camacho, F. *et al*, 2003).

El cuadro siguiente presenta los contenidos de sulfato y cloro a la profundidad (16-30 cm) para los distintos días de muestreo de suelos.

Cuadro.4.3.6. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) el contenido en el contenido en SO_4^{2-} y Cl^- (mg/L) en los 16-30 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. *Borja* bajo invernadero, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

PROFUNDIDAD 16-30 cm		
	Sulfatos mg/L	Cloruros mg/L
T1(testigo)	1655,0	322,3
T2(DMPP)	1648,3	248,3
T3 (DMPP -25%N)	1750,0	192,0

4.3.4. pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL ANÁLISIS DE SUELO.

El pH que tenga el suelo expresará la acidez o alcalinidad de nuestro suelo a las distintas profundidades. Los valores de la conductividad eléctrica del extracto saturado nos dará el contenido de sales totales disueltas en el suelo. A continuación se muestran los datos numéricos de estos parámetros para el tercer muestreo realizado 111 d.d.s. para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 4.3.7. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre el contenido en el contenido en el pH y la CE en los 15 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. Borja, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

PROFUNDIDAD 0-15 cm		
	pH	CE dS/m
T1(testigo)	7,86	5,16
T2(DMPP)	7,86	4,86
T3 (DMPP -25%N)	7,82	3,97

En un cultivo en el que se eleve demasiado la CE se pueden presentar problemas de absorción de agua por la planta acentuándose más aún este problema cuando las temperaturas en el interior de los invernaderos superan los 40 °C. En un cultivo de pepino y para el estado de desarrollo en el que se realizó este muestreo del suelo la CE óptima es de 2,5dS.m⁻¹(Camacho, F. et al, 2003) por lo que vemos que en todos los tratamientos fue bastante alta.

Respecto al pH en pepino, su valor óptimo es menor a 8 por lo que todos los tratamientos a ambas profundidades están dentro de las condiciones de valores de pH en general de ligera alcalinidad cercana a la neutralidad.

Según Camacho (2003), cantidades apreciables de nitratos así como CE elevadas, hace disminuir de manera apreciable el pH. Además utilización de los inhibidores de la nitrificación causa una disminución del pH en el área radicular, siendo en esta zona donde se tomaron las muestras pero estas dos últimas afirmaciones en nuestro ensayo no se ven con claridad ya que no existen diferencias relevantes entre los distintos tratamientos

Cuadro 4.3.8. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) sobre el contenido en el contenido en SO_4^{2-} y Cl (mg/L) en los 16-30 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. *Borja*, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

PROFUNDIDAD 15-30 cm		
	pH	CE dS/m
T1(testigo)	7,89	4,50
T2(DMPP)	7,90	4,01
T3 (DMPP-25%N)	7,90	3,72

El cuadro 4.3.8. refleja valores de pH y CE muy similares para estos dos parámetros evaluados.

4.4. ANÁLISIS DE LA PLANTA.

El cuadro siguiente presenta los valores de longitud total, longitud al último fruto cosechado y número de nudos totales de las plantas que se analizaron para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 4.3.9. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre la longitud total (m), la longitud al último fruto cosechado (m) y el número de nudos totales en los 15 primeros centímetros del suelo en un cultivo de pepino cv. *Borja*, valores medios y en comparación de medias con LSD con un nivel de confianza del 95%.

DDS	Longitud total (m)	Longitud ultimo fruto cosechado (m)	Número nudos ultimo fruto cosechado
T1(testigo)	4.02	3.23	30.63
T2(DMPP)	4.17	3.40	30.40
T3 (DMPP-25%N)	4.36	3.34	31.03

Efectos en un cultivo de pepino de la nutrición mixta nítrico / amoniacal en condiciones convencionales y en medios muy salinos. Aspectos ambientales, productivos y de calidad alimentaria

DDS	Longitud total (m)	Longitud ultimo fruto cosechado (m)	Número nudos ultimo fruto cosechado
T1(testigo)	4.02	3.23	30.63
T4 (CE ↑)	4.28	3.38	31.43
T5 (BASFOLIAR® foliar)	4.33	3.40	31.57
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	4.30	3.39	32.03

El cuadro 4.3.9. indica que no existen diferencias considerables en ninguno de los parámetros (longitud total, longitud último fruto cosechado y número de nudos totales por planta) evaluados el último día de ciclo de cultivo, (día 113 d.d.s.), para los diferentes tratamientos probados en el ensayo.

Si se puede sugerir, que se observa una mayor tendencia en la longitud total por planta para los tratamientos que llevan incorporados BASFOLIAR® foliar y DMPP respecto al testigo (T 1). El tratamiento con una menor longitud total de planta se corresponde con el tratamiento T1, con 4,02 m fertilizado con un abonado convencional y una CE óptima, lo que puede provocar la formación una planta más pequeña.

Seguidamente se encuentra la gráfica con los datos de longitud total y longitud al último fruto cosechado de los tratamientos estudiados en el experimento.

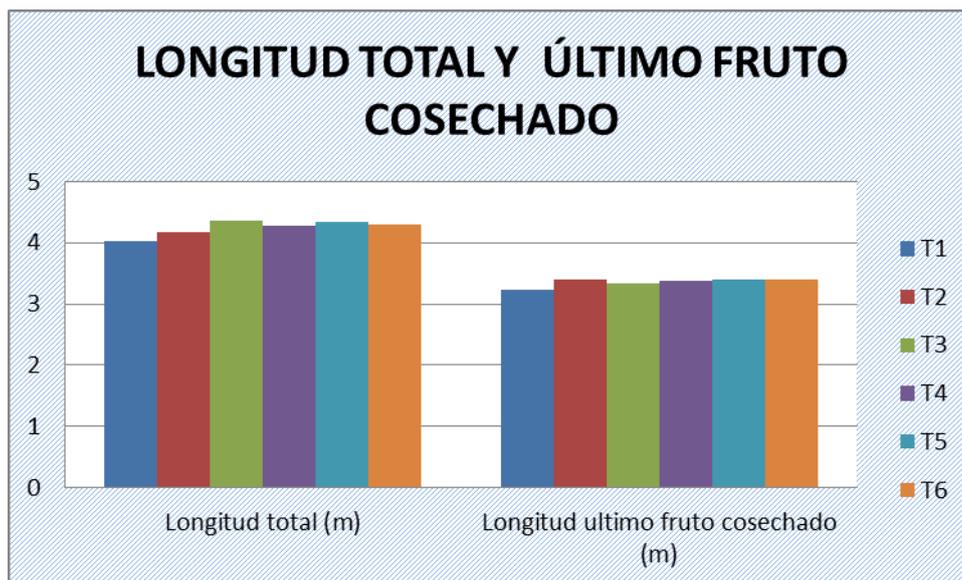


Gráfico 4.3.5. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre la longitud total y la longitud al último fruto cosechado en cultivo de pepino cv. *Borja*.

El gráfico anterior 4.3.5. compara los resultados de longitud total y longitud al último fruto cosechado según los distintos tratamientos estudiados durante el ciclo.

A continuación se presenta el gráfico del número total de nudos que presentaban las plantas por tratamiento.

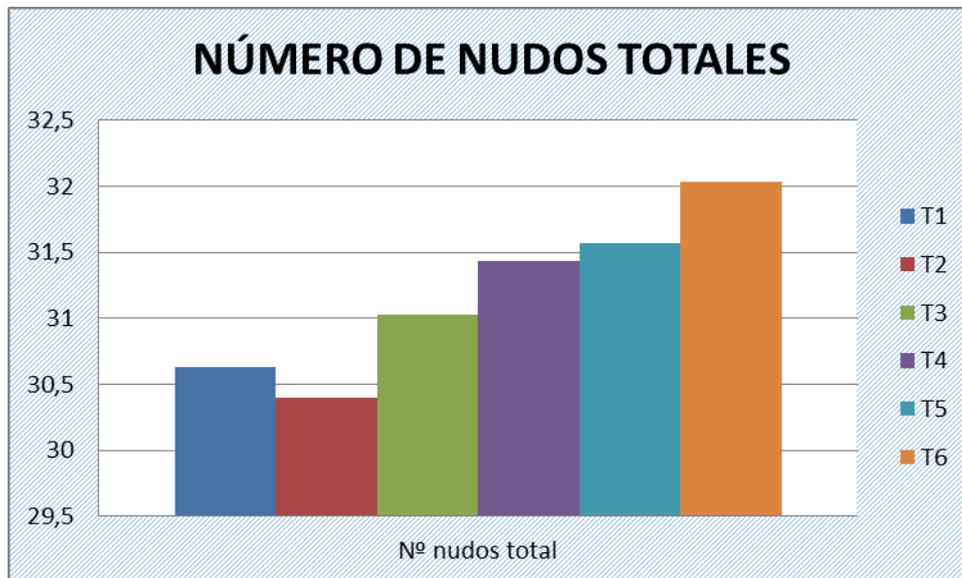


Gráfico 4.3.6. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el número de nudos totales en cultivo de pepino cv. *Borja*.

Los tratamientos que incorporan BASFOLIAR® foliar (T5y T6) obtienen un elevado número de nudos, con estos datos se puede mostrar la actuación como elicitor de los mecanismos de activación de defensa de la planta así como en su metabolismo generando un mayor vigor y defensa a los fitopatógenos de la planta.

El cuadro 4.3.10. que se encuentra seguidamente posee los valores diámetro basal, medio y apical, para cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento.

Cuadro 4.3.10. Efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Novatec Kioto®) y del BASFOLIAR® foliar sobre el diámetro basal (cm), diámetro medio (cm) y diámetro apical (cm) por planta en cultivo de pepino cv. *Borja*.

DDS	Ø basal: 1-2 hoja (cm)	Ø medio: 14-15 hoja (cm)	Ø apical: abajo último fruto cosechado (cm)
T1(testigo)	1.19	1.15	0.88
T2(DMPP)	1.25	1.15	0.83
T3 (DMPP -25%N)	1.23	1.16	0.88

DDS	Ø basal: 1-2 hoja (cm)	Ø medio: 14-15 hoja (cm)	Ø apical: abajo último fruto cosechado (cm)
T1(testigo)	1.19	1.15	0.88
T4 (CE ↑)	1.18	1.17	0.85
T5 (BASFOLIAR® foliar)	1.17	1.14	0.85
T6 (BASFOLIAR® foliar +CE ↑)	1.17	1.10	0.89

No se encuentran diferencias destacables en el diámetro basal, medio y apical para los diferentes tratamientos estudiados en el ensayo, salvo para el diámetro medio para el uso de BASFOLIAR® foliar que pone de manifiesto que el diámetro medio para estos tratamientos es menor.

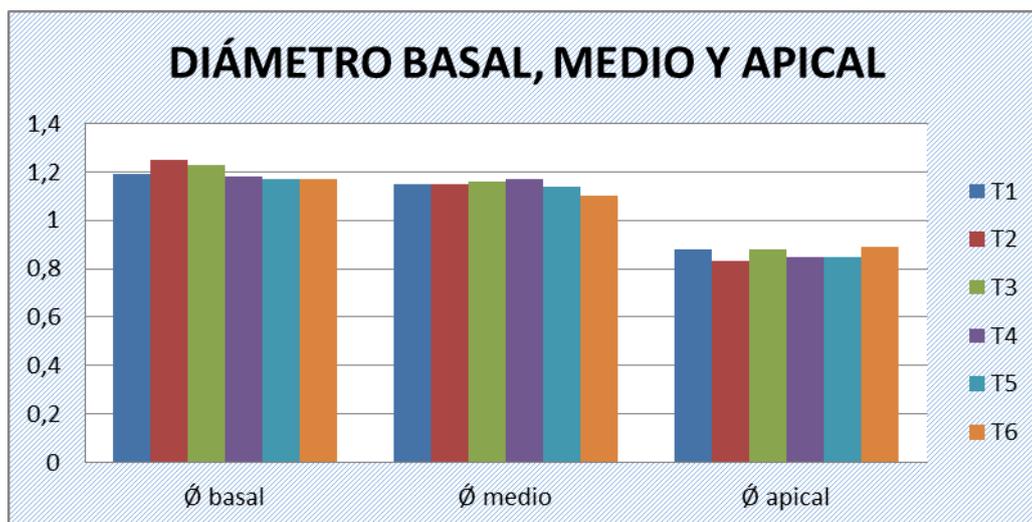


Gráfico 4.3.7. Efecto de la aplicación de Novatec Kioto® y del BASFOLIAR® foliar sobre el diámetro basal, medio y apical en cultivo de pepino cv. *Borja*.

Observando el gráfico 4.3.7., los tratamientos T2 y T3 poseen un diámetro basal mayor que el del resto de los tratamientos estudiados, pero esto no significa que haya diferencias entre tratamientos, ya que todos los resultados para este análisis son similares, de igual modo ocurre con el diámetro medio y apical, que registra valores prácticamente iguales en todos los tratamientos.

V CONCLUSIONES.

Tras el análisis de los resultados obtenidos a partir de la evaluación realizada a lo largo de todo el ciclo que ha permanecido el cultivo en el invernadero, se han obtenido una serie de conclusiones que se citan a continuación

1.- No se observan diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros de producción y calidad externos evaluados, entre los tratamientos que llevan incorporado el inhibidor de la nitrificación con DMPP (Novatec Kioto®) y *BASFOLIAR® foliar* respecto el testigo. Este hecho es especialmente positivo para el tratamiento T3 (empleo del inhibidor reduciendo un 25% el aporte de N) sin mermas significativas en la producción ni la calidad.

2.- Tanto los tratamientos con Novatec Kioto y como en los que se aplicó *BASFOLIAR® Kelp* retrasan el inicio de la primeras cosechas, ya que en los dos primeros cortes la producción es mayor en el testigo.

3.- Respecto al análisis interno de frutos, el uso del DMPP y del *BASFOLIAR® Kelp* en condiciones de CE óptima pueden provocar un incremento en el contenido de vitamina C. En relación a los demás parámetros evaluados no existen diferencias relevantes.

4.- En el análisis de suelo, resultó que los tratamientos en los que se aplicó inhibidor de la nitrificación (T2 y T3) tienen el contenido en nitratos más bajo que el resto de tratamientos a las profundidades analizadas.

5.- En el análisis de la planta no se encontraron diferencias significativas en los parámetros evaluados, aunque se puede sugerir que se observa una mayor tendencia en la longitud total de la planta para los tratamientos que llevan incorporados *BASFOLIAR® foliar* y DMPP respecto al testigo.

VI BIBLIOGRAFÍA.

Alfonso Mannucci, M., (2010). Efecto de la nutrición mixta nítrico amoniacal mediante 3,4 dimetilpirazol fosfato (DMPP) y de un elicitor derivado de las quinonas, como complemento a fertilizantes específicos para medios muy salinos, bajo condiciones de invernadero en un cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). Trabajo fin de Master. Escuela superior de Ingeniería, Universidad de Almería.

Allakhvendiev, S. I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., Murata, N. 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus sp.* Plant Physiol, 123:1047-1056.

Azcón-Bieto, J., Talón, M. (2001). Fundamentos de fisiología vegetal. Ediciones McGraw-Hill. Madrid.

Bañuls, J., Orea, G., Quiñones, A., Legaz, F. (2003). Mejora de la eco-eficiencia del uso del ¹⁵N del fertilizante con el inhibidor de la nitrificación (DMPP) en el sistema planta-suelo de cítricos. Nutri-fitos Tomo 2. 92-94

Bañuls, J., Quiñones, A., Martín, B., Primo-Millo, E., Legaz, F. (2000). Respuesta de la frecuencia de aplicación del DMPP como inhibidor de la nitrificación en clementina de Nules. Levante Agrícola, 2002.

Basabe Tuero, Beatriz (2000). Funciones de la vitamina C en el metabolismo de colágeno. Revista cubana Aliment Nutr, 14: 46-54.

Bula-Meyer, G., (2004). Las macroalgas marinas en la agronomía y el uso potencial de *Sargassum* flotante en la producción de fertilizantes en el archipiélago de San Andrés y Providencia, Colombia. Revista del Instituto de Investigaciones tropicales, 1:91-103.

Cadahía, C. (2005). Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Camacho, F., (2003). Técnicas de producción en cultivos protegidos. Ediciones Agrotécnicas, S.L.

Camacho, F., Fernández, E.J. (2008). Manual práctico de fertirrigación en riego por goteo. Ediciones Agrotécnicas, S.L.

Carbó, J., Pagès, J.M., Carrasco, I. (2002). Mejora de la fertirrigación de perales conference en la provincia de Girona mediante la utilización del inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP, ENTEC). Nutri-fitos 9-13.

Carrasco Martín, I. (2002). Nuevas tecnologías en fertilización para el respeto del medio ambiente. Revista Phytoma España, 135: 55-59.

Carrasco, I., Lezana, J.R. (2002). Mejora de la eficiencia de la fertilización con el nuevo inhibidor de la nitrificación, 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP ENTEC®). Agrícola Vergel, mayo 2002.

Carrasco Martín, I., y Villar Mir, J.V. (2001). Uso de inhibidores de la nitrificación en suelos fertilizados con purines de cerdo. Ediciones de la Universidad de Lérida.

Casar, C., Muñoz-Guerra, L.M., Carbó, J. (2004). Aspectos ambientales y productivos del uso de inhibidores de la nitrificación en la fertirrigación de manzanos “Galaxy”. XI Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. Pamplona, 2006.

Casar, C., Muñoz, L.M. (2006). Utilización de inhibidores de la nitrificación en la nutrición mineral de cultivos bajo normas de producción integrada y en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos. <http://www.navarromontes.com>.

Casar, C., Muñoz, L.M. (2009). Estudio en un cultivo de sandía del efecto de la nutrición mixta nítrico/amoniacal y de productos derivados de las quinonas como complemento a fertilizantes específicos para medios muy salinos. Compo Agricultura.

Casar, C. Muñoz, L.M., Calvo, M., Pérez, M.A. (2002). Optimización de la fertilización nitrogenada en programas de producción integrada de patata mediante la utilización de fertilizantes con el inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazol fosfato.

Castilla, N., Bretones, F. (1983). El pepino en invernadero. Caja Rural provincial de Almería. Neografis, S.L.

COMPO Agricultura. (2010). <http://www.compo.es/>

Diez, J.A., Hernaiz, P., Carrasco, I. (2005). Nitrate leaching under a soil treated with urea-DMPP. Proceedings of the 14th N Workshop, October 2005, Maastricht, Netherlands, 143-148.

Egea, C., Alarcón, A.L. (2001). Seguimiento y control de la fertirrigación nitrogenada mediante el producto inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazolfosfato, en cultivo de melón tipo verde. Agrochimica, Vol. XLVIII-N. 1-2: 77-88.

Egea, C., Alarcón, A.L. (2004). Seguimiento y control de la fertirrigación nitrogenada mediante el producto inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazolfosfato, en cultivo de melón tipo verde. Agrochimica, Vol. XLVIII – N.1-2.

Egea, C., Alarcón, A.L., Roca, M.J., Carrasco, I. (2003). Evaluación de la eficacia de la fertirrigación nitrogenada mediante el inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol fosfato frente a diferentes tipos de fertilización, en un cultivo de brócoli. Nutri-Fitos 2003. Tomo 2: 84-7.

Estévez, A.M. (2008). Efecto de la aplicación del inhibidor de la nitrificación, 3,4-dimetilpirazol fosfato, sobre la producción y la calidad de un cultivo de tomate, variedad Gabriela. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

Fink, A. (1998). Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Editorial. Reverte, S.A.

Fuentes Yagüe, J.L. (1999). Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes. Editorial Mundi-Prensa.

Gardiazabal, F., Mena, F., Magdahl, C. (2007). Efecto de la fertilización con inhibidores de la nitrificación (Entec[®] Solub 21) en paltos (*Persea americana* Mill) cv. Hass. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate 2007. ISBN N° 978-956-17-0413-B

Gros, A., Domínguez, A. (1992). Abonos. Guía práctica de la fertilización. Editorial Mundi-Prensa.

Horticom (2011). www.horticom.com. Junio 2011.

JUNTA DE ANDALUCIA. Consejería de agricultura y Pesca. Observatorio de Precios y Mercados. (2010). Junio de 2010.

<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/obsprecios/servlet/FrontController>.

<http://www.juntadeandalucia.es/boja/boletines/2009/157/d/27.html>.

Kaniszewski, S., Elkner, K., Rumpel, J. (1987). Effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield, nitrogen status in plants and quality of fruits of direct seeded tomatoes. Acta horticulturae 200, 195-202.

Khan,W., Rayirath,U., Subramanian,S., Jithesh,M., Rayorath,P., Hodges,M. , Critchley,A,Craigie,J., Jeff Norrie,J., Prithviraj,B. (2009) Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. J Plant Growth Regul 28:386–399.

Kumar Parida, A., Bandhu Das, A. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60:324-349.

Lezana, J., Carrasco, I. (2002). Utilización del inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP, ENTEC[®]) en sistemas de fertirrigación. Phytoma España.135: 193-195.

Lezana, J., Carrasco, I. (2002). 3,4-Dimetilpirazol Fosfato, el nuevo inhibidor de la nitrificación. Dossier fertirrigación, Vida Rural. XX: 49-50.

Linaje Lite, A., Muñoz-Guerra L.M. (2005). Fertilización eco-eficiente del olivo y disminución de la contaminación por nitratos mediante inhibidores de la nitrificación. Expoliva 2005. Pag: 1-9.

Li,H., Liang,X., Chen,Y., Lian,Y., Tian,G., Ni,W.2008. Effect of nitrification inhibitor DMPP on nitrogen. Journal of Environmental Science, 20:149-155.

Los abonos y fertilizantes. (2010). Obtenido del http://www.infoagro.com/abonos/abonos_y_fertilizantes.htm.

Marín Rodríguez, J. Portagrano 2007-2008. Vademécum de Variedades Hortícolas. Escobar Impresores, S.L. Almería.

Maroto, J. (2000). Elementos de Horticultura General. Editorial Mundi-Prensa.

Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Londres.

Menéndez,S., Merino,P., Pinto,M., González-Muwa, C., Estavillo, J.M. 2006. 3,4-Dimethylpyrazol Phosphate Effect on Nitrous Oxide, Nitric Oxide, Ammonia, and Carbon Dioxide Emissions from Grasslands. J.Environ.Qual. 35:973-981

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). <http://www.marm.es/es/agricultura/temas/default.aspx>, 2010.

Muñoz-Guerra, L.M., Carrasco, I., Pérez, M.A., Sánchez, H., López, H., Díez, J.A., López, A. (2003). Evaluación del uso en cultivos extensivos del inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP). Aspectos Ambientales y productivos. Comissão Editorial Científica. X Simposio Ibérico: 493-499.

Navarro, G. (2000). Química Agrícola. El suelo y elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi-prensa.

Pasda, G., Hähdnel, R., Zerulla, W. (2001). Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. *Biology and Fertility of Soils* 34, 85-97.

Phytoma España. Estructura química del 3,4-dimetilpirazol Fosfato (DMPP).
<http://www.phytoma.com/>.2010.

Porta, J. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-prensa. Madrid.

Prasad, R., Power, J.F. (1995). Nitrification inhibitors for agriculture, health, and the environment. *Advances in Agronomy* 54, 233-281.

Rodríguez, M., (2010). Efecto de la aplicación de inhibidor de la nitrificación (DMPP) y de derivados hidrosolubles de las quinonas (ACT-2®), sobre la producción y calidad de un cultivo de pepino tipo Almería. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

Segura, M., Rodríguez, J., López, J., Contreras, J., Carrasco, I. (2003). Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre un cultivo de tomate en invernadero. Relación NO_3/NH_4 . XVI Congreso de La Sociedad Española de Fisiología Vegetal. Pág.: 470-475.

Serna, M.D., Bañuls, J., Quiñones, A., Primo-Millo, E., Legaz, F. (2000). Evaluation of 3,4-dimethylpyrazole phosphate as a nitrification inhibitor in a Citrus-cultivated soil. *Biology Fertiliser soils* 32. 41-46.

Tedone, L. (2005). Influence of storage temperature, tuber size and nitrogen nutrition on the content of Vitamin C in potato. Proceeding 5th postharvest Symposium. 1233-1240.

Tisdale, S, Werner, L. (1982) et al. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial: Unión Tipográfica.

Tolón, A., Lastra, X.,(2010).La agricultura intensiva del poniente almeriense. Diagnóstico e instrumentos de gestión ambiental. M+A. Revista Electrónica de Medio Ambiente 2010, 8:18-40

Trenkel, M. (1997). Controlled release and stabilized fertilizers. International fertilizer industry association. París, 106 pp.

Urbano Terrón, P. (2002). Fitotecnia. Ingeniería de la producción vegetal. Editorial: Mundi-Prensa 141-148 pp.

Villalobos, F., Mateos, L., Orgaz, F., Ferreres, E. (2002). Fitotecnia, Bases y tecnologías de la producción agrícola. Editorial Mundi-Prensa.

WEB institucional de la **Fundación Finca Experimental UAL- ANECOOP**. Almería.
<http://www.fundacionualanecoop.org/> 2011.

Weiske, A., Benckiser, G., Ottow, J.C.G. (2001). The new nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazol phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. *Biology and Fertility of Soils* 34, 109-117.

Zarrilli, A. (2003). La Huerta de Europa. *Revista de estudios rurales*, vol. 4 nº 7. Centro de Estudios Históricos Rurales. Mundo agrario. Obtenido el 26/04/2011 en:
<http://redalyc.uaemex.mx>.

Zerulla, W., Kummer, K.F., Wisseimeier, A.H., Rädle, M. (2000). The development and testing of a new nitrification inhibitor. International Fertiliser Society Meeting. November 2000. London.

Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Horchler, K., Pasda, G., Rädle, M., Wisseimeier, A.H. (2001). 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP). A new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture.

Zhang, Y., Xianyong, L., Yongsong, Z., Shao, J., Shaoting, D. (2005). Effects of nitrogen levels and nitrate/ammonium ratios on oxalate concentrations at different forms in edible parts of spinach. *Journal of Plant Physiology*, 28. 2011-2025.