



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
IQUIQUE - CHILE



**GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA**

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

F01 –1 H - 056

Ing. Agr. Jorge Olave Vera

2002

INFORME DE DIFUSION

INFORME DE DIFUSIÓN PROGRAMA FORMACION PARA LA PARTICIPACION

1 Nombre de la propuesta :

“Fertirrigación en horticultura protegida”

1.1 Modalidad

Pasantía

1.2 Lugar donde se llevo a cabo la formación

Universidad de Almería - España

1.3 Rubro / Area temática de la actividad de formación

Producción Vegetal – Fertirrigación en Horticultura Protegida

1.4 Fecha en la que se efectuó la actividad de formación:

13 de Enero al 08 de Febrero del 2002

1.5 Postulante

Jorge Leonardo Olave Vera

1.6 Entidad Responsable

Universidad de Almería

1.7 Coordinador

1.8 Identificación de los participantes de la propuesta

NOMBRE	RUT	TELEFONO FAX E-MAIL	DIRECCION POSTAL	ACTIVIDAD PRINCIPAL	FIRMA
Jorge Olave Vera	07213611-K	(57)394505		Académico Investigador Depto. Agricultura del Desierto Universidad Arturo Prat	
		(57)445190			
		Jorge.Olave@cec.unap.cl			

2. ACTIVIDADES DE TRASFERENCIA

2.1. Resumen actividades de transferencia PROPUESTAS

FECHA	ACTIVIDAD	OBJETIVO	LUGAR	Nº y TIPO BENEFICIARIOS
28.03.02	Difusión	Producción Forzada de Plantas Hortícolas y Frutales en Almería y Manejo de la Fertirrigación en Horticultura.	Iquique	*Alumnos Carreras de Ingeniería de Ejecución Agrícola y Agronomía *Académicos del Depto. de Agricultura del Desierto *Funcionarios del Sector Público: Gobierno Regional, SAG y Conadi
04.04.02	Difusión	Producción Forzada de Plantas Hortícolas y Frutales en Almería y Manejo de la Fertirrigación en Horticultura	Arica	*Funcionarios Públicos: INDAP y SAG, CONADI, SEREMIA Agricultura *Académicos Universidad de Tarapacá *Profesor y Alumnos Liceo Agrícola *Agricultores
11.04.02	Difusión	Producción Forzada de Plantas Hortícolas y Frutales en Almería y Manejo de la	Pica	*Profesores Liceo Agrícola *Servicios Públicos: SAG y Depto.

		Fertirrigación en Horticultura		Agrícola Municipalidad *Técnicos Agrícolas independientes *Agricultores
18.04.02	Difusión	Producción Forzada de Plantas Hortícolas y Frutales en Almería y Manejo de la Fertirrigación en Horticultura	La Tirana	*Agricultores *Servicios Públicos: Depto. Agrícola Municipalidad de Pozo Almonte

2.1. Resumen actividades de transferencia REALIZADAS

FECHA	ACTIVIDAD	OBJETIVO	LUGAR	Nº y TIPO BENEFICIARIOS
02.03.02	Actividad Práctica	Fertirrigación en almácigos de Hortalizas. Siembra de Hortalizas con diferentes tipos de sustratos. Preparación de Soluciones Nutritivas. Mediciones de pH y Conductividad Eléctrica	UNAP - Estación Agrícola Canchones	*Alumnos de Ingeniería de Ejecución Agrícola y Agronomía
28.03.02	Difusión	Producción Forzada de Plantas Hortícolas y Frutales en Almería y Manejo de la Fertirrigación en Horticultura	Palacio Astoreca UNAP Iquique	*Alumnos Carreras de Ingeniería de Ejecución Agrícola y Agronomía:21 *Académicos del Depto. de Agricultura del Desierto:03 *Funcionarios del Sector Público: Gobierno

				Regional:01 Técnico Agrícola:01
04.04.02	Difusión	Producción Forzada de Plantas Hortícolas y Frutales en Almería y Manejo de la Fertirrigación en Horticultura	Sede UNAP - Arica	*Funcionarios Públicos: INDAP y SAG, CONADI, SEREMIA de Agricultura:06 *Académicos Universidad de Tarapacá:02 *Profesor y Alumnos Liceo Agrícola:08 *Agricultores:03 *Técnicos (E) Agrícolas UNAP: 03
11.04.02	Difusión	Producción Forzada de Plantas Hortícolas y Frutales en Almería y Manejo de la Fertirrigación en Horticultura	Salón Municipal IM de Pica - Pica	*Profesores Liceo Agrícola:02 *Servicios Públicos: SAG y Depto. Agrícola Municipalidad:04 *Técnicos Agrícolas independientes:01 *Agricultores:17 *Académicos UNAP:02 *Profesor Escuela Básica:01
12.04.02	Actividad Práctica	Injertación de Hortalizas	UNAP – Campus Huaiquique	Alumnos de Ingeniería de Ejecución Agrícola del curso de Ambientes

				Controlados
30.05.02	Difusión	Producción Forzada de Plantas Hortícolas y Frutales en Almería y Manejo de la Fertirrigación en Horticultura	Sede Social - La Tirana	*Agricultores:29

2.2. Detalle por actividad de transferencia REALIZADAS

Fecha 02.03.02

Lugar (Ciudad e Institución) Universidad Arturo Prat – Estación Agrícola

Canchones _____

Actividad (en este punto explicar con detalle la actividad realizada y mencionar la información entregada)_ _ Fertirrigación en almácigos de Hortalizas. Siembra de Hortalizas con diferentes tipos de sustratos. Preparación de Soluciones Nutritivas. Mediciones de pH
Se adjunta listado de participantes. _____

Fecha 28.03.02 _____

Lugar (Ciudad e Institución) Palacio Astoreca UNAP -

Iquique _____

Actividad (en este punto explicar con detalle la actividad realizada y mencionar la información entregada)_ Se realizó una actividad expositiva apoyada con una presentación en Power Point ,
Se adjunta listado de
participantes. _____

Fecha 04.04.02 _____

Lugar (Ciudad e Institución) _Sede UNAP -
_____ Arica _____

Actividad (en este punto explicar con detalle la actividad realizada y mencionar la información entregada)_ Se realizó una actividad expositiva apoyada con una presentación en Power Point.
Se adjunta listado de participantes.

Fecha **11.04.02** _____

Lugar (Ciudad e Institución) _____Salón Municipal IM de Pica -
_Pica _____

Actividad (en este punto explicar con detalle la actividad realizada y mencionar la información entregada)_ Se realizó una actividad expositiva apoyada con una presentación en Power Point.
.Se _____ adjunta _____ listado _____ de
participantes. _____

Fecha **12.04.02** _____

Lugar (Ciudad e Institución) _____Universidad Arturo Prat – Campus Huaiquique

Actividad (en este punto explicar con detalle la actividad realizada y mencionar la información entregada)_____ Con los alumnos de Ingeniería de Ejecución Agrícola se realizó una actividad práctica consistente en la siembra de diferentes hortalizas las cuales se fertirrigaron con diferentes soluciones nutritivas según el estado fenológico hasta llegar a la cuarta hoja verdadera. - Empalme y Púa Terminal. Se adjunta listado de participantes.

Fecha **30.05.02** _____

Lugar (Ciudad e Institución) _____Junta Vecinal Agricultores La
Tirana _____

Actividad (en este punto explicar con detalle la actividad realizada y mencionar la información entregada)_____)_ Se realizó una actividad expositiva apoyada con una presentación en Transparencias.

Se realizó también una actividad demostrativa de injertación de hortalizas y los criterios básicos para la producción de almácigos y el manejo de la fertirrigación. Se adjunta listado de participantes.

2.2. Especificar el grado de éxito de las actividades propuestas, dando razones de los problemas presentados y sugerencias para mejorar.

Las actividades prácticas y de difusión se realizaron en función de lo programado y significaron intervenir en un universo de 138 personas. El cual estuvo compuesto por:

*Alumnos: 55 : 40%

*Agricultores: 48: 35%

*Académicos Universidad: 08: 6%

*Funcionarios Públicos: 11: 8%

*Técnicos Agrícolas: 05: 3 %

*Liceos Agrícolas y Básicos: 11: 8%

Para la realización de las actividades se procedió a extender una invitación(Se adjunta Invitación).

Falto disponer información del FIA como organismo patrocinador de esta iniciativa y tampoco apareció en la página web.

Se entregara a las instituciones participantes un CD que incluye los aspectos más relevantes de la Producción Forzada de Hortalizas y la Fertirrigación en Horticultura Protegida y un documento que se le hará llegar a todos los participantes que explica los criterios establecidos en la fertirrigación de cultivos hortícolas.

2.3. Listado de documentos o materiales mostrados en las actividades y entregados a los asistentes (escrito y/o visual). (Se debe adjuntar una copia del material)

Tipo de material	Nombre o identificación	Idioma	Cantidad
CD	Producción Forzada en Almería y Fertirrigación en Horticultura Protegida	Español	01
Transparencias	Producción Forzada en Almería y Fertirrigación en Horticultura Protegida	Español	105
Material Vegetal	Producción de Plantas – Injertación y Técnica de Fertirrigación		

3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Indicar los problemas administrativos que surgieron en la preparación y realización de las actividades de difusión.

No se presentaron problemas administrativos.



Fecha: 06.02.2022

Firma responsable de la ejecución: _____

[illegible]

Se adjuntan listados por las actividades realizadas.

**PARTICIPANTES ACTIVIDADES
PRACTICAS Y DIFUSION**

IQUIQUE, 19 de abril del 2002

DECRETO EXENTO N° 281

Con esta fecha, el Rector de la Universidad Arturo Prat, ha expedido el siguiente Decreto:

VISTOS Y CONSIDERANDO:

a.- Lo dispuesto en la Ley N° 18.368, del 30 de noviembre de 1984 y el D.F.L. N° 1 del 28 de mayo de 1985, el Decreto N° 570 del 27.12.99, todos del Ministerio de Educación Pública; el Decreto Exento N° 141 del 13.03.00; y el Decreto Exento N° 184 del 23.03.00.-

b.- El Memorándum N° 018 del Director de Investigación de fecha 05.04.2002, que solicita la emisión del presente instrumento.

DECRETO:

1.- Apruébase el Proyecto de Transferencia Tecnológica, denominado: "CICLO DE CHARLAS SOBRE PRODUCCION FORZADA DE CULTIVOS EN ALMERIA, ESPAÑA", a cargo del Departamento de Agricultura del Desierto, y de acuerdo a los términos contenidos en el documento adjunto, consistente en 2 fojas, debidamente autenticadas con la firma y timbre del Secretario General.

2.- Designase Jefe de Proyecto al académico Sr. Jorge Olave Vera.

TÓMESE RAZON, REGÍSTRESE Y DESE CUMPLIMIENTO.

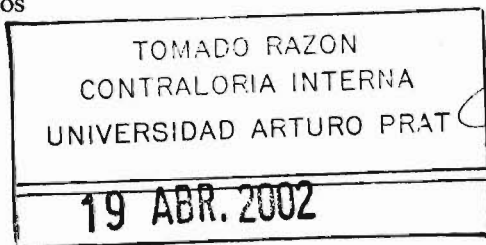

NELSON MARTINEZ ARREDONDO
Secretario General


GUSTAVO A. SOTO BRINGAS
Rector (S)

DISTRIBUCION:

- Rectoría
- Vicerrectoría Académica
- Contraloría
- Secretaría General
- Dirección de Finanzas
- Dirección de Investigación
- Director Depto. de Agricultura del Desierto
- Jefe Recursos Humanos
- Jefe de Proyecto

GSB/NMA/mas



RECIBIDO 05 ABR 2002

Sg 182

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
IQUIQUE - CHILE
DIRECCION DE INVESTIGACION

D.I. N°018/2002
IQUIQUE, Abril 05 del 2002

MEMORANDUM

DE : DIRECTOR DE INVESTIGACION
A : SECRETARIO GENERAL
REF. : SOLICITA EMITIR DECRETO EXENTO PROYECTO INVESTIGACION

Mediante el presente, solicito a usted emitir decreto exento para el proyecto de transferencia tecnológica **"CICLO DE CHARLAS SOBRE PRODUCCIÓN FORZADA DE CULTIVOS EN ALMERIA, ESPAÑA"**.

El jefe de proyecto es el Sr. Jorge Olave Vera, académico del Departamento de Agricultura del Desierto.

Saluda atentamente a usted,




JOSE PINEDA HERRERA
Director de Investigación

JPH/mgv.
c.c. : Archivo.

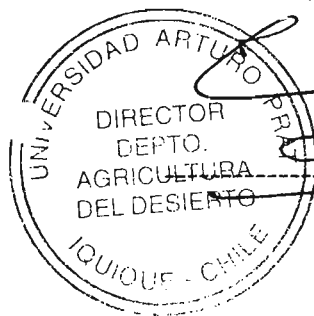
**UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DEL DESIERTO
IQUIQUE - CHILE**

PROYECTO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA



**TÍTULO CICLO DE CHARLAS SOBRE PRODUCCION FORZADA DE
CULTIVOS EN ALMERIA, ESPAÑA**

JORGE OLAVE VERA
Jefe de Proyecto



ALVARO CAREVIC RIVERA
Director
Depto. Agricultura del Desierto



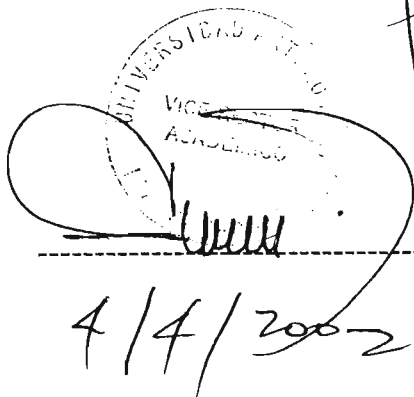
01 ABR. 2002

JOSE PINEDA HERRERA
Director Investigaciones

02.04.2002



ROSA ROJO DE LA RIVERA
Directora
Administración y Finanzas



CESAR ARANCIBIA CORDOVA
Vicerrector Académico

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

SECCION I: ANTECEDENTES GENERALES

1.1. **Nombre del proyecto:** Ciclo de charlas sobre producción forzada de cultivos en Almería, España

1.2. **Unidades Académicas Participantes:** Departamento Agricultura del Desierto

1.3. **Nombre y Firma del Académico responsable:** Jorge Olave Vera

1.4. **Departamento al que pertenece:** Agricultura del Desierto

1.5. **Cargo del Académico responsable:** Académico

1.6. **Horas que le exigirá esta actividad:** 6 horas semanales por 4 semanas

1.7. **V^aB^a del Director del Departamento:** Alvaro Carevic Rivera

1.8. **Fecha de inicio de la actividad:** 25 de marzo del 2002

1.9. **Fecha de término de la actividad:** 17 de abril del 2002

1.10. **Lugar de realización:** Iquique, Arica, Pica y La Tirana

1.11. **Cupos:** Sin restricción de asistencia



1.12. Académicos Participantes en forma permanente

NOMBRE	TÍTULO	CARGO EN EL PROYECTO	HORAS SEMANALES
Jorge Olave Vera	Ingeniero Agrónomo	Jefe del proyecto, expositor	6

SECCIÓN II: ANTECEDENTES ACADÉMICOS

- 2.1 **Instituciones o público a quienes se dirige la actividad.** Profesionales del área agrícola, autoridades del sector
- 2.2 **Descripción del Proyecto.** Ciclo de charlas sobre el manejo forzado de la agricultura el Almería, España.
- 2.3 **Objetivos Académicos.**
- Difusión técnica
 - Actualización profesional
- 2.4. **Antecedentes Generales del Proyecto.** El proyecto considera la realización de 4 charlas (Iquique, Arica, Pica y La Tirana)
- 2.5. **Etapas y Metodologías a emplear.** Se usarán recursos audiovisuales para apoyar la exposición
- 2.6. **Requisitos de Admisión:** Asistencia libre

SECCIÓN III: INFORMACIÓN FINANCIERA

3.1. **Financiamiento:** El ciclo de charlas no considera costos adicionales a la Universidad Arturo Prat.





UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
IQUIQUE, CHILE



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

ASISTENCIA

LA TIRANA

NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
Juan Sandoz	Progreso	<i>[Signature]</i>
Clotilde Mandegó	Progreso	<i>[Signature]</i>
Sergio Flores	Progreso	<i>[Signature]</i>
NANUEL TRUJILLO R	Progreso	<i>[Signature]</i>
Herculano Fraya	Progreso	<i>[Signature]</i>
Justina Parra	A MAY MORACE	<i>[Signature]</i>
Phelipe Ochoa		<i>[Signature]</i>
Miguel Chollan	Maria Mares	<i>[Signature]</i>
Ana Reyes		<i>[Signature]</i>
Juan Caballero	La Tira	<i>[Signature]</i>
Regina Pantoja	Asoc. Progreso	<i>[Signature]</i>
Pascual Infante	Asociación Progreso	<i>[Signature]</i>



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

ASISTENCIA

NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
Idropea Ruiz	Asoc. Microempresarios	Idropea Ruiz
Rolando Loyzaga	Asoc. Microempresarios	Rolando Loyzaga
Ramón E. Mancoske	"	Ramón E. Mancoske
Eleonora Vilca	Asoc. Progreso	Eleonora Vilca
Manoel Quivore	Asoc. Progreso	Manoel Quivore
Eusebio Apolo	Asoc. Progreso	Eusebio Apolo
Beatriz Herida L.	Soc. Progreso	Beatriz Herida L.
Beatriz Manríquez	Soc. Progreso	Beatriz Manríquez
Genaro MAYORGA	AS. Microempresarios	Genaro MAYORGA
Carlos H. Moroso Ceballos	A. Microempresarios	Carlos H. Moroso Ceballos
Sandra Betanzo R.	A. Microempresarios	Sandra Betanzo R.
Alfonso Cárdenas	Asoc. Santa María	Alfonso Cárdenas



Fertirrigación en Horticultura Protegida

[illegible]



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
IQUIQUE - CHILE



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

ASISTENCIA

PRAT

NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
Dirk Nelen	INDAP	
ARMANDO MEZA	INDAP	
Oscar Fuentesalba	INDAP	
SUE VERA	UNAP	
INES MORALES ROZAS	Hacienda Priemonte	
CRISTIAN VÁSQUEZ R.	UNAP	
Alexis Villablanca	UNAP	
Jacqueline Pusillo	Liceo Agrícola Jose Abelardo Ruiz	
CLAUDIO RAMIREZ	Liceo Agrícola Jose Abelardo Ruiz	
Adrián Cayo	Liceo Agrícola Jose Abelardo Ruiz	
Roberto Corredor P.	Liceo Agrícola	
Loren Vergara	INDAP	



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
IQUIQUE, CHILE



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

ASISTENCIA

NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
Jorge Torreal	L. Lap	
ALFREDIN TURPA.	CONADI	
Amalia Godoy	Liceo Agrícola	
Maria Vergara N.	Liceo Agrícola	
Alejandro Domínguez	Liceo Agrícola SAN	
RUBÉN RÍOS O.	Liceo Agrícola	
José C. Lucero C.	Liceo Agrícola	
Amador Torres H	U Tarapacá	
IESA GARCIA D.	U TARAPACA	
Margarita Fello	U del Norte	



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
IQUIQUE - CHILE



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

ASISTENCIA

IRUVIRE

NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
Elías Ramírez S.	UNAP	
David Mora L.	UNAP	
Costaño Oels A	UNAP	
Roberto Contreras D.	UNAP	
Leonides Concha T.	UNAP	
Victor Telles M.	UNAP	
Andrea Pizarro C.	UNAP	
Nadia Pizarro C	U.N.A.P	
Vladimir Moreno	U.N.A.P	
Natalia Vilches P	UNAP	
Sigfredo Marchant	UNAP	
Boris Zepeda C.	UNAP	



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
VALDIVIA - CHILE



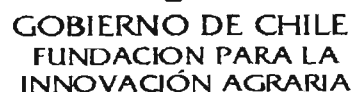
GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

ASISTENCIA

NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
Juan C. Galleas	Gobierno Regional	
Claudio Camacho	UNAP	
FERNANDO CHIFFELLE	UNAP	
DANIELA MANCERA	UNAP	
RODRIGO BLAMEY CRUZ	UNAP	
Alejandra Flores B.	UNAP	
CECILIA LARA POL	UNAP	
Marcelo Buscassini	Sec. Agr.	
CRISTIAN LIRA	UNAP	
ALVO ZINIGAT	UNAP	
Alvaro Caserio R.	UNAP	
Helio Santana M.a.	UNAP	



Fertirrigación en Horticultura Protegida

[illegible]



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
IQUIQUE - CHILE



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

ASISTENCIA
PICA

NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
CLAUDIA BARRERA	S. A. G.	
Sindy Rios V	S. A. G.	
Rey Morales U	Asociación Res- caladero Santa y Quinteros	Rey Morales U
BERNARDO CARRILLO J.	Agricultor	
FERNANDO ALBORNOZ A	Agricultor	
Guillermo Lopez C.	ASOC. AGRIC. DE MATILLA	
Jorge Vaccarini M.	Comerciantes Fertilizantes	
Glasya Gonzalez L	Comerciantes Fertilizantes	
Eduardo Benitez S.	Lic. P. Alberto Hurtado	
M. Inés Aracena.		
Noel Vial R.	COMERCiante	
Rigoberto Castillo	Agricultor (Rosa)	



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
VALDIVIA - CHILE



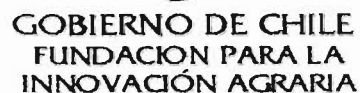
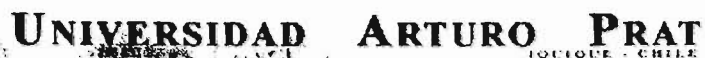
GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

PROGRAMA DE FORMACION PARA LA INNOVACION AGRARIA

Fertirrigación en Horticultura Protegida

ASISTENCIA

NOMBRE	INSTITUCION	FIRMA
MAXIMILIANO BUSTAMANTE CONTE'S.	Particular	
FRANCISCA BUSTAMANTE D.	Particular	
OSVALDO PALAPE ROBLES	PRESIDENTE NARY ONA	
Hermine Moscoso H.	Machaz yapu	
Hario Chellapa	de Sillapuy	
Marino Zepie	Valle de Quirao	
Abel Barreda Amas	Reserva Zepie Escuela Matilla	
BEATO CORTIHO C.	Particular	
Isabel Cortez Jimenez	Asoc. de Prop. Agrícola	
Enzo Bumer Ploninos	Comunidad de Agua de Resbaladero	
Rosa Quiroz A	Secretaria. Nery	
Isabel Laguna B.	Agricultura	



Fertirrigación en Horticultura Protegida

[illegible]



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DEL DESIERTO
IQUIQUE - CHILE

DAD J.C. No. 207/2002
IQUIQUE, Junio 03 de 2002

MEMORANDUM

DE : JEFE DE CARRERA DPTO. AGRICULTURA DEL DESIERTO
Sra. Ingrid Poblete Q

A : ACADEMICO DPTO. AGRICULTURA DEL DESIERTO
Sr. Jorge Olave Vera

Mediante la presente, remito a Ud. nómina de alumnos de la Carrera de Ingeniería de Ejecución Agrícola y Agronomía, los que realizaron Práctica Estival I y Práctica Profesional.

En dicha práctica se realizaron las siguientes actividades en el área de:

- Producción de Plantas de Hortalizas
- Preparación de soluciones nutritivas para la Fertirrigación de almácigos de Hortalizas
- Mediciones de pH de conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas

Sin otro particular, le saluda atentamente a Ud.,



INGRID POBLETE QUEZADA
Jefe de Carrera

IPQ/krch
c.c. Archivo

AGRONOMIA

NOMBRE	RUT
Lara Cecilia	13420001-4
Marchant Sigifredo	14597265-2
Moncada Sandra	13229033-4
Schiffelle Fernando	8053246-6

INGENIERIA DE EJECUCION AGRICOLA

NOMBRE	RUT
Alfaro Isabel	12654400-6
Bou Pedro	13744934-K
Castillo Lilian	13744269-8
Egaña María	13171187-5
Flores Rodrigo	13215623-6
Godoy Andrea	10781133-8
Godoy Pamela	13642034-8
Lira Cristián	13005275-7
Olivares Patricia	12115717-9
Peralta Carla	13904774-5
Romero Cesar	14549605-5
Salinas Andrés	13466238-7
Vargas Alex	13532200-8
Velásquez Jeannette	13357267-8





UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
Departamento Agricultura del Desierto
Ingeniería de Ejecución Agrícola

A no sou
yugui
29/05/02

IQUIQUE, Mayo 06 del 2002

SEÑOR
JORGE OLAVE VERA
ADMINISTRADOR
ESTACION EXPERIMENTAL CANCHONES
PRESENTE

De nuestra consideración:

Previo un respetuoso saludo, es grato dirigirme a usted, con la finalidad de presentar a nombre del Departamento de Agricultura del Desierto a el (la) alumno (a) **Sr. KONRAD POPP W.** quién ha concluido con su malla curricular, faltando realizar su Práctica Profesional como uno de los requisitos para obtener el Título de Ingeniero de Ejecución Agrícola.

Por el antecedente mencionado solicito a usted, tenga la amabilidad de admitir y dar las facilidades necesarias para que el (la) estudiante realice su Práctica Profesional de acuerdo al sistema, régimen y requerimientos relacionados a las actividades agropecuarias de su Institución. Cabe señalar que el tiempo de práctica profesional que se exige es un mínimo de 384 horas efectivas.

Finalmente, en caso de que sea aceptada nuestra solicitud, sirvase completar y remitirnos los formatos que se adjuntan, las mismas que serán de mucha utilidad para el control en el desarrollo de la práctica y la evaluación final.

Agradeciendo su gentileza y colaboración, le saluda atentamente.,



JORGE OLAVE VERA
Jefe de Carrera (S)

IPQ/drm

Incl. : Carta de Respuesta

C.C. : Archivo

Iquique, Mayo 06 del 2002

Señor
Jorge Olave Vera
Jefe Carrera (S)
Ingeniería de Ejecución Agrícola
Presente

De nuestra consideración:

Tengo el agrado de informarle que el (la) señor (señorita), Sr. KONRAD POPP W. ,
ha sido aceptado (a) en:

Nombre de la Empresa : UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

Dirección de la Empresa : ESTACION EXPERIMENTAL
CANCHONES 90 KILOMETROS

Teléfono - Fax : 394505 – 09-5412197

Como alumno (a) en práctica, desempeñándose en el Area (Departamento) de
DEPTO. AGRICULTURA DEL DESIERTO

Su práctica profesional la realizará en el período comprendido entre el
04 03/06/02 y 10/08/02, en el siguiente horario.

Lunes a Viernes

Mañana : 07:00 12:00 rs.

Tarde : 03:00 a 06:00

Sábado : a hrs.

Domingo : a hrs.

El profesional guía y evaluador será el (la) señor (señorita) JORGE OLAVE

VERA responsable de (cargo) ADMISTRADOR dentro de la Empresa.

NOMBRE, TITULO Y CARGO
DEL RESPONSABLE

Nota : Colocar en firma responsable Nombres y Apellidos, Cargo y Timbre de la Empresa.

Objetivos:

(se solicita que esos sean redactados de tal manera que se entienda con precisión lo que se desea obtener. Además deberá comenzar con un verbo en infinitivo.)

1.- SE ADJUNTO HOJA ANEXA

2.-

3.-

Actividades

Detallar claramente las actividades de terreno. Desglosar por objetivos

Actividades para el cumplimiento del objetivo1

1.1.- SE ADJUNTA HOJA ANEXA

1.2.----

1.3.

Actividades para el cumplimiento del objetivo 2

2.1. SE ADJUNTA HOJA ANEXA

2.2.

2.3.

Actividades para el cumplimiento del objetivo 3

2.1. SE ADJUNTA HOJA ANEXA

2.2.

2.3.-

NOTA : En caso de requerirlo, utilice una hoja anexa, siguiendo el esquema anterior.

El cronograma es el siguiente:

objetivo	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2				X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5										
6										
7										
8										

Finalmente me comprometo a entregar un informe, desarrollado por el alumno practicante y firmado por mi, del avance de la práctica cuando se cumplan las 384 horas.

Atentamente,


Profesional Guía de la Práctica

OBJETIVOS

1.EVALUACION DE CULTIVOS BAJO INVERNADERO

2.PRODUCCION FORZADA DE MELON

3.PRODUCCION DE PLANTAS DE TUMBO

4. PRODUCCION DE PLANTAS DE CITRICOS

Para Objetivo 1:

- *Programa de fertirrigacion
- *Manejo Fitosanitario
- *Manejo del cultivo: Poda, entutorado, amarre, Cosecha
- *Registro de información

Para Objetivo2:

- *Producción de plantas de melón en vivero
- *Manejo plantas en vivero
- *Preparación de suelo sector transplante
- *Evaluación del sistema de riego sector transplante
- *Registro de información

Para Objetivo 3:

- *Siembra de semillas de tumbo en speedling
- *Manejo almacigo en speedling
- *Repique de plantas
- *Preparación de tunel alto
- *Preparación suelo
- *Transplante.

Para Objetivo 4:

- *Manejo siembra en Speedling de Citrus macrophylla
- *Repique a bolsas
- *Manejo del Portainjerto en vivero



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
Departamento Agricultura del Desierto
Ingeniería de Ejecución Agrícola

IQUIQUE, Marzo 28 del 2002

SEÑOR
JORGE OLAVE VERA
ADMINISTRADOR
ESTACION EXPERIMENTAL CANCHONES
PRESENTE

De nuestra consideración:

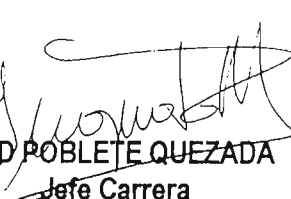
Previo un respetuoso saludo, es grato dirigirme a usted, con la finalidad de presentar a nombre del Departamento de Agricultura del Desierto a el (la) alumno (a) **Sr ALEJANDRO FLORES R.** quién ha concluido con su malla curricular, faltando realizar su Práctica Profesional como uno de los requisitos para obtener el Título de Ingeniero de Ejecución Agrícola.

Por el antecedente mencionado solicito a usted, tenga la amabilidad de admitir y dar las facilidades necesarias para que el (la) estudiante realice su Práctica Profesional de acuerdo al sistema, régimen y requerimientos relacionados a las actividades agropecuarias de su Institución. Cabe señalar que el tiempo de práctica profesional que se exige es un mínimo de 384 horas efectivas.

Finalmente, en caso de que sea aceptada nuestra solicitud, sírvase completar y remitirnos los formatos que se adjuntan, las mismas que serán de mucha utilidad para el control en el desarrollo de la práctica y la evaluación final.

Agradeciendo su gentileza y colaboración, le saluda atentamente.,




INGRID POBLETE QUEZADA
Jefe Carrera

IPQ/drm

Incl. : Carta de Respuesta

C.C. : Archivo

Alonso
03/04/02
August
Iquique, Marzo 28 del 2002

Señora
Ingrid Poblete Quezada
Jefe Carrera
Ingeniería de Ejecución Agrícola.
Presente

De nuestra consideración:

Tengo el agrado de informarle que el (la) señor (señorita), ALEJANDRO FLORES RIVERA. ha sido aceptado (a) en:

Nombre de la Empresa : UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

Dirección de la Empresa : ESTACION EXPERIMENTAL
CANCHONES 90 KILOMETROS

Teléfono - Fax : 394505 - 09-5412197

Como alumno (a) en práctica, desempeñándose en el Area (Departamento) de
DEPTO. AGRICULTURA DEL DESIERTO

Su práctica profesional la realizará en el período comprendido entre el 03-04-02
y 07-06-02, en el siguiente horario.

Lunes a Viernes

Mañana : 7:00 a 12:00 hrs. Tarde : 15:00 a 18:00
Sábado : ----- a ----- hrs.
Domingo : ----- a ----- hrs.

El profesional guía y evaluador será el (la) señor (señorita) JORGE OLAVE

VFRA responsable de (cargo) ADMINISTRADOR dentro de la Empresa.

NOMBRE, TITULO Y CARGO
DEL RESPONSABLE

Nota : Colocar en firma responsable Nombres y Apellidos, Cargo y Timbre de la Empresa.

Objetivos:
(se solicita que esos sean redactados de tal manera que se entienda con precisión lo que se desea obtener. Además deberá comenzar con un verbo en infinitivo.)

- 1.- SE ADJUNTA HOJA ANEXA
- 2.-
- 3.-

Actividades
Detallar claramente las actividades de terreno. Desglosar por objetivos

Actividades para el cumplimiento del objetivo1

- 1.1.- SE ADJUNTA HOJA ANEXA
- 1.2.----
- 1.3.

Actividades para el cumplimiento del objetivo 2

- 2.1. SE ADJUNTA HOJA ANEXA
- 2.2.
- 2.3.

Actividades para el cumplimiento del objetivo 3

- 2.1. SE ADJUNTA HOJA ANEXA
- 2.2.
- 2.3.-

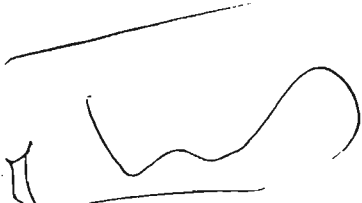
NOTA : En caso de requerirlo, utilice una hoja anexa, siguiendo el esquema anterior.

El cronograma es el siguiente:

objetivo	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Finalmente me comprometo a entregar un informe, desarrollado por el alumno practicante y firmado por mí, del avance de la práctica cuando se cumplan las 384 horas.

Atentamente,



Profesional Guía de la Práctica

OBJETIVOS:

- 1.- Determinar sustrato tipo para la producción en almacigueras (speedling) de plantas hortícolas.
- 2.- Producción de plantas de melón injertadas
- 3.- Implementar la infraestructura básica para la producción de melón y pimiento como primores

Actividades

Para Objetivo 1:

- Definición y preparación de sustratos
- Siembra de cuatro cultivos (Melón, Pimiento, Tomate y Cebolla)
- Manejo de las almacigueras
- Registro de información referida al crecimiento de plántulas (radicular y vegetativa)

Para Objetivo 2:

- Preparación de sustrato
- Siembra de Portainjerto y Variedad de Melón
- Injertación
- Manejo de la almaciguera
- Registro de información referida al crecimiento de las plántulas y evaluación de prendimiento.

Para Objetivo 3:

- Instalación sistema de riego
- Instalación sistema de espaldera para conducción vertical
- Preparación de suelo
- Instalación de mangas horizontales con sustrato.

CONTENIDO DEL INFORME TÉCNICO

PROGRAMA DE FORMACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

1. Antecedentes Generales de la Propuesta

Nombre:

"Fertirrigación en Horticultura Protegida"

Código

F01-1-H-056

Entidad Responsable Postulante Individual:

Jorge Leonardo Olave Vera

Coordinador

Lugar de Formación (País, Región, Ciudad, Localidad):

España, Almería

Tipo o modalidad de Formación:

Pasantía

Fecha de realización:

13 Enero del 2002 al 09 de Febrero del 2002

Participantes: presentación de acuerdo al siguiente cuadro:

Nombre	Institución/Empresa	Cargo/Actividad	Tipo Productor (si corresponde)
Jorge Olave Vera	Universidad Arturo Prat	Académico Investigador	-

Problema a Resolver: Adquirir los conocimientos básicos en la producción forzada de cultivos y en la fertirrigación de estos, para ser transferidos a los futuros profesionales del área agronómica, agricultores, profesionales del área y académicos.

Esto permitirá la **elaboración de proyectos productivos con las comunidades agrícolas de la I Región en el ámbito de la producción forzada y en la implementación de las técnicas de la fertirrigación**, ya que actualmente un alto porcentaje de agricultores posee sistemas de riego presurizado pero solo lo utilizan para el transporte del agua y la fertilización la realizan mediante métodos tradicionales afectando la productividad de las plantas.

Objetivos de la Propuesta

2. Antecedentes Generales: describir si se lograron adquirir los conocimientos y/o experiencias en la actividad en la cual se participó (no más de 2 páginas).

La pasantía tuvo como objetivo central el conocimiento del “Manejo de la Fertirrigación en horticultura protegida”.

Bajo este concepto y con la tutoría del Dr. Miguel Guzmán Palominos se realizó un programa tendiente a tener una visión lo más amplia posible del sistema productivo de Almería, en la cual confluyen la Universidad, Organismos Estatales, Sector Privado Individual y Cooperativo.

Estos actores tienen un solo objetivo final producir con la mejor tecnología sus productos hortícolas que tienen como mercado principal los países de Europa.

En el ámbito de la Universidad las actividades están centradas en la formación de profesionales, investigación relacionada con las necesidades detectadas en el sector privado y la extensión.

En el ámbito de los Organismos Estatales, se conoció la función de la Consejería de Andalucía en la cual una de sus es velar por el cumplimiento de las normas sanitarias de los semilleros (producción de plántulas de hortalizas, para lo cual se visitaron los semilleros).

En el ámbito privado, se conoció el sistema productivo comercial y la interrelación que se produce entre el productor y los proveedores de insumos, los cuales disponen de equipos técnicos que visitan a los agricultores y los asesores en los temas de su competencia, tales como, el uso de los sustratos, fertilizantes líquidos o sólidos, plásticos, materiales de riego, abejorros polinizadores, etc.

Esta acción determina que el productor no se encuentra solo para la toma de decisiones de producción.

En el plano de la adquisición de conocimientos en el tema de la fertirrigación estos se lograron a través de la relación directa con el tutor Dr. Miguel Guzmán Palominos de la Universidad de Almería, el cual entregó las herramientas necesarias para el aprendizaje en el cálculo de soluciones nutritivas, control de las soluciones nutritivas, inyección de las soluciones nutritivas y su efecto en los cultivos.

Las herramientas disponibles fueron materiales bibliográficos, planilla de cálculo Excel y el uso del instrumento Rqflex con sus respectivos reactivos y el control de las soluciones respecto al pH y Conductividad Eléctrica.

En el plano de los cultivos, se realizó el diseño e inicialización de un experimento para determinar el **“Efecto de proporciones crecientes de formas amoniacaes sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate”** el cual se evaluará en el curso Metodologías de investigación en Nutrición Vegetal y Fertirrigación dentro del programa de doctorado “Agricultura intensiva en zonas áridas”

El conocimiento adquirido en Fertirrigación se está complementando con la participación en un curso virtual de la Universidad de Almería a través de la Fundación Mediterránea, cuyo profesor es el Dr. Miguel Guzmán Palominos. La página es www.ual.es.

Con la información recopilada y la práctica adquirida en el cálculo, preparación y control de soluciones permite establecer programas de fertirrigación en los cultivos principales, tales como tomate, melón, pimiento.

3. Itinerario Realizado: presentación de acuerdo al siguiente cuadro:

Fecha	Actividad	Objetivo	Lugar
15.01.02	Programación de actividades		Universidad de Almería
16.01.02	Preparación de soluciones nutritivas	Evaluar la respuesta de plantas de tomate	Universidad de Almería
17.01.02	Visita Semilleros	Programa de producción de plántulas de hortalizas y almendro. Programa de Fertirrigación.	Semillero Almeriplant
18.01.02	Injertación en Sandía	Tipo de injerto realizado. Portainjertos utilizados.	Universidad de Almería
19.01.02	Visita Semilleros	Conocer los sistemas productivos de plantulas de hortalizas: tomate, melón, pimiento y ornamentales	Semilleros Almeriplant, Novoplant y Eljidoplant
21.01.02	Invernaderos productivos	Sistemas de producción comercial de hortalizas – tomate, pimiento y Pepino de Ensalada.	El Ejido y Campo Hermoso. Participación del Ingeniero Sr. Pablo Rodríguez
22/23.01.02	Preparación de soluciones nutritivas	Conocer y realizar el cálculo de soluciones nutritivas par la fertirrigación de semilleros	Universidad de Almería



24.01.02	Visita a Semilleros	Regulación fitosanitaria de los semilleros para la producción de plantas de hortalizas	Semilleros Almeriplant y Novoplant. Participación del Ingeniero Sr. Antonio Lafarque de la Consejería Agrícola de Andalucía.
25.01.02	Visita a Sistema Productivo de Hortalizas	Conocer el manejo de hortalizas y frutales menores (frutilla) cultivados en sistema vertical bajo el concepto de un sistema cerrado (Recirculación del agua y fertilizantes)	Empresa SUN SAVER
28.01.02	Capacitación en el uso de la planilla Excel para el calculo de soluciones madres nutritivas	Adquirir la metodología base para establecer los programas de fertirrigación. Evaluar concentraciones diferenciales de Nitrato y Amonio y su efecto en el crecimiento radicular en plántulas de tomate.	Universidad de Almería
29.01.02	Limpieza de estanques y preparación de soluciones diluidas. Mediciones de pH. Conductividad Eléctrica.	Adquirir los conocimientos prácticos en la preparación de soluciones nutritivas diluidas en función del estado fenológico del cultivo.	Universidad de Almería.
30/31.01.02	Mediciones de Nitrato, Amonio y Calcio en Soluciones Nutritivas diluidas. Ajuste de cálculo de las soluciones madres.	Capacitación en el uso del instrumento RQFlex que mide las concentraciones de Nitrato, Amonio, Calcio en base a colorimetría.	Universidad de Almería
01.02.02	Visita a Cooperativa Agrícola de Almería	Conocer el proceso de la subasta de tomate que se exporta al resto de Europa y además los criterios de calidad exigidos.	Cooperativa Agrícola de Almería Participación del Gerente Técnico Sr. Francisco Gálvez.
	Visita a empresa de semillas Rijk Zwan	Conocer el proceso de producción de semillas en viveros altamente especializados	Empresa de Semillas Rijk Zwan. Participación del Gerente Sr. Francisco López Ramón



02/04.02.02	Preparación de soluciones nutritivas concentradas y diluidas para el riego de semilleros	Ajuste final en la capacitación en la preparación de soluciones madres concentradas y diluidas.	Universidad de Almería
05.02.02	Visita empresa de materiales de riego y climatización de invernaderos	Conocer los adelantos en equipos computacionales en el manejo de la fertirrigación y climatización de invernaderos a través de la utilización de Software.	Empresa Himercan. Sr. Gabriel Gaitán
	Visita a Invernadero con producción comercial de Pepino de Ensilada	Conocer la utilización práctica de estos equipos y además de la utilización de la fertilización carbónica.	Productor Privado. Participación del Sr. Gabriel Gaitán.
	Visita a empresa de fertilizantes liquidas.	Conocer el sistema de producción de fertilizantes líquidos utilizados en la fertirrigación.	Empresa Alborán Agrícola. Participación del Sr. Pedro Galinco.
06.02.02	Visita a Citroplant	Conocer el sistema de producción en sustrato de plantas de cítricos y el uso de la fertirrigación en vivero y huertos comerciales.	Empresa Citroplant. Participación de los Sres. Luis García y Juan Correas.
07/08.02.02	Preparación y ajuste de soluciones nutritivas.	Medición de contenidos de lementos nutritivos a través del Rqflex.	Universidad de Almería

4. Resultados Obtenidos: descripción detallada de los conocimientos adquiridos. Explicar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos, de acuerdo a los resultados obtenidos. Incorporar en este punto fotografías relevantes que contribuyan a describir las actividades realizadas.

Los resultados obtenidos son satisfactorios en función del objetivo general y específicos propuestos.

La pasantía realizada en la Universidad de Almería bajo la tuición del Dr. Miguel Guzmán Palominos cuya especialidad es en fertirrigación. (Se adjunta documento de la Universidad de Almería, Depto. Producción Vegetal).

En esta pasantía se obtuvo la capacitación para el calculo de soluciones nutritivas a través del uso de una Planilla Excel de calculo, que permita establecer los requerimientos de fertilizantes según las características del cultivo y la distribución de los fertilizantes según el sistema de incorporación de estos.

Se obtuvo la capacitación en el uso del instrumento Rqflex que permite determinar y monitorear las concentraciones de los nutrientes presentes en las soluciones nutritivas preparadas en función de los resultados obtenidos en la planilla de calculo.

Los nutrientes medidos corresponden a Nitratos, Amonio, Fósforo, Calcio. Además el control de los valores de pH y CE.

Con relación a los objetivos específicos:

1. Conocer las diferentes técnicas de la fertirrigación:

*Este objetivo se cumplió a través de la visita a invernaderos comerciales, semilleros de hortalizas y frutales donde aplicaban diferentes metodologías de fertirrigación comercial y sistemas de producción comercial – cerrado y abierto.

Los sistemas de fertirrigación visitados se presentan en el CD que acompaña a este informe.

2. Implementar programas de fertirrigación en cultivos hortícolas

Se presenta la hoja de cálculo para establecer los requerimientos en fertirrigación en el cultivo del melón, tomando como referencia la calidad del agua de la Pampa del Tamarugal y el sistema de cultivo utilizado en alta densidad.

Figura 1: Planilla de Cálculo – Programa de fertirrigación en Melón

CULTIVO:		MELON											
FECHA:													
EXTENSIÓN		10000 m2											

			Aniones					H3O	Cationes					pH	C.E mS/c
			mMol/L	NO3	H2PO4	SO4	HCO3	CL	mMol/L	NH4	K	Ca	Mg	Na	
Agua de riego															
Solución ideal															
Aportes previstos			14,00	2,00	-1,20	-2,02	-3,23	2,02	0,80	5,46	2,95	1,46	-6,39		

Fertilizantes	mMol/L	gr/l												
H3PO4	2	261,333333		2,00		-2,00		2,00						
HNO3	0,02		0,02			-0,02		0,02						
Ca(NO3)2	0,59		5,90						0,59		2,95			
KNO3	5,46		5,46							5,46				
NH4NO3	0,21		0,21						0,21					
K2SO4	0			0,00						0,00				
MgSO4	1,46			1,46								1,46		
NH4H2PO4														
KH2PO4	0			0,00						0,00				
Mg(NO3)2														
Aportes reales			11,59	2,00	1,46			2,02	0,80	5,46	2,95	1,46		
Aportes reales en ppm			718,58	193,94	140,16			129,28	14,40	213,49	118,00	35,48		
Sol. Nutrit. Final(mmol/L)			11,59	2,00	1,46	0,50	3,23	2,02	0,80	5,46	2,95	1,46	6,39	
Sol. Nutrit. Final(meq/L)			11,59	2,00	2,92	0,50	3,23	2,02	0,80	5,46	5,90	2,92	6,39	
Suma Aniones (meq/L)			20,24											
Suma cationes (meq/L)			23,49											
Conductividad Electrica de la Sol. Nutrit. Final:			2,56		mS/cm									

33
0.

INFORME TECNICO

% de inyección	50,0		
----------------	------	--	--

**Sistema de riego con
cuatro tanques :**

TANQUE 1 (1000L)			
Ca(NO ₃) ₂			Kg
NH ₄ NO ₃	2,6		Kg
Micronutrientes			
Caudal (L/H)	400,0		
% de inyección	64,3		

TANQUE 4 (500L)			
HNO ₃			L
Caudal (L/H)	0.0		

inyección			
-----------	--	--	--

TANQUE 2 (1000L)			
H ₃ PO ₄			L
K ₂ SO ₄	0,00		Kg
KH ₂ PO ₄	0,00		
Caudal (L/H)	1,32		
% de inyección	0,21		

TANQUE 3 (1000L)		
KNO ₃		Kg
MgSO ₄	65,14	Kg
Caudal (L/H)	220,80	
% de inyección	35,49	

6. Detección de nuevas oportunidades y aspectos que quedan por abordar: señalar aquellas iniciativas detectadas en la actividad de formación, que significan un aporte para el rubro en el marco de los objetivos de la propuesta, como por ejemplo la posibilidad de realizar nuevos cursos, participar en ferias y establecer posibles contactos o convenios. Indicar además, en función de los resultados obtenidos, los aspectos y vacíos tecnológicos que aún quedan por abordar para la modernización del rubro.

A través de la realización de la pasantía en la Universidad de Almería las actividades que se pueden y deben realizar en el corto y mediano plazo son las siguientes:

*Elaboración de un proyecto en conjunto entre las dos universidades.

*Curso de capacitación y perfeccionamiento realizado por especialistas de la Universidad de Almería en Iquique y que tenga un ámbito internacional, incluyendo el Noreste de Argentina, Bolivia y Perú.

8. Resultados adicionales: capacidades adquiridas por el grupo o entidad responsable, como por ejemplo, formación de una organización, incorporación (compra) de alguna maquinaria, desarrollo de un proyecto, firma de un convenio, etc.

Se efectuó la tramitación de un convenio marco entre la Universidad de Almería y la Universidad Arturo Prat. Se adjunta documento.

Además se dejó un convenio en preacuerdo para la elaboración de un Convenio Especifico entre el Depto. de Producción Vegetal de la Universidad de Almería y el Depto. de Agricultura del Desierto de la Universidad Arturo Prat, para la realización en conjunto de proyectos.

9. Material Recopilado: junto con el informe técnico se debe entregar un set de todo el material recopilado durante la actividad de formación (escrito y audiovisual) ordenado de acuerdo al cuadro que se presenta a continuación (deben señalarse aquí las fotografías incorporadas en el punto 4):

Tipo de Material	Nº Correlativo (si es necesario)	Caracterización (título)
Libro		Manual de Cultivo sin suelo
Libro		Cullivos sin suelo II
Libro		Técnicas de Fertirrigación en Cultivo sin suelo
Apuntes		Calculo de necesidades de fertilizantes
Apuntes		Necesidades Nutritivas y Fertilización en Semilleros



Apuntes		Sistemas de Fertirrigación
Apuntes		Aspectos Técnicos y Agronómicos de la Fertirrigación
Apuntes		Fertilizantes y Fertirrigación
Apuntes		El agua de riego.

El material se entrega en un CD que forma parte de este informe.

10. Aspectos Administrativos

10.1. Organización previa a la actividad de formación

a. Conformación del grupo

_____ muy dificultosa _____ sin problemas _____ algunas dificultades

(Indicar los motivos en caso de dificultades)

b. Apoyo de la Entidad Responsable

___X___ bueno _____ regular _____ malo

(Justificar)

c. Información recibida durante la actividad de formación

___X___ amplia y detallada _____ aceptable _____ deficiente

d. Trámites de viaje (visa, pasajes, otros)

___X___ bueno _____ regular _____ malo

e. Recomendaciones (señalar aquellas recomendaciones que puedan aportar a mejorar los aspectos administrativos antes indicados)

10.2. Organización durante la actividad (indicar con cruces)

Ítem	Bueno	Regular	Malo
Recepción en país o región de destino	X		
Transporte aeropuerto/hotel y viceversa	X		
Reserva en hoteles	X		
Cumplimiento del programa y horarios	X		

En caso de existir un ítem Malo o Regular, señalar los problemas enfrentados durante el desarrollo de la actividad de formación, la forma como fueron abordados y las

sugerencias que puedan aportar a mejorar los aspectos organizacionales de las actividades de formación a futuro.

11. Conclusiones Finales

El objetivo profesional de realizar la pasantía en la Universidad de Almería se cumplió cabalmente al conocer el sistema productivo forzado de Almería y que puede ser aplicado con las modificaciones pertinentes a las condiciones agro ecológicas de la I Región y en particular en la Pampa del Tamarugal

Como productos de los conocimientos adquiridos en el campo de la producción forzada de hortalizas y frutales y en la fertirrigación actualmente se implementan experiencias en la Estación Agrícola Canchones en la producción invernal de Tomate, Pimiento, Sandía y Melón. También en la producción de almácigos de Tumbo y Citrus macrophylla (Portainjerto en cítricos)

Esta capacitación continua a través de un curso con la Universidad de Almería por medio del Internet – Fundación Mediterráneo en la cual el curso es dictado por el Dr. Miguel Guzmán Palominos.

Los conocimientos adquiridos y la visión obtenida se difundieron a diferentes actores relacionados con la actividad agrícola, tales como Académicos, Funcionarios del SAG, INDAP, CONADI, Alumnos y Agricultores.

Estos conocimientos esta siendo transferidos en forma más intensa a dos alumnos de la carrera de Ingeniería de Ejecución Agrícola quienes están realizando su practica profesional en este ámbito teniendo como profesor guía el Ing. Agr. Jorge Olave Vera.

El convenio firmado entre las dos universidades permitirá iniciar trabajos conjuntos de desarrollo agrícola en los ámbitos de la producción forzada y fertirrigación.

12. Conclusiones Individuales. anexar las conclusiones individuales de cada uno de los participantes de la actividad de formación, incluyendo el nivel de satisfacción de los objetivos personales (no más de 1 página y media por participante).



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

Fecha: 06.06.02 _____

Nombre y Firma coordinador de la ejecución: _____

AÑO 2002

**CERTIFICADO UNIVERSIDAD DE
ALMERIA**



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

DPTO. DE PRODUCCIÓN VEGETAL

D. José Miguel Guzmán Palomino, Profesor Titular en la Universidad de Almería, de las asignaturas FERTIRRIGACIÓN, HORTICULTURA PROTEGIDA; y NUTRICIÓN VEGETAL, del Departamento de Producción Vegetal.

Informa:

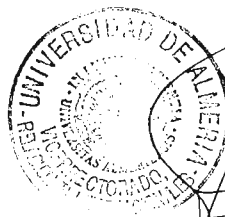
Que D. JORGE LEONARDO OLAVE VERA, procedente de la Universidad Arturo Prat de Iquique, (Chile), ha realizado una PASANTÍA durante el periodo de tiempo comprendido entre el 14 de enero y el 8 de febrero del 2002. La mencionada Pasantía se enmarca dentro del **“Programa de formación para la innovación agraria”** Financiado por el gobierno chileno a través de la **“Fundación para la Innovación agraria”**. Durante este tiempo, y bajo mi tutela, ha realizado en el campo de la **“Fertirrigación en horticultura protegida”**. las actividades siguientes:

- Introducción a las técnicas de fertirrigación
- Diseño y calculo de soluciones ideales para los diferentes cultivos horticolas de su interés
- Planificación de la fertirrigación para cultivos horticolas en suelo
- Calculo y preparación de soluciones de fertirrigación: Soluciones concentradas; fertilizantes
- Respuestas de los cultivos a la fertirrigación
- Seguimiento de cultivos horticolas bajo fertirrigación
- Control y modificación de las soluciones de fertirrigación
- Fertirrigación en sustratos diferentes del suelo

Además ha participado en el diseño e iniciación de un experimento para determinar el “efecto de proporciones crecientes de formas amoniacales sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate” que se realiza en el curso sobre “Metodologías de investigación en Nutrición Vegetal y Fertirrigación” dentro del programa de doctorado “Agricultura intensiva en zonas áridas”. Asimismo ha tomado contacto con el sistema de producción hortícola intensiva almeriense, realizando diferentes visitas técnicas a instituciones y empresas relacionadas con la horticultura protegida y la fertirrigación.

Para que conste, a petición del interesado, resaltando su aprovechamiento en las actividades realizadas durante su estancia, firmo la presente en Almería a siete de febrero de 2002

Fdo. Prf. Dr. D. J. Miguel Guzmán



V. B.

Fdo. Prf. Dr. D. Manuel Jaén García
Vicerrector de Relaciones Internacionales

PASANTIA - FERTIRRIGACION EN HORTICULTURA PROTEGIDA

Lugar de Realización: Universidad de Almería - Dpto. de Producción Vegetal

Profesor Responsable: Dr. Miguel Guzmán Palominos

Período de Actividades: 15 de Enero al 08 de Febrero del 2002, ambas fechas inclusive.

Martes 15 *Presentación Universidad de Almería, Dpto. Producción Vegetal con el Dr. Miguel Guzmán Palomino

*Programación actividades a realizar

*Actividades Invernadero Universidad de Almería

Miércoles 16 *Preparación de soluciones nutritivas con diferentes aportes de NPK para semillero de tomate para evaluar la respuesta de la planta.

Jueves 17 *Visita a Semilleros Almeriplant. Programa de producción de plántulas de Almendros y programa de fertirrigación en semilleros de hortalizas, principalmente tomate

Viernes 18 *Conocimiento de la técnica de la Enjertación en sandía.

*Reunión con el Sr. Manolo Jaén García - Vicerrector de Asuntos Internacionales de la Universidad de Almería

Sábado 19 *Recorrido de tres semilleros destinados a la producción de plantas de tomate, pimiento, melón, ornamentales.

Se vio la enjertación de sandía y cámaras para el prendimiento de injertos. Semilleros Almeriplant, Novoplant y Eljidoplant

Lunes 21 *Recorrido de sectores El Ejido y Campo Hermoso para conocer los aspectos de producción y fertilización en tomate, pimiento y pepino de ensalada en El Ejido y Campo Hermoso. Esta actividad se realizó con el Sr. Pablo Rodríguez.

Martes 22 *Preparación de soluciones nutritivas para semilleros.

Miércoles 23 *Preparación de soluciones nutritivas para semilleros.

Jueves 24 *Recorrido con el Sr. Antonio Lafarque - Consejería Agrícola de Andalucía para conocer las evaluaciones técnicas de inspección que se realizan a los semilleros. Los semilleros visitados fueron - Almeriplant y Novoplant.

*Se conoció la técnica de enjertación en melón y el acondicionamiento de las plantas post enjertación.

Viernes 25 *Visita a empresa privada destinada a la producción vertical de lechuga, poroto y frutilla bajo dos sistemas, sustrato y manta. El material de mangas verticales proviene de la empresa Sun Saver

Lunes 28 *Elaboración de programa de fertirrigación iniciándose a través de la utilización de planilla de cálculo - Programa Excel para obtener las soluciones madres, que está cien veces concentradas.



CURSO

PROFESORADO

- Ing. José María García Pareja. Técnico de Fortalan Asesores
- Ing. Javier Villegas Martínez. Técnico de Costasol
- Ing. Pedro Galindo Cuenca. Técnico de Alborán Agrícola
- Ing. Manuel López Vega. Técnico de comercial Agrotecno
- Ing. Teodoro Moreno Iniesta. Jefe Técnico del Centro de Formación Ocupacional del I.N.E.M.
- Ing. José Manuel Pérez. Director Gerente Riegos Himarcán
- Dr. Andrés García Lorca. Prof. UAL
- Ing. Alfredo García Pareja. Técnico de Grodan Ibérica
- Ing. Juan Jesús Berenguer Fernández. Técnico de la Coope. Agrícola
- Dr. José Salazar Mato. Prof. UAL
- Dr. Peter Adams. Prof. Investigador de Univ. de Londres
- Dr. Cees Sonneveld. Investigador Glasshouse Crops Research Inst. Naaldwijk. Países Bajos
- Dr. Pedro Hoyos. Univ. Politécnica Madrid
- Dr. Carlos Cadahía López. Univ. Autónoma de Madrid
- Dr. María del Carmen Salas Sanjuán. Prof. UAL
- D. Francisco Posada. Técnico de Viveros La Fresa
- Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán. Prof. UAL
- Dr. Agustín Sánchez Prados. Prof. UAL
- Dra. Reyes Blanco. Prof. UAL
- Ing. D. Julio Gómez Vázquez. Investigador de C.I.F.A. Almería
- Ing. Rafael Jiménez Mejías. Prof. UAL
- Dra. Gilda A. Carrasco Silva. Prof. Univ. Talca (Chile)
- Dra. Patricia Noguera Murray. Prof. Univ. Politécnica de Valencia
- Dr. Manuel Abad Berjón. Prof. Univ. Politécnica de Valencia
- Dr. Diego Luis Valera Martínez. Prof. UAL
- Dr. Jesús Antonio Gil Ribes. Prof. E.T.S.I. Agrónomos. Univ. de Córdoba
- Ingeniero Luis Miguel Fernández Sierra. Técnico de COEXPAL

PREINSCRIPCIONES E INSCRIPCIONES

Nº DE PLAZAS Y BECAS

La preinscripción se realizará en el negociado de Enseñanzas Propias de la Universidad de Almería en noviembre-diciembre del 2001, para los alumnos extranjeros y en marzo-abril para el resto. Se dispone de becas para dicho curso, su solicitud se hace en los mismos días. El número total de plazas es 25 (para mas información detallada dirigirse a Enseñanzas Propias cuya dirección abajo se especifica).

La confirmación de la inscripción se hará tras el pago de las tasas establecidas, los pasos para formalizar la matrícula se pueden también ver en la página WEB de Internet que abajo se lee, una vez aceptada la preinscripción, los alumnos deberán hacer efectiva su matrícula en mayo, entendiendo que si no la confirman, se recurrirá a cubrir su plaza con la siguiente persona preinscrita.

El curso se convalida por créditos de libre configuración (un máximo de 13 créditos).

ORGANISMOS Y EMPRESAS COLABORADORAS

- Departamento de Producción Vegetal
- Vicerrectorado de Estudiante. Universidad de Almería
- Viveros La Fresa • Riegos HIMARCAN
- Agrotecno Cultilene • NGS • Borges Andalucía
- Fortalan Asesores • Riegos Guadalfeo • GRODAN Ibérica
- COEXPAL • Alborán Agrícola
- Federación de Cooperativas Agrarias de Murcia. FECOAM
- Caja Rural de Granada. Estación Experimental La Nacía
- Asociación de estudiantes de Agronomía AGUA
- Iustre Colegio de Ingenieros Técnico Agrícolas de Almería
- Una larga lista (y por tanto anónima colaboración) pero no menos importante de agricultores que gentilmente permiten las visitas a sus instalaciones de cultivos sin suelo

INFORMACION

Administrativa: Enseñanzas Propias.
 Universidad de Almería Tlf: (+34) 950-015360.
 FAX: (+34) 950-015577. E-mail: epropia@ual.es
 INTERNET: <http://www.ual.es/~epropias/ense.htm>
 Para cualquier otra información dirigirse a la Coordinadora
 María del Carmen Salas Tlf (+34) 950 015951.
 FAX (+34) 950 015939 E-Mail csalas@ual.es

5ª Edición del CURSO INTERNACIONAL DE ESPECIALIZACIÓN EN

cultivo sin suelo



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Enseñanzas Propias

13 Mayo al 20 de Junio 2002

ORGANIZA:

*Departamento de
Producción Vegetal*

CONVENIO

IQUIQUE, 4 de junio del 2002

DECRETO EXENTO N° 420

siguiente Decreto:

Con esta fecha, el Rector de la Universidad Arturo Prat, ha expedido el

VISTOS Y CONSIDERANDO:

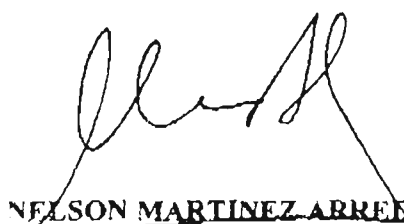
a.- Lo dispuesto en la Ley N° 18.368, del 30 de noviembre de 1984 y el D.F.L. N° 1 del 28 de mayo de 1985, el Decreto N° 570 del 27.12.99, todos del Ministerio de Educación Pública; el Decreto Exento N° 141 del 13.03.00.

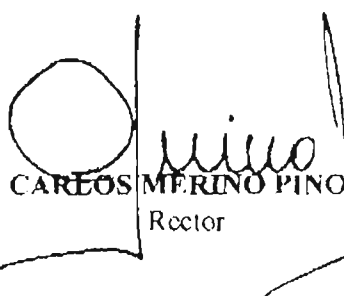
b.- El Traslado de Correspondencia s/n de Rectoría de fecha 29.05.2002, que solicita la emisión del presente documento.

DECRETO:

1.- Regularizase la aprobación del **CONVENIO DE COLABORACION CIENTIFICA Y CULTURAL ENTRE LA UNIVERSIDAD DE ALMERIA y LA UNIVERSIDAD ARTURO PRAT**, suscrito el 04 de febrero del 2002, de acuerdo a los términos contenidos en el documento adjunto, consistente en 3 fojas, debidamente autenticadas con la firma y timbre del Secretario General.

TÓMESE RAZON, REGÍSTRESE Y DESE CUMPLIMIENTO.

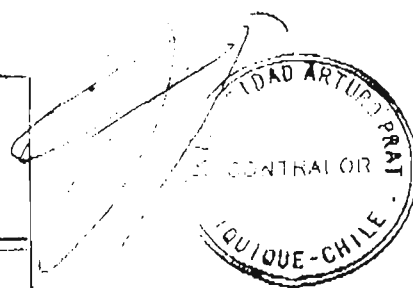
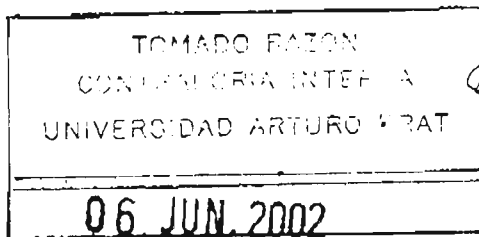

NELSON MARTINEZ ARREDONDO
Secretario General


CARLOS MERINO PINOCHET
Rector

DISTRIBUCION:

- Rectoría
- Vicerrectoría Académica
- Contraloría
- Secretaría General
- Dirección de Administración y Desarrollo Institucional
- Dirección de Finanzas

CMP/NMA/mas.



CONVENIO DE COLABORACIÓN CIENTÍFICA Y CULTURAL ENTRE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA Y LA UNIVERSIDAD ARTURO PRAT DE IQUIQUE (CHILE)

Almería, 4 de febrero de 2002

De una parte el Excmo. Sr. D. Alfredo Martínez Almécija, Rector Magnífico de la Universidad de Almería, en nombre y representación de la citada institución con domicilio social en Ctra. Sacramento s.n., La Cañada de San Urbano, Almería,

Y de otra parte el Excmo. Sr. D. Carlos Alfredo Merino Pinochet, Rector Magnífico de la Universidad Arturo Prat de Iquique (Chile), en nombre y representación de la citada institución con domicilio social en la Avda. Arturo Prat 2120. Casilla 121 Iquique Chile

Actuando ambas partes en nombre y representación de su respectiva Universidad

EXPONEN

I.- Que en función de su naturaleza y objetivos, las Instituciones que suscriben el presente Convenio están llamadas a desempeñar un papel fundamental en el acercamiento entre los pueblos.

II.- Que en el intercambio de experiencias y conocimientos científicos entre Profesores, Alumnos y Personal de Administración y Servicios de ambas Instituciones es del mayor interés para el progreso de su vida académicas.

III.- Que la Universidad Arturo Prat y la Universidad de Almería tienen campos de interés común e idénticos fines académicos, científicos y culturales.

IV - Que ambas Instituciones están interesadas en estrechar los vínculos culturales, científicos y académicos entre la Universidad de Almería y la Universidad Arturo Prat, ya iniciado durante la realización del proyecto 4.0223.6 Preparatorio de Movilidad para Postgraduado y Alumnos de Último Curso de Agronomía dentro de la Red de trabajo HIZAP, financiado dentro del programa ALFA de la Unión Europea, N° del contrato: ALR/b7-3011/94.04.0223.6 de que fue Institución coordinadora la Universidad de Almería.

POR TODO ELLO deciden concertar un Convenio de Colaboración entre ambas Instituciones, de acuerdo con las siguientes

CLÁUSULAS

PRIMERA.- Desarrollar relaciones culturales y científicas entre la Universidad Arturo Prat de Iquique y la Universidad de Almería, estableciendo en primer lugar un intercambio de información sobre especialidades, Planes de Estudios y calendarios de clases entre ambas Instituciones.

Periódicamente se facilitará, asimismo, información a la otra Institución sobre Proyectos de Investigación que estén llevando a cabo en temas de interés común.

SEGUNDA.- Fomentar el intercambio de personal docente e investigador entre ambas Instituciones, de manera que se facilite que los Profesores de cada una de ellas puedan enseñar en la otra Institución durante un plazo de tiempo determinado corriendo el sueldo y viajes a cargo de la propia Universidad.

Se facilitará asimismo la participación de investigadores de las respectivas Instituciones en Planes de Investigación conjuntos.

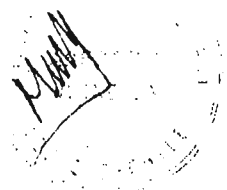
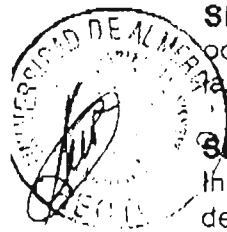
TERCERA.- Cada una de las dos Instituciones, ofrecerá a los Profesores, Investigadores y Posgraduados o Alumnos de Tercer Ciclo de la otra que la visiten un trato similar al que reciben sus propios Profesores Investigadores y Alumnos, facilitando el acceso a sus servicios académicos, científicos y culturales, y aceptando los estudios realizados en la otra Institución como equiparados a los propios, dentro de los límites de la legislación vigente en cada país.

CUARTA.- Asimismo cada una de las Instituciones facilitará la publicación conjunta de libros y la inclusión de trabajos de especialistas de la otra Institución en sus propias revistas especializadas, siempre que se ajusten a las normas vigentes en cada publicación.

QUINTA.- Se establecerán periódicamente encuentros de Profesores e Investigadores de ambas Instituciones de áreas similares de especialización, con objeto de que puedan intercambiar sus experiencias y conocimientos, así como para facilitar su colaboración en proyectos comunes.

SEXTA.- Se fomentarán sistemas de intercambio para el desarrollo de actividades de ocio y tiempo libre para los trabajadores de ambas Instituciones, con el fin de crear lazos de unión y conocimiento de la realidad universitaria.

SEPTIMA.- Con objeto de poder llevar a cabo este programa de colaboración, ambas Instituciones nombrarán una Comisión conjunta que establezca el programa concreto de intercambio de acuerdo con los Estatutos y posibilidades económicas de cada Institución y que vigile su puesta en práctica, así como su posible mejora.



OCTAVA.- El presente Convenio podrá ser modificado por mutuo acuerdo entre las partes, a solicitud de cualquiera de ellas.

NOVENA.- El presente Convenio entrará en vigor a partir de la firma del mismo por ambas partes y tendrá una duración de un año, renovable automáticamente por un periodo similar, a no ser que una de las partes notifique a la otra su deseo de darlo por concluido con una antelación mínima de tres meses antes de la fecha de conclusión del mismo.

DÉCIMA.- Ambas partes acuerdan llevar a término los compromisos que deriven del presente Convenio y no se hayan concluido en el momento en que expire la validez del presente Convenio.

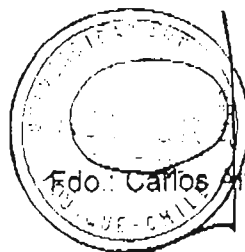
Los representantes de ambas Instituciones firman el presente Convenio, en dos ejemplares originales igualmente válidos y estampan en ellos sus respectivos sellos en la fecha y lugar ut supra.

POR LA UNIVERSIDAD DE ALMERIA

POR LA UNIVERSIDAD ARTURO PRAT



Fdo.: Alfredo Martínez Almécija



Fdo.: Carlos Alfredo Merino Pinochet



CONTACTOS

JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA
Delegación Provincial de Almería

Antonio Lafarque Garcia
Ingeniero Técnico Agrícola

Hermanos Machado, 4. 3ª Planta Despacho 12
04004 Almería
TEL.: 950 24-01-11



LUIS GARCIA LORENTE
GERENTE

C/. Los Alamos, 16
04640 PULPI (Almería)

Tel. y Fax: 950 46 47 21



GABRIEL GAITÁN HERNÁNDEZ
Ingeniero Técnico Agrícola

C/ Real, 10 - 2º.2
Roquetas de Mar
Apdo. correos 39
04740 - ALMERÍA

Tel.: 630 97 92 22
Fax: 610 75 89 16
agroambiental@ingenieroagricola.org



610579066



José Luis Ortega Jara
Ldo. Ciencias Químicas

Los Plateros, 10 (P.I Agroenco)
04738 VICAR (Almería)
Tel. 950. 55 33 33 Fax 950. 55 34 34
ventas@dicsa.es

Delegación Granada: 958. 13 34 97
Delegación Jaén: 953. 22 70 52
Delegación Málaga: 952. 61 86 07
www.dicsa.es

Instrumentación Científica Material para laboratorios

Juan López Fuentes
Gerente



Ctra. de Las Norias, 49
04716 Las Norias - El Ejido (Almería)
Tel: (34) 950 58 78 44
RDSI-Fax: (34) 950 60 68 00



Alborán
Agrícola s.a.

Pedro Galindo Cuenca
Ingeniero T. Agrícola
Dpto. Técnico

CTRA. DE LAS NORIAS, 5
APARTADO DE CORREOS, 56
04745 LA MOJONERA
(ALMERÍA)
TLF. Y FAX: 950 62 77 13
MÓVIL: 600 53 85 60
E-MAIL: alboran.p.galindo@arural.es



Francisco López Ramón

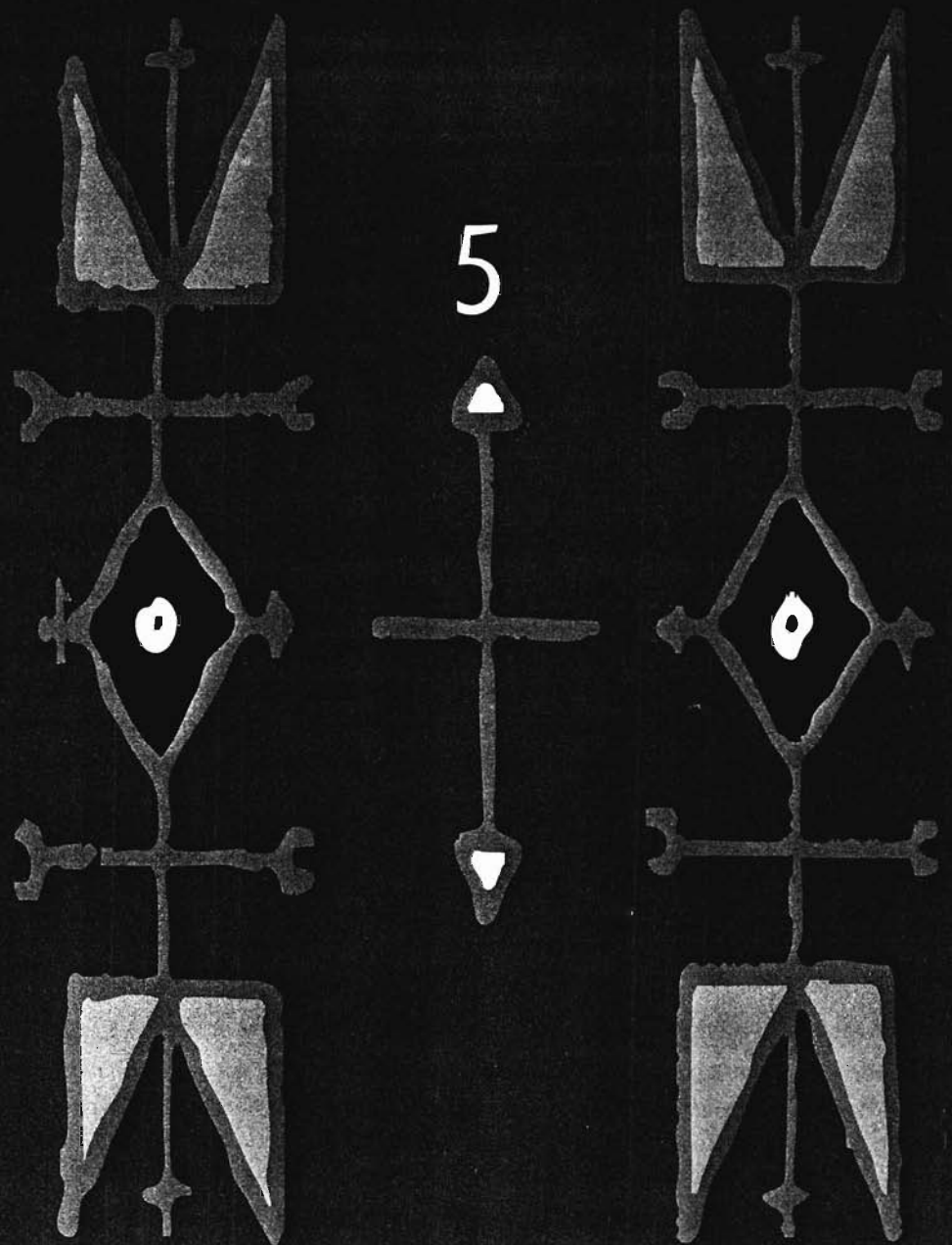
Ingeniero Técnico Agrícola
Director

Portugal:
Rijk Zwaan Portugal, Lda.
Rua Antonio José Gomes, 60-B-C
Cova da Piedade
2800 ALMADA - PORTUGAL
Telf. + 21 - 274 48 85
Fax. + 21 - 274 48 93

Central: Rijk Zwaan Ibérica, S.A.
Paraje el Mami. Ctra. Viator
04120 La Cañada.
ALMERIA (España)
Central: +950. 62 61 90
Fax +950. 62 61 62
TELF. MOVIL 670 99 18 29
E-mail: f.lopez@rijkszwaan.es

MATERIAL ESCRITO

MANUAL DE CULTIVO SIN SUELO



Manual **UAL** es
UNIVERSIDAD DE ALMERÍA Servicio de Publicaciones



MINIIMPRESA

5



Cultivos sin Suelo II

**Curso
Superior de
Especialización**



EDITORES

**Fernández Fernández, Milagros
Cuadrado Gómez, Isabel M^a**



JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y PESCA



FUNDACION PARA LA
INVESTIGACION AGRARIA EN LA
PROVINCIA DE ALMERIA

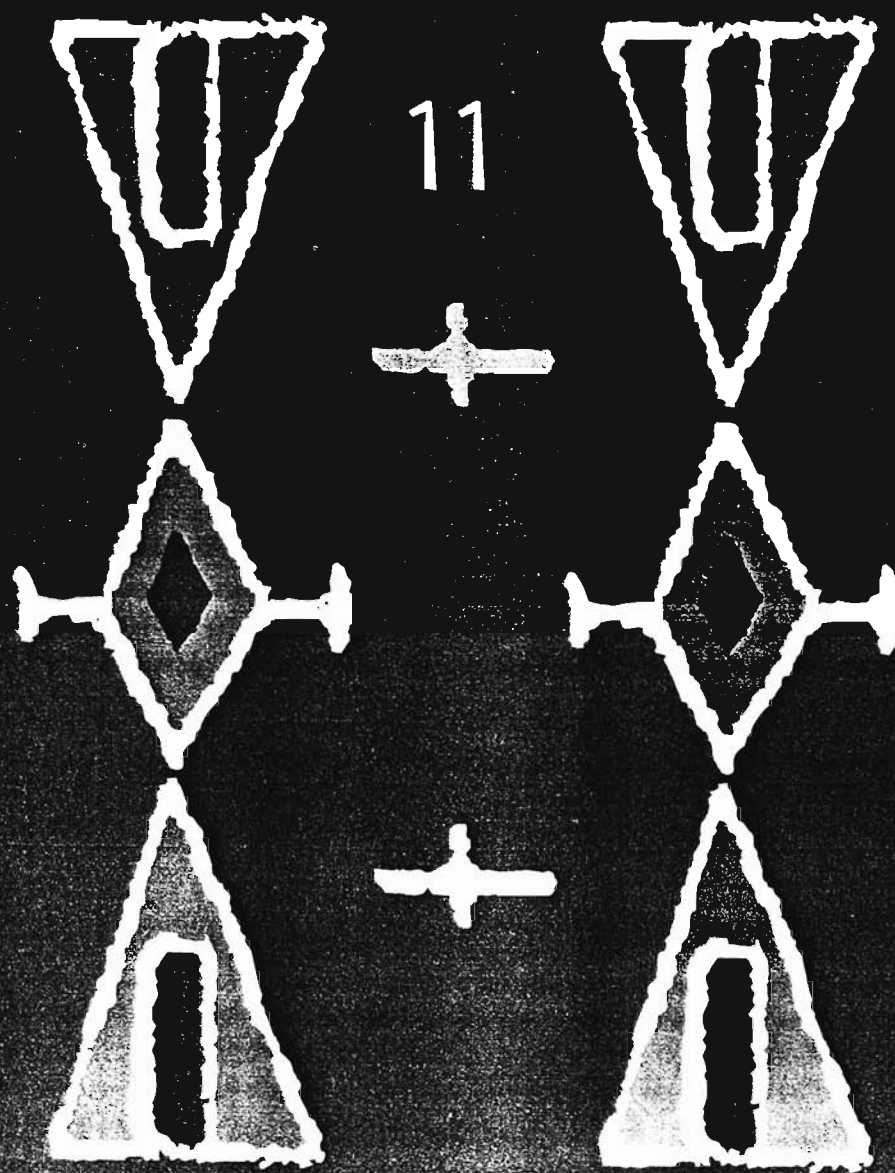


CAJA RURAL DE ALMERIA

CAJA RURAL DE ALMERIA

Miguel Urrestarazu García

TÉCNICAS DE FERTIRRIGACIÓN EN CULTIVO SIN SUELO



ManUALES

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA Servicio de Publicaciones

mguzman@ual.es
PROBLEMA

CALCULO DE cantidades de fertilizantes en función del agua de riego para preparar una SOLUCIÓN DE FERTIRRIEGO "ideal"

	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					CE pH
	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Agua riego											
Solución ideal				---	---					---	
(hoaglan y Arnon, 1950)											
Aportes											

1º CONOCER los iones que aporta el agua (análisis fiable)

	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					CE pH
	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Agua riego				2.80	0.62			2.00	0.80	0.62	
Solución ideal	15	2.10	6.50	--	--	1.2	9.5	8.60	4.30	--	
Aportes											

2º CALCULAR El aporte de iones previstos (diferencia).neutralizar los bicarbonatos adicionando ácido (nitríco))Dejando como medida de seguridad el 10% de los bicarbonatos o 0.5 meq/l)

	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					CE pH Σ/10
	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Agua riego											
Solución ideal											
Aportes	15	2.10	6.50	-2.52	0.62	1.20	9.50	6.60	3.50	0.62	

3º DISTRIBUIR los iones a aportar (de 2º)para posibilitar el calculo de las Sales binarias que aportaremos a la disolución.(tabla de doble entrada; aniones frente a cationes)

meq/l	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	TOTAL An
NO ₃ ⁻						
PO ₄ H ₂ ⁻						
SO ₄ ⁼						
TOTAL Cat						

4º Introducir los meq necesarios para neutralizar los bicarbonatos de 1 litro de agua, como ácido nítrico NO₃H.

meq/l	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	TOTAL An
NO ₃ ⁻					2.52	15
PO ₄ H ₂ ⁻						2.10
SO ₄ ⁼						6.50
TOTAL Cat	1.20	9.50	6.60	3.50	2.52	23.6

$$mlNO_3H = A \left(\frac{meq}{l} \right) * Pe \left(\frac{mg}{meq} \right) * \frac{1}{\delta} \left(\frac{ml}{g} \right) * \left(\frac{100}{\%R} \right) * \left(\frac{g}{1000g} \right)$$

$$= 2.52 \times 63 \times 1 / 1.37 \times 1 / 56 \times 100 / 1000 = 0.197 ml/L$$

5º a: DISEÑAR la composición de las sales que aportaremos por cada litro de solución de fertirriego (posibilidad A)

meq/l	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	TOTAL An
NO ₃ ⁻					2.52	15
PO ₄ H ₂ ⁻						2.10
SO ₄ ⁼						6.50
TOTAL Cat	1.20	9.50	6.60	3.50	2.52	23.6

$$\text{NO}_3\text{NH}_4 = \frac{\text{meq}}{l} * 80 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l} \Rightarrow [*1000 \text{ L} * 200\text{v.c.}] = \frac{\text{g}}{\text{deposito}}$$

$$\text{NO}_3\text{K} = \frac{\text{meq}}{l} * 101.1 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l} \Rightarrow$$

$$(\text{NO}_3)_2\text{Ca} = \frac{\text{meq}}{l} * 118 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l} \Rightarrow$$

$$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K} = \frac{\text{meq}}{l} * 136.1 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l} \Rightarrow$$

$$\text{SO}_4\text{K}_2 = \frac{\text{meq}}{l} * 87.2 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l} \Rightarrow$$

$$\text{SO}_4\text{Mg} = \frac{\text{meq}}{l} * 123.2 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l} \Rightarrow$$

5º b: DISEÑAR la composición de las sales que aportaremos por cada litro de solución de fertirriego (posibilidad B)

meq/l	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	TOTAL An
NO ₃ ⁻						15
PO ₄ H ₂ ⁻						2.10
SO ₄ ⁼						6.50
TOTAL Cat	1.20	9.50	6.60	3.50	2.52	23.6

$$\text{NO}_3\text{K} = \frac{\text{meq}}{l} * 101.1 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l}$$

$$(\text{NO}_3)_2\text{Ca} = \frac{\text{meq}}{l} * 118 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l}$$

$$\text{PO}_4\text{H}_2\text{NH}_4 = \frac{\text{meq}}{l} * 115 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l}$$

$$\text{SO}_4\text{K}_2 = \frac{\text{meq}}{l} * 87.2 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l}$$

$$\text{SO}_4\text{Mg} = \frac{\text{meq}}{l} * 123.2 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} * \frac{\text{lg}}{1000\text{mg}} = \frac{\text{g}}{l}$$

Calculo de soluciones nutritivas

milimoles / litro	HCO3-	H2PO4-	NO3-	SO4--	Cl-	K+	Ca++	Mg++	NH4+	Na+	Ce
Solución nutritiva	0.92	2.10	15.00	6.50		9.50	4.30	2.15	1.20		2.60
análisis agua	3.47		0.08	0.54	4.3	0.09	1.25	1.67		3.74	930
Dif. a aportar	2.55	2.1	14.9	5.96		9.41	3.05	0.48	1.2		
Zafiro			10.4			2.281	3.74		0.67		1122
Marino			0						0		0
						7.00					840
Hydro 0-0-10			0		0						0
Hydro 0-0-15					0						0
Diamante básico	0										0
		3									
Hydro 0-20-8	0					0					0
Hydro 0-25-0											
Diamante ácido	1.22		-1.22								-73
								0.47			94
Sulfato de Magnesio				0							0
Sol. calculada	0.92	3	14.8	2.08	4.3	9.37	4.99	2.14	0.666	3.74	1983
meq / litro	0.92	3	14.8	4.16	4.3	9.371	9.98	4.28	0.666	3.74	930
Suma de aniones en meq/litro					27.16		cationes en meq/litro			28.04	2913
Diferencia cationes/aniones :											3.21%
Ce aportada deseable											2600
milimoles / litro	HCO3-	H2PO4-	NO3-	SO4--	Cl-	K+	Ca++	Mg++	NH4+	Na+	Ce recalculada
Sol. recalculada	0.92	3.93	17.54	2.38	4.30	12.26	6.15	2.29	0.98		2543

Fertilizante	% maq.	% maq.100
Zafiro	10.10	23.64
Marino	0.00	0.00
	28.70	67.20
Hydro 0-0-10	0.00	0.00
Hydro 0-0-15	0.00	0.00
Diamante básico	0.00	0.00
	2.55	5.97
Hydro 0-20-8	0.00	0.00
	0.00	0.00
Diamante ácido		0.00
	1.36	3.19
Sulfato de Magnesio	0.00	0.00

Solución recalculada		Ce recalculada
Fertilizante	mmol/l	
Zafiro	4.90	1471
Marino	0.00	0
	9.18	1101
Hydro 0-0-10	0.00	0
Hydro 0-0-15	0.00	0
Diamante básico	0.00	0
Verde ácido	3.93	
Hydro 0-20-8	0.00	0
Hydro 0-25-0	0.00	
Diamante ácido	-2.39	-153
Topacio	0.62	123
Sulfato de Magnesio	0.00	0

Calculo de soluciones nutritivas, manual y Tanques A - B

milimoles / litro	HCO3-	H2PO4	NO3-	SO4--	Cl-	K+	Ca++	Mg++	NH4+	Na+	Ce
Solución nutritiva	0.8	2.10	15.00	6.50		9.50	4.30	2.15	1.20		2.60
análisis agua	3.26			0.14	0.38	0.02	0.83	1.01		0.25	392
Dif. a aportar	2.46	2.1	15	6.36		9.48	3.47	1.14	1.2		
Zafiro			7.449			1.629	2.67		0.48		801
Marino											0
						0.5					60
Hydro 0-0-10			0		0						0
Hydro 0-0-15					0						0
Diamante básico	0										0
Verde ácido											
Hydro 0-20-8	-0.6	1.5				0.9					113
Hydro 0-25-0											
Diamante ácido	-1.81		1.81								108
											0
Sulfato magnesio				0.5				0.5			70
Sol. calculada	0.80	1.50	9.58	0.75	0.38	3.05	3.50	1.51	0.48	0.25	1151.8
meq / litro	0.80	1.50	9.58	1.50	0.38	3.05	7.00	3.02	0.48	0.25	392
Suma de aniones en meq/litro				13.76		Cationes en meq/litro			13.79		1543.8
											Ce aportada
											Ce agua
											Ce Total

Superficie a regar(m2) 5000
 Goteros/m2 2
 Litros/hora gotero 3

Fertilizante	Litros /hora	Lit/100 M3	cc/min
Zafiro	21.63	72.1	361
Marino	0.00	0.0	0
	6.00	20.0	100
Hydro 0-0-10	0.00	0.0	0
Hydro 0-0-15	0.00	0.0	0
Diamante básico	0.00	0.0	0
	0.00	0.0	0
Hydro 0-20-8	13.50	45.0	225
Hydro 0-25-0	0.00	0.0	0
Diamante ácido	4.33	15.5	72
Topacio	0.00	0.0	0
Sulfato magnesio	6.75	22.5	113

0.22
 0.00
 0.06
 0.00
 0.00
 0.00
 0.00
 0.14
 0.00
 0.04
 0.00
 0.07

	Aniones mMol/l					Cationes mMol/l					CE
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH	
Agua de riego (mMol/l)	0.11	0	0.7	2.89	0.62	0.1	0.3	0.92	0.79	7.16	0.51
Solución inicial											
Ap. Previstos (meq/l)	15	1.5	3	0.5	0	0.5	7	3	1.5		

	Ptas/Kg		mMol/l									
H ₂ SO ₄ 92% *	1	H ₂ SO ₄	0.000			0.000	0.000					
H ₃ PO ₄ 72% *	1	H ₃ PO ₄	1.500		1.500		-1.500					
HNO ₃ 56% *	1	HNO ₃	4.305	4.305			-4.305					
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1	Ca(NO ₃) ₂	6.800	4.400					0.4		2.000	
KNO ₃	1	KNO ₃	6.185	6.185						6.185		
NH ₄ NO ₃	1	NH ₄ NO ₃	0.000	0.000					0.000			
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1	MgSO ₄	0.000			0.000						0.000
K ₂ SO ₃	1	K ₂ SO ₄	0.000			0.000				0.000		
H ₂ PO ₄ NH ₃	1	H ₂ PO ₄ NH ₄	0.000		0.000				0.000			
KH ₂ PO ₃	1	KH ₂ PO ₄	0.000		0.000					0.000		
	Aportes reales		0.000	14.890	1.500	0.000	-5.805	0.000	0.400	6.185	2.000	0.000
Solución nutritiva final (mMol/l)				15.0	1.5	0.7	-2.9	0.6	0.5	6.5	2.9	0.8
				15.0	1.5	1.4	-2.9	0.6	0.5	6.5	5.8	1.6
			meq/l									
Σ Aniones			15.61									
Σ Cationes			14.405									
ppm Σ			1452	930	146	134	-178	22	9	253	117	19
CE dS ·m ⁻¹			2.268									

nº veces concentrada la solución:

100

Volumen a llenar en el tanque 1(l) :

200

Volumen a llenar en el tanque 2(l) :

200

Volumen a llenar en el tanque 3(l) :

200

Tanque	Fertilizante:	Kg a aportar	Ptas
1	H ₂ SO ₄ 92% *	0.000	0
	H ₃ PO ₄ 72% *	1.861	2
	HNO ₃ 56% *	4.048	4
2	NH ₄ NO ₃	0.000	0
	KNO ₃	12.494	12
	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	1370.948	1371
3	H ₂ PO ₄ NH ₃	0.000	0
	KH ₂ PO ₃	0.000	0
	MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.000	0
	K ₂ SO ₃	0.000	0
Total:			1389

* Aporte en litros



Calculo de soluciones nutritivas

milimoles / litro	HCO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	Ce
Solución nutritiva											
análisis agua											
Dif. a aportar											
Zafiro			2,8			0,6			0,20		
Marino			3,7						1,7		
Rubi	-0,10		0,6	0,2							
Hydro 0-0-10			0,5		0,5						
Hydro 0-0-15											
Diamante básico											
Verde ácido											
Jade	-0,4					0,6					
Aguamarina											
Diamante ácido											
Topacio			2								
Ambar											
Sol. calculada											
meq / litro											
Suma de aniones en meq/litro				Suma de cationes en meq/litro							

Calculo teórico de la Ce

Fertilizante	Unidades	% 1 mmol	% maq.	Incr. CE	Ce final
Zafiro		2,7		300	
Marino		3		340	
Rubi		4,1		120	
Hydro 0-0-10		4,1		130	
Hydro 0-0-15		2,8		135	
Diamante básico		1,2		70	
Jade		3		50	
Verde ácido		0,85		no	
Aguamarina		2,1		no	
Diamante ácido		0,86		60	
Topacio		2,9		200	
Ambar		4,5		140	

Ce agua

+ Ce total aportada

Ce total =

9 NECESIDADES NUTRITIVAS Y FERTILIZACIÓN EN SEMILLEROS

Ya se ha comentado la importancia de determinados nutrientes para el crecimiento de las plántulas confinadas en alvéolos independientes, así como el papel del pH sobre la disponibilidad de estos elementos nutritivos. En este tema estudiaremos el último vértice del triángulo nutritivo: el papel de los fertilizantes solubles aplicados en posplantación.

La fertilización es un aspecto complicado del cultivo de plántulas en contenedores muy pequeños (cada celda de una bandeja) que drenan muy rápidamente, produciendo cambios rápidos en el pH y favoreciendo la acumulación de sales que pueden dañar el delicado sistema radical de las plántulas. No existe un esquema de fertilización sencillo que permita cubrir las necesidades nutritivas de todas las especies hortícolas que se cultivan en semillero. Incluso para cada cultivo, las cantidades y formulaciones de fertilización deben alterarse de acuerdo con el estadio de crecimiento en que se encuentre la plántula, la velocidad de crecimiento deseada o los cambios en el pH del sustrato. Si un semillero solo se dedica a producir un determinado tipo de plántula como por ejemplo tomate, la fertilización es un problema menor, sin embargo, si simultanea la producción de 8 o 10 especies diferentes en diferentes estadios de producción, la fertilización puede ser bastante complicada.

La necesidad de utilizar diferentes tipos de fertilizantes, en diferentes formulaciones para cada estadio de los diferentes cultivos se basa en tres factores fundamentales: La disponibilidad de nutrientes: El equilibrio nutritivo y: El control sobre la velocidad de crecimiento que puede ejercerse regulando las aplicaciones diarias de fertilizantes:

- La disponibilidad de elementos nutritivos viene determinada por el pH del medio de crecimiento. Para las mezclas de sustratos que no contienen suelo, todos los nutrientes se encuentran disponibles entre pH 5.5 y 6.5. Sin embargo, en un contenedor de poco volumen, el pH del medio no es constante y está influenciado por la alcalinidad del agua, por la caliza del medio, por el tipo de fertilizante aplicado y por la propia actividad de la plántula. El reducido volumen del alveolo presenta una capacidad tamponante muy reducida, parcialmente debido a su poco volumen, a su pequeño tamaño de partículas y a la utilización de sustratos con menor capacidad tampón que cualquier suelo. Si solo se utiliza una formulación de fertilización durante todas las etapas de crecimiento habrá elementos que se presenten en niveles deficientes y otros que alcancen valores muy elevados.
- Hace algún tiempo, las mezclas de semillero presentaban una gran carga inicial de fertilizantes, preferentemente calizas y fosfatos, adicionados para alimentar a las plántulas hasta el transplante, que se realizaba en etapas mas tempranas que con los contenedores. Actualmente las mezclas comerciales o preparadas, se presentan con poca o ninguna carga inicial, menos cantidad de caliza para mantener el pH alrededor de 5.5 y menos P, lo que obliga a iniciar la fertilización de las plántulas antes de los 10 días posteriores a la siembra y hasta el momento del transplante
- El control del crecimiento de las plántulas puede efectuarse examinando cuidadosamente el tipo de fertilizante a utilizar, en que momento del crecimiento y en que cantidad, lo que requiere en la mayoría de las ocasiones tener la posibilidad de modificar los equilibrios iniciales

9.1.- Interacción de la nutrición con el agua y la calidad del medio de cultivo

La programación de la fertilización depende inicialmente de la calidad del agua y del medio utilizado para el crecimiento.

La calidad del agua es importante por tres razones fundamentales: su alcalinidad, su contenido en sales solubles, y su concentración en elementos nutritivos:

- La alcalinidad es una medida de la capacidad tampón del agua, es mucho mas importante que el pH. Cuanto mayor es la alcalinidad de un agua, mayor es su contenido en bicarbonatos capaces de neutralizar hidrogeniones del medio y, consecuentemente, provocar mayores elevaciones del pH en el medio de cultivo. La adición de agua alcalina a un cultivo en semillero es equivalente a aplicar caliza al medio. Pueden utilizarse ácidos para neutralizar aguas con elevada alcalinidad, sin eliminar su capacidad tampón.
- El contenido en sales solubles en un agua utilizable para la producción de plántulas no debería ser superior a los $750 \mu\text{S cm}^{-1}$. Las sales solubles acumuladas desde el agua, el medio y los fertilizantes pueden dificultar el crecimiento radicular y favorecer la aparición de pudriciones.

- La cantidad de elementos nutritivos en el agua debe tenerse en cuenta para modificar la cantidad de elementos aportadas en la fertilización.

La calidad del medio de crecimiento también contribuye al control del pH, de las sales solubles y del nivel de elementos nutritivos disponibles.

- En los medios basados en turba rubia, el pH inicial es bajo (entre 4.0 y 4.5), por lo que necesita subirse utilizando calizas. El tamaño de partículas y la cantidad de caliza determina la rapidez con la que se eleva y se estabiliza el pH del medio. Algunas mezclas se presentan comercialmente sin adición, mientras que otras presentan cantidades elevadas de caliza, por lo que es recomendable probar el comportamiento del medio durante las dos primeras semanas de riego para determinar como se libera la caliza adicionada a nuestro medio.
- El pH del medio es controlado por la alcalinidad del agua y la caliza y la reacción de los fertilizantes adicionados
- El nivel de sales solubles en el medio tampoco debe sobrepasar los $750 \mu\text{S cm}^{-1}$ (en diluciones 2:1). Todos los fertilizantes están compuestos por sales solubles, por lo que su adición en posemergencia incrementa el nivel de sales solubles del medio al que está expuestas las raíces. Si el nivel de sales solubles es muy bajo (menor de $500 \mu\text{S cm}^{-1}$ (2:1)), probablemente no exista suficientes elementos para mantener el crecimiento de las plántulas en velocidades aceptables. Si por el contrario es mayor de $1,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ (2:1) este puede producirse a una velocidad demasiado elevada, con una distribución poco recomendable, reduciendo el crecimiento radical e incrementando el aéreo
- La cantidad de fertilizantes de fondo, inicial o de iniciación adicionados al sustrato pueden determinar en gran medida el nivel de sales solubles en la mezcla de producción, por lo que es necesario recurrir a un laboratorio reconocido para determinar el nivel de sales solubles y la cantidad de elementos nutritivos que componen estas sales.
- Cuanto mayor es la CCC del medio mayor es su capacidad de contener elementos nutritivos y de liberarlos en forma disponible para las plántulas.
- Finalmente la porosidad del medio puede afectar a la frecuencia de riego y al lavado de nutrientes. Con espacios porosos aéreos muy grandes, la mezcla del alveolo drena más rápidamente, por lo que necesita ser regado más frecuentemente.

Es importante conocer la cantidad de fertilizantes que se aportan a cada alvéolo cada vez que se aportan, ya que la razón más importante para realizar fertilizaciones de possiembra en el semillero es la de proporcionar los elementos que necesita la plántula en cada momento de su diferenciación y crecimiento. Algunos pueden provenir del agua o del medio de crecimiento, pero el resto hay que proporcionárselos justo cuando y en la cantidad en que son requeridos.

9.2.- Nutrientes individuales

9.2.1.- Nitrógeno

El nitrógeno es utilizado por las plántulas para construir los aminoácidos, las proteínas, los enzimas, y la clorofila. Se presenta en tres formas fertilizantes: como nitratos (NO_3^-); como amonio o forma amoniacal (NH_4^+); y como urea ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$). Esta última forma puede considerarse como una forma amoniacal ya que necesita ser convertida a NH_4^+ para poder ser asimilada por las plántulas. La forma NO_3^- es absorbida directa y preferentemente por las raíces de las plantas, es muy móvil tanto en el medio como en el interior de la plántula y puede almacenarse en su interior a niveles muy elevados sin presentar toxicidad. Sin embargo, para que el NO_3^- pueda incorporarse al metabolismo debe reducirse hasta amonio. Una determinada parte del NH_4^+ puede absorberse directamente por las raíces (debiendo ser inmediatamente incorporado en compuestos orgánicos en la raíz, ya que la cantidad de NH_4^+ presente en la plántula puede fácilmente alcanzar niveles tóxicos), sin embargo, la mayor parte del NH_4^+ debe convertirse en NO_3^- mediante el concurso de bacterias antes de que se produzca su absorción. Esta conversión es dependiente de la temperatura del medio y de su pH (no se produce a T° inferiores a 15°C ni a pH inferiores a 5.5), por lo que estas condiciones pueden provocar toxicidades por NH_4^+ en la plántulas.

Excesivo	Inhibido
N	K
NH ₄ ⁺	Ca, Cu
K	N, Ca, Mg
P	Cu, Fe, Zn, B
Ca	Mg, B
Mg	Ca
Na	Ca, K, Mg
Fe	Mn
Mn	Fe, Mo
Zn	Mn, Fe
Cu	Mn, Fe, Mo

Tabla 1.- Incompatibilidades entre elementos nutritivos

Para la mayoría de las especies, la proporción de NO₃⁻ reducidos en sus raíces aumenta con la temperatura y con la edad de la plántula. La velocidad de absorción del ión acompañante también afecta esta proporción; cuando se absorbe K⁺ como catión acompañante, la movilización tanto de K como de NO₃ hacia la parte aérea es muy rápida, por lo que la reducción en la raíz desciende; mientras que si el catión acompañante es el Ca la reducción de NO₃⁻ en la raíz es considerablemente alta (Nelson, 1991). Este hecho se corresponde con la observación de que cuando el Ca acompaña a los NO₃⁻ en la absorción, las raíces disponen de mayor cantidad de estos para utilizarlo ellas mismas, por lo que producen mayor cantidad de peso seco radical. Cuando es el K el ión acompañante, la parte aérea dispone de mayor cantidad que la raíz u se produce mayor cantidad de peso seco aéreo..

Cuando aumenta la cantidad de N total, desciende la cantidad de carbohidratos almacenados, pero aumenta el contenido en lignina (componente de la pared celular). Elevados niveles de N compiten con el K que es importante en la carga de sacarosa en el floema de las plántulas. Elevados niveles de NH₄⁺ (mayores de 10 ppm) pueden inhibir la absorción de Ca y Cu, por lo que la plántula presenta un pobre crecimiento aéreo, mayor crecimiento radical, hojas delgadas y de color oscuro.

La deficiencia de nitrógeno no es difícil de detectar: La pigmentación clorofilica verde comienza a apagarse adquiriendo tonalidades verde claro y eventualmente amarillas (clorosis). El signo mas revelados de la deficiencia de nitrógeno es la aparición de clorosis en las hojas mas viejas dado que es un elemento de elevada movilidad, algunas plántulas como las de las crucíferas desarrollan una pigmentación rojiza o bronceada. Los niveles elevados de iluminación (mas de 35,000 lux) y la temperatura alta (mas de 25 °C) hacen descender los niveles de nitrógeno disponible rápidamente, por lo que es necesario incrementar la concentración en el medio para asegurar su absorción por las plántulas

La deficiencia de nitrógeno puede corregirse con la aplicación o el incremento en la cantidad de fertilizantes nitrogenados, dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentre la plántula. Para reiniciar el crecimiento en plántulas muy afectadas es necesario mantener una fertilización constante (en cada riego) o incrementar la concentración de aporte, sin embargo es necesario mantener el nivel de sales solubles en el medio (2:1) entre 700 y 1200 µS cm⁻¹.

Los síntomas de toxicidad por amonio en la mayoría de las especies hortícolas comienzan con un aspecto marchito en las hojas basales, que sin embargo permanecen turgentes, con un incremento en su grosos y un tacto de cuero. En los espacios internerviales marginales de las hojas inferiores aparece una clorosis irregular que rápidamente se convierte en necrosis del tejido afectado. Los síntomas se desplazan desde las hojas viejas a las jóvenes si la toxicidad no se corrige. También se afecta el ápice de crecimiento radical que muere adquiriendo un aspecto marrón el resto del sistema radical. Esta toxicidad es más frecuente en invierno que en verano y mayor en el norte que en el sur

Para corregir la toxicidad por amonio es necesario mantener la temperatura del medio radical por encima de los 18 °C cuando se utilizan fertilizantes amoniacales o urea, manteniendo los valores de pH por encima de 5.5 para facilitar la conversión de NH₄ en NO₃. Cuando trabajamos con sustratos carentes de suelo esta actividad microbiana es mucho mas difícil por lo que es recomendable además, reducir la concentración y la frecuencia de aplicación de fertilizantes amoniacales sustituyéndolos con formas nítricas aumentando paralelamente el drenaje

9.2.2.- Potasio

El elemento mas versátil y necesario para las plántulas es el potasio, se requiere para la elongación celular, la síntesis de proteínas, la activación de numerosos enzimas, y para la fotosíntesis. Funciona como un transportador de membrana para otros nutrientes y para los carbohidratos, siendo responsable de la carga del floema a través del cual se transporta hacia los sumideros que constituyen las raíces (y las flores, frutos y semillas si existen). Juega un papel fundamental en el mantenimiento del potencial osmótico (turgencia) de las células y tejidos de la plántula. Actúa como regulador de la apertura y cierre de los estomas variando la turgencia de las células guarda de los estomas por lo que las plántulas son capaces de resistir el estrés hídrico con un menor descenso en la velocidad de fotosíntesis si presentan contenidos elevados de K.

La absorción de K es altamente específica y está estrechamente acoplada con la actividad metabólica de la plántula. Es altamente móvil en la planta a todos los niveles. Es necesario en cantidades similares a las de N y Ca. Las plántulas deficientes en K son mas susceptibles a los daños por baja temperatura y a los ataques de hongos.

El primer síntoma de la deficiencia de potasio es la aparición de clorosis marginales en las hojas basales. que en algunas especies como el tomate. puede comenzar directamente con la aparición de manchas irregulares cloróticas en toda la superficie de las hojas basales. La clorosis da paso rápidamente a la necrosis que se presenta sin solución de continuidad con la clorosis en todo el borde de las hojas . pero fundamentalmente en los ápices terminales, o en las manchas previamente cloróticas. Los síntomas progresan hacia arriba hasta alcanzar el ápice de la plántula. Algunas hortícolas ornamentales presentan deformaciones foliares semejantes a la fototoxicidad por 2,4-D. pero en el caso de deficiencia de K esta empieza por las hojas basales en lugar de por las apicales.

Para corregir la deficiencia de K en primer lugar hay que asegurarse de que la concentración de K en el medio es similar a las de N y Ca mediante el diseño de un programa de fertilización equilibrado o corrigiendo los desajustes originados por la fertilización de inicio. El potasio es muy fácilmente desplazable y se lixivia fácilmente con los siguientes riegos y fertilizaciones. elevadas relaciones N : K (2:1) y elevados niveles de Na (> de 40 ppm) pueden inhibir la absorción de K. Si por el contrario el nivel de K es excesivo puede inhibir la absorción de N, Ca y Mg. Bajo condiciones frías, días nublados, puede absorberse mucha mayor cantidad de K que de Ca provocando un desequilibrio interno.

9.2.3.- Fósforo

Un adecuado suministro de fósforo es imprescindible para garantizar el adecuado desarrollo del sistema radical, un rápido crecimiento de la parte aérea, u una buena calidad de floración en estadios posteriores. El fósforo es fácilmente absorbido por las raíces y puede acumularse en el interior de la plántula. El papel mas importante del P esta en la formación de compuesto energéticos, como ATP, que la planta necesita tanto para los procesos de síntesis como de degradación.

Generalmente se tiende a realizar sobre fertilizaciones con P en el interior de los invernaderos, solo en necesario entre un quinto y un décimo de las cantidades de N o K. Por otro lado, el P es entre un 40 y un 50% mas lixiviable en las mezclas de sustratos sin suelo que en las que contienen suelo. La mayor parte de P puede suministrarse en preplantación mediante la adición de superfosfato (0-20-0) polvo, que contiene el 50% de yeso (sulfato cálcico) o mediante superfosfato triple (0-44-0) granular, que no contiene yeso.

Debido a la frecuencia de riego que reciben los alvéolos, junto a la baja CCC de las mezclas, es necesario realizar fertilizaciones suplementarias con bajas concentraciones de P durante la fertilización de posemergencia. Cuando la neutralización de la alcalinidad del agua se realiza con ácido fosfórico este suele ser suficiente para satisfacer las necesidades de las plántulas durante todas sus fase de producción.

La absorción de P se ve fuertemente reducida en condiciones de sustratos fríos (< 12 °C), o condiciones de pH del medio elevados (>6.5). La elevación de 3 °C de Tª o el descenso del pH por debajo de 6.5 proporciona una mejor absorción del P disponible que incrementar la concentración de P aportado al medio. Por otro lado, un nivel de p excesivo puede reducir la posibilidad de absorción de muchos micro nutrientes por la plántula

Los síntomas de deficiencia de P comienzan con un ennegrecimiento del color verde de las hojas y una detención del crecimiento de los ápices. Estos síntomas hacen difícil detectar la deficiencia de P en las plántulas, incluso si se cuenta con plantas no deficientes con las que comparar. El siguiente síntoma en numerosas especies como el tomate, consiste en una pigmentación púrpura , particularmente intensa en los nervios del envés de las hojas basales. Unas pocas especies no forman este color, sino que presentan una clorosis en las hojas basales seguida de una necrosis después de algún tiempo. Los síntomas progresan hacia las hojas nuevas.

Para corregir la deficiencia de P puede: Utilizarse fertilizantes que contengan P (20-10-20); Determinar la cantidad de P que contiene nuestra mezcla mediante un análisis químico, Mantener el pH entre 5.5 y 6.5 en el medio de cultivo para elevar su disponibilidad; Asegurarse que la Tª del medio no es tan baja que afecte a la absorción de P por las plántulas; y utilizar preferentemente ácido fosfórico para neutralizar la alcalinidad del agua de riego.

9.2.4.- Calcio

El calcio está muy implicado en la formación y crecimiento de las paredes celulares, en la estabilidad de la membrana plasmática, en la división celular, en la extensión y elongación de las nuevas células. El Ca aumenta la resistencia de las plántulas a las infecciones fúngicas y bacterianas mediante su implicación en el mantenimiento de paredes y membranas. Sirve además, como mensajero en la conducción de las señales desde los factores ambientales y la respuesta de la plántula mediante su desarrollo y crecimiento.

La absorción de Ca es muy dependiente de la absorción hídrica y de su flujo a través de la raíz y de toda la plántula. Dado que el calcio solo se mueve en el interior de la planta a través del xilema (que es un sistema de transporte unidireccional) no puede removilizarse por el floema, por lo que su asimilación está afectada por bajas temperatura radicales y por los fenómenos que restringen el flujo de agua a través de la plántula, la sequía, la salinidad elevada en el medio de crecimiento o una excesiva humedad relativa en el ambiente de crecimiento. Mientras las plántulas están transpirando, se absorbe más cantidad de agua para satisfacer las demandas transpirativas, por lo que se incrementa la velocidad de absorción de Ca; Por el contrario en condiciones fría y nubosas, la transpiración se ve fuertemente reducida, así como la absorción de Ca.

La disponibilidad de Ca para la absorción por las plántulas depende directamente del pH del medio de crecimiento y de la concentración en este de otros cationes, especialmente K, Na, Mg y NH_4^+ , también está regulado por la presencia de H_2PO_4^- . Se encuentra muy poco disponible cuando el pH del medio baja por debajo de 5.5 en las mezclas de turba, a pH superior a 6.5, se vuelve excesivamente disponible e inhibe la absorción de otros elementos como Mg y B. Generalmente existe gran cantidad de Ca tanto en el agua (debido a su alcalinidad) como en el medio (debido a la adición de calizas y dolomías que pueden liberar Ca y Mg durante dos a cuatro semanas). En las mezclas que no se comercializan corregidas, puede adicionarse también Yeso como fuente de Ca, que además aporta SO_4^- y compite con el Na que satura algunos sustratos.

El calcio no es móvil en el interior de la plántula, por lo que la deficiencia de Ca se manifiesta inicialmente en la parte apical de la plántula. Los márgenes de las hojas jóvenes tienen una forma abarquillada, algunas veces correosa. El ápice de crecimiento deja de crecer tanto en la parte aérea (originando plántulas achaparradas) como en la raíz (originando raíces cortas, débiles y sin pelos radicales). Los tejidos jóvenes desarrollan un color claro a clorótico desigual.

Para Corregir las deficiencia de Ca debe aplicarse $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en los programas de fertilización, asegurándose de que el pH es 5,5 o superior y controlando la cantidad de $\text{NH}_4\text{-N}$ que aporta el nitrato cálcico fertilizante. Niveles elevados en el medio de cationes competidores pueden inhibir la absorción de Ca, por lo que debe mantenerse un equilibrio 1N: 1K: 1Ca: ½ Mg. Y un nivel de Na menor de 40 ppm; comprobar la temperatura del medio radical y la humedad relativa del ambiente de crecimiento favoreciendo la movilidad del aire y la deshumidificación periódica del invernadero.

9.2.5.- Magnesio

La función principal del Mg en las plantas está relacionada con su presencia como elemento mineral en el centro del núcleo tetrapirrólico de la molécula de clorofila, que es imprescindible para la realización de la función clorofílica. La velocidad de absorción de Mg se deprime fuertemente en presencia de otros cationes como K, Ca, Mn, Na y NH_4 . Algunas mezclas de sustratos son pobres en Mg disponible (excepto la vermiculita que contiene niveles adecuado a altos) aun cuando se ajuste su pH mediante adición de calizas y dolomías. Un nivel elevado o desequilibrado de Mg puede inhibir la absorción de Ca, por lo que el nivel de este debe mantenerse en la mitad del de Ca.

Los síntomas de deficiencia de Mg comienzan en la base de la plántula y progresan hacia la parte superior, se caracteriza por un amarillamiento y una clorosis internervial de las hojas recientemente maduras o viejas que en situaciones severas afecta a las hojas inmaduras, proporcionan a la plántula un aspecto general de palidez. La corrección de la deficiencia debe realizarse detectando previamente el nivel de Mg disponible en agua y medio de cultivo, si realizamos nuestra propia mezcla de sustratos, puede adicionarse dolomía en las situaciones de deficiencia. Utilizar fertilizantes que contengan Mg (al menos un 1%). La sal de Epson (epsomita o sulfato de magnesio) a 1.2 g/l en aplicaciones semanales suele ser el medio más efectivo para corregir esta fisiopatía, deben tenerse las mismas consideraciones de mezcla que con el Ca.

9.2.6.- Azufre

Las plántulas requieren cantidades significativas de azufre, así como de P para su correcto crecimiento. Debe existir un equilibrio entre el S y el N, en ausencia de S, no puede utilizarse eficientemente el N y otros elementos nutritivos, con la consiguiente pérdida de calidad de plántula. Para un crecimiento óptimo la planta requiere 1 parte de S por cada 10 de N, y un nivel de 20 ppm de S suele ser suficiente para la mayoría de las especies.

Se absorbe como SO_4 que es altamente soluble y está sujeto a pérdidas por lixiviado. El agua de riego puede ser una fuente apropiada de S, pero su concentración varía enormemente en función de la localización; en condiciones de profundidad y terrenos volcánicos es frecuente la presencia de sulfatos, que son tóxicos para la planta, se detectan por su olor a huevo podrido y pueden transformarse fácilmente en sulfatos mediante oxidación. Los medios diferentes del suelo pueden enriquecerse en S mediante adición de yeso agrícola o superfosfato (que contiene yeso). La mayoría de los fertilizantes altamente solubles se formulan sin azufre, mientras que la adición de micronutrientes puede realizarse en post-emergencia en forma de sulfatos que proporcionan S adicional. El nivel de S debe mantenerse entre 20 y 40 ppm para garantizar una adecuada disponibilidad.

La deficiencia de S no puede diagnosticarse fácilmente, generalmente se manifiesta como coloraciones amarillas o verde claras en las hojas inmaduras y jóvenes, de menor tamaño, con márgenes enrollados, acompañados o no de coloraciones púrpuras o rojas, con entrenudos más cortos y aspecto general achaparrado (similar a la deficiencia de N, excepto en el lugar de inicio).

9.2.7.- Hierro

Probablemente es el más importante de los micronutrientes para las plántulas, presenta una importancia especial en los sistemas biológicos de transferencia electrónica, como las ferredoxinas de los sistemas fotosintéticos. Su absorción se ve favorecida por bajos niveles de pH (5.5 a 6.0), en medios basados en turba, comienza a precipitar cuando el pH del medio supera 6.5. Compite muy fuertemente con el Mn, especialmente en situaciones frías (menos de 15 °C) y húmedas, cuando su absorción no es eficiente. Por el contrario en medios con pH bajo (menor de 6.0 para cultivos sensible o de 5.5 para la mayoría) el Fe (al igual que otros micronutrientes), aumenta extraordinariamente su disponibilidad y puede absorberse a velocidades elevadas alcanzando valores tóxicos en el interior de las plántulas.

La deficiencia de Fe se caracteriza por una clorosis internervial en las hojas jóvenes, cuando esta sintomatología avanza hacia zonas más basales, las superiores se vuelven totalmente amarillas y finalmente necróticas, a la vez que se detiene el crecimiento radical. La toxicidad de Fe conduce invariablemente a una deficiencia de Mn, en medios con pH inferior a 5.5.

Normalmente se proporciona al medio en preplantación o posplantación como un complejo de micronutrientes en forma soluble, la adición de Fe en forma de sulfato solo debe efectuarse en aguas y medios con pH inferior a 6.5 ya que por encima de este valor precipita rápidamente en formas no asimilables, en estos casos hay quelatos que se mantienen estables y disponibles. Las toxicidades pueden corregirse controlando el pH del medio y los niveles de Mn. Si el pH del medio es muy bajo (menor de 5.5), debe elevarse adicionando agua con elevada alcalinidad, fertilizantes que contengan nitrato de calcio o hidróxido cálcico, manteniendo la razón Fe: Mn en valores de 2:1 (3:1 en las plántulas sensibles).

9.2.8.- Manganeso

Al igual que el Fe, el Mn juega un importante papel en los sistemas biológicos como los fotosintéticos, además existe un gran número de enzimas que se activan en presencia de Mn como cofactor. Está implicado en la elongación celular y en los procesos de resistencia a la infección patógena de los sistemas radiculares.

La disponibilidad de Mn viene regulada por el pH del medio. Valores superiores a 6.6 favorecen la precipitación del Mn, que se encuentra mucho más disponible a pH menores de 5.5, en que puede resultar tóxico para la plántula. Compite con otros cationes divalentes como Zn, Cu, Mg, Ca y sobre todo Fe.

Los síntomas de deficiencia comienzan con una clorosis internervial de las hojas jóvenes que adquieren un aspecto de manchas amarillentas de disposición aleatoria y bordes poco nítidos que la diferencian de la deficiencia de Fe, también se ve inhibido el crecimiento radical. La toxicidad de manganeso comienza con la aparición de necrosis marginales y apicales en las hojas más viejas con la

aparición de manchas cloróticas distribuidas por todas estas hojas. Los niveles elevados de Mn pueden inducir deficiencia de Fe.

Normalmente se suministra en cantidades apropiadas mediante la aplicación de paquetes de micronutrientes en pre- o en posplantación. Asegurar que el pH del medio no está fuera de los márgenes de su movilidad, así como comprobar los niveles de Fe y otros iones divalentes. Puede utilizarse sulfato de Mn a los niveles recomendados y suele ser suficiente una aplicación para asegurar su disponibilidad durante toda la etapa de cultivo en semillero sobre sustratos basados en turba.

9.2.9.- Boro

La principal función del B se localiza en los procesos de polinización de la planta, en el número de frutos desarrollados y en el desarrollo de la semilla, aunque también juega un papel fundamental en la síntesis y el transporte de azúcares, y en síntesis y mantenimiento estructural de las paredes celulares.

Se absorbe junto con el agua en la plántula con velocidades de transpiración aceptables, se inhibe su absorción con niveles elevados de pH (mayores de 6,5) está disponible a pH menores de 6,0 y especialmente entre 4,5 y 5,5. Elevadas concentraciones de Ca o P, y bajas de Mg, mientras que niveles adecuados de K ayudan a la absorción de B, es muy fácilmente lixiviable en mezclas diferentes del suelo. Los excesos de boro vienen aportados por el agua de riego o como impureza en los fertilizantes aplicados.

Los síntomas de deficiencia comienzan con el inicio del crecimiento: Al principio las hojas adquieren una tonalidad verde oscura. Las hojas jóvenes se desarrollan más gruesas de lo normal, con tacto correo (de cuero) y suelen enrollarse hacia abajo adquiriendo una apariencia marchita, pero sin embargo están totalmente turgentes. Las hojas jóvenes se vuelven cloróticas, con manchas marrón oxido o naranja necrótico sobre su superficie, posteriormente se arrugan o desarrollan superficies rugosas. Los entrenudos del tallo se acortan enormemente y el ápice terminal aborta, seguido de los laterales superiores lo que conduce a un racimo de tallos conocido como "*escoba de bruja*". En el pecíolo de las hojas, en los tallos y en las flores, pueden aparecer cortes como consecuencia de la pérdida de células. Los síntomas de la toxicidad aparecen como una clorosis y quemaduras marginales en las hojas viejas junto a un crecimiento enano de tallos y raíces.

Los niveles adecuados en agua son menores de 0,5 ppm; en el medio entre 0,25 y 0,6 ppm y en los tejidos de las plántulas entre 60 y 80 ppm. Por esta razón hay que ser especialmente cuidadoso al aplicar B ya que las diferencias entre niveles tóxicos y deficientes son muy estrechas. El boro se aporta en cantidad suficiente a través de los complejos de micronutrientes tanto en pre- como en posplantación, excepto en condiciones climáticas calurosas. Es imprescindible analizar al contenido en B del agua de riego y utilizar fertilizantes de elevada pureza si los niveles son elevados. Ni la adición de ácidos ni la osmosis inversa elimina el boro presente en el agua, sin embargo niveles elevados de Ca (Ca SO_4) pueden ayudar a controlar niveles excesivos de B en el medio de cultivo. Los niveles bajos pueden incrementarse mediante la adición de Borax o Solubor en una sola aplicación a los niveles recomendados, manteniendo la relación Ca : Mg en 2:1 y el pH del medio por debajo de 6,5 para incrementar su disponibilidad.

9.2.10.- Zinc

El Zinc juega un importante papel en determinadas enzimas y en reacciones enzimáticas, contribuye a proteger las membranas celulares. Su absorción está fuertemente influenciada por el pH del sustrato y los niveles de P. Niveles de pH inferiores a 5,5 incrementan la disponibilidad de Zn que puede alcanzar niveles tóxicos en las plántulas. Niveles elevados de P reducen la absorción de Zn. al igual que medios secos y calientes. Por otro lado, niveles elevados de este compiten con la absorción de Mn y Fe

La deficiencia de Zinc se presenta como una clorosis de las hojas jóvenes, con algo de patrón internervial, pero no tan claro como Fe o Mn, los entrenudos son muy cortos, adquiriendo el aspecto de rosetas con hojas de reducido tamaño. En situaciones de deficiencia severa se produce el aborto del ápice vegetativo. No es frecuente salvo en especies o variedades sensibles. Normalmente se aplica en un paquete de micronutrientes en preplantación o en posplantación, asegurando pH inferiores a 6,5 y niveles de P que no inhiban su absorción. La aplicación de sulfato de Zn adecuadamente empapado corrige la deficiencia.

9.2.11.- Cobre

El cobre es imprescindible para los procesos fotosintéticos y respiratorios de las plantas. Su disponibilidad se reduce enormemente a pH del medio superior a 6,5, mientras que solo está realmente

disponible a pH inferiores a 5.5, pudiendo alcanzar valores tóxicos para las plantas. Niveles elevados de N (en forma de NH_4^+) y de P interactúan con el Cu afectando a su movilidad y disponibilidad en el sustrato. Niveles elevados de Cu interfieren con la absorción de Mn, Fe, y Mo. Cuando se aplican funguicidas cúpricos a las semillas, la mayoría de las veces no es aconsejable realizar más de dos aplicaciones con Cu para prevenir toxicidades.

Los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas nuevas como una clorosis intermerval, a diferencia de la deficiencia de Fe el ápice de la plántula permanece verde. Las deficiencias más severas originan el colapso de los tejidos de la lámina foliar a medida que esta se expande, originando hojas muy pequeñas que parecen haberse quemado como consecuencia de la desecación. Estas quemaduras suelen afectar a unas pocas hojas y luego desaparecen dando lugar a la aparición de unas pocas hojas normales, que posteriormente aparecen quemadas. No es una deficiencia frecuente y normalmente un paquete de micronutrientes puede aportar suficiente Cu. Si es necesario puede aplicarse sulfato de cobre a la dosis recomendada, manteniendo el pH por debajo de 6.5 y controlando los niveles de NH_4^+ y P en el medio.

9.2.12.- Molibdeno

El molibdeno es esencial para la síntesis de proteínas y para el metabolismo de los compuestos nitrogenados. Su disponibilidad sigue un patrón opuesto al resto de los micronutrientes estudiados, en tanto que es menos disponible a valores de pH bajos y los síntomas de su deficiencia aparecen primero en las hojas más viejas. Es requerido en cantidades muy pequeñas, excepto por las leguminosas, por lo que su deficiencia es muy rara en plántulas de semillero.

9.3.- Formulaciones

Existen tres aspectos clave que es necesario conocer de cualquier fertilizante que utilicemos para la fertilización o fertirrigación de las plántulas en semillero y que deben aparecer en la etiqueta del mismo: a) Porcentaje del N total que contiene como NH_4^+ o como urea, b) que tipo de reacción presenta en disolución (ácida o básica) y con qué intensidad la manifiesta en el medio, c) su disponibilidad en Ca y Mg.

9.3.1.- Formas de nitrógeno

Existen tres formas de nitrógeno que presentan efectos diferentes sobre el crecimiento de las plántulas en contenedores: en forma nítrica (NO_3^-), en forma amoniacal (NH_4^+) y en forma ureica. La forma nítrica es la más disponible para las plántulas y puede suministrarse con K, Ca, Mg, Na o como nitrato amónico. El nitrógeno amoniacal, proviene de los fertilizantes amoniacales y debe romperse por las bacterias del medio para encontrarse como disponible para las plantas en forma de NO_3^- , esta conversión

Fertilizante	Riqueza (N-P-K)	% $\text{NH}_4\text{-N}$	se reduce drásticamente a temperaturas inferiores a 15 °C pudiendo originar toxicidades por amonio en estas condiciones. La urea debe convertirse en forma amoniacal antes de transformarse en nítrica y estar disponible para las plántulas.
Nitrato amónico	33-0-0	50	Los fertilizantes amoniacales originan un crecimiento largo y blando de las plántulas, con entrenudos largos y hojas grandes y verde oscuras, estimulando más el crecimiento vegetativo que el reproductivo (floración), cuando la proporción de $\text{NH}_4\text{-N}$ en el fertilizante es superior al 25% sobre el resto ($\text{NO}_3\text{-N}$). El crecimiento radical no se ve estimulado, la sensibilidad al amonio se incrementa con las temperaturas frescas del sustrato y con los niveles bajos de pH.
Nitrato potásico	13-0-44	0	
Nitrato cálcico	15.5-0-0	6	
Nitrato sódico	16-0-0	0	
Nitrato magnésico	11-0-0	0	
Sulfato amónico	21-0-0	100	
Urea	45-0-0	100	
Fosfato mono amónico	12-62-0	100	
Fosfato diamónico	21-53-0	100	
Sulfato potásico	0-0-53	---	
Cloruro potásico	0-0-60	---	
Fosfato monopotásico	0-53-34	---	
Fosfato dipotásico	0-41-54	---	
Sulfato magnésico	---	---	

Tabla 2.- Fertilizantes simples que aportan macro nutrientes y su contenido en amonio (%)

Los fertilizantes nítricos mantienen las plántulas más compactas, favorecen el crecimiento radical frente al aéreo, proporcionando entrenudos más cortos y de mayor diámetro, con hojas más pequeñas y verde claras, pero más gruesas, cuando la proporción de $\text{NO}_3\text{-N}$ son mayores del 75 % (o

NH₄-n menor del 25%) La diferenciación de órganos reproductores se promueve mas que el crecimiento vegetativo cuando se aplica en forma de nitrato potásico.

Numerosas investigaciones han demostrado que puede dirigirse la diferenciación y controlarse el tipo de crecimiento de las plántulas, modificando las relaciones de fertilizante nitrogenado aplicado: Concentraciones elevadas de fertilizantes ureicos y amoniacales (mayores del 30% de NH₄-N) pueden promover un crecimiento débil y exuberante, mientras que elevadas concentraciones de NO₃-N (mayores del 70%) pueden dar lugar a plántulas de aspecto mas armónico y endurecidas. La urea proporciona el 100% del nitrógeno en forma amoniacal, mientras que el nitrato amónico el 50%, debe tenerse estas proporciones en cuenta cuando se preparen soluciones de fertirrigación en las que intervengan estos fertilizantes para regular el crecimiento y evitar toxicidades en las plántulas. Las técnicas de acondicionamiento nutritivo consisten en variar las proporciones de estos (y otros) fertilizantes a lo largo de las fases de producción de plántulas, a medida que se consigue un nivel determinado de crecimiento: puede acelerarse el crecimiento de las plántulas (normalmente el crecimiento aéreo) hasta que alcanzan LAI adecuados para su densidad de población y posteriormente reducir esta velocidad de crecimiento aéreo, facilitando su engrosamiento y tonificar la plántula favoreciendo su crecimiento radical.

9.3.2.- Reacción o control del pH

Aunque el pH del medio debe corregirse antes de realizar la siembra de las semillas, pueden producirse cambios en su valor durante la etapa de crecimiento de las plántulas. Los niveles elevados de alcalinidad en el agua pueden elevarlo así como riegos abundantes que pueden activar la enmienda caliza adicionada. La aplicación de fertilizantes solubles también puede modificar el pH del medio, que puede manejarse al alza, a la baja, o mantenerse constante si se utilizan los fertilizantes adecuados.

Fertilizante	Reacción
Nitrato amónico	Ácida
Nitrato potásico	Neutra
Nitrato cálcico	Básica
Nitrato sódico	Básica
Nitrato magnésico	Neutra
Sulfato amónico	Ácida
Urea	Lig. ácida
Fosfato mono amónico	Ácida
Fosfato diamónico	Lig. ácida
Sulfato potásico	Neutra
Cloruro potásico	Neutra
Fosfato monopotásico	Básica
Fosfato dipotásico	Básica
Sulfato magnésico	Neutra

Tabla 3.- Fertilizantes simples que aportan macro nutrientes y su reacción en el sustrato

normalmente se expresa como la cantidad de carbonato cálcico (gr.) que es necesario aplicar al medio para neutralizar la acidez producida por una cantidad definida de fertilizante (Kg.): o su basicidad, que se expresa la alcalinidad que produce la adición de una cantidad de fertilizante (Kg.) es equivalente a aplicar el valor de su basicidad potencial (gr.) en forma de carbonato cálcico.

Los fertilizantes que contienen urea y amonio, pueden causar una reacción ácida en la solución del medio y pueden bajar el pH del medio al poco tiempo. Nitrato amónico, sulfato amónico y fosfato amónico son ácidos. La urea es solo ligeramente ácida (no tanto como el nitrato amónico. Los fertilizantes nitrogenados pueden causar una moderada reacción ácida en la solución del medio y pueden elevar el pH del medio al poco tiempo. Nitrato cálcico y nitrato sódico pueden elevar el pH del medio, mientras que nitrato magnésico y nitrato potásico se consideran frecuentemente como neutros. Es exigible en las etiquetas de los fertilizantes la cuantificación de su acidez que

9.3.3.- Calcio y Magnesio

9.3.4.- Micronutrientes

9.4.- Sistemas de fertilización

El desarrollo de un sistema de fertilización adecuado para el crecimiento de las plántulas en semillero ofrece, al igual que en cualquier cultivo, múltiples alternativas que presentan cada una ventajas e inconvenientes, aunque con todas pueden obtenerse plántulas de calidad adecuada:

Los programas basados exclusivamente en fertilización de fondo o de presiembra, no satisfacen las necesidades de las plántulas durante todo el proceso productivo, por lo que necesitan fertilizaciones de

postemergencia. Incluso cuando en estos programas de presiembra se utilizan fertilizantes de liberación lenta, estos no los liberan en los momentos de mayor demanda por lo que tampoco satisfacen las necesidades puntuales, y además dificultan la utilización de técnicas de acondicionamiento nutritivo para regular el crecimiento, por lo que su utilización en los semilleros de especies hortícolas está cada vez mas en desuso.

Los fertilizantes comerciales utilizables para fertilizaciones de post emergencia deben seleccionarse por su elevada solubilidad que permita una fácil disolución en condiciones de elevada concentración que permitan preparar soluciones madre o concentradas necesarias para realizar su inyección en los sistemas de riego. En la mayoría de los casos, además de N-P-Y garantizados, no aportan suficiente Ca, Mg ny micronutrientes suficientes para satisfacer las demandas de estos elementos por las plántulas por lo que debe conocerse la cantidad que aportan y suplementarla con fertilizantes que los contengan.

SOLUCIÓN	% NH ₄ + urea	Fertilizantes	Ppm de N en solución			
			50	100	500	1000
Fertilizante (gr.) / l de agua						
(15-0-15)	5.9	Nitrato cálcico +	0.23	0.45	2.25	4.50
		Nitrato potásico	0.11	0.23	1.13	2.25
(20-10-20)	40	Nitrato amónico +	0.09	0.19	0.92	1.85
		Nitrato potásico +	0.11	0.23	1.13	2.25
		Fosfato mono amónico	0.04	0.08	0.41	0.81
(23-0-23)	36	Nitrato amónico +	0.11	0.22	1.07	2.15
		Nitrato potásico	0.12	0.23	1.13	2.25
13-0-13-6.6 Ca-3.3 Mg	¿?	Nitrato potásico +	0.11	0.23	1.13	2.25
		Nitrato cálcico +	0.13	0.26	1.32	2.64
		Nitrato Magnésico	0.13	0.26	1.32	2.64
20-20-20	70		0.25	0.50	2.51	5.01
15-15-15	52		0.33	0.97	3.34	6.68
15-0-15	13		0.33	0.97	3.34	6.68
20-10-20	40		0.25	0.50	2.51	5.01
13-2-13-6-3	11		0.39	0.77	3.85	7.70
17-0-17-4-2	20		0.29	0.59	2.94	5.88
17-5-17-3-1	25		0.29	0.59	2.94	5.88

La mayoría de los semilleros desarrollan programas de fertilización en conjunción con los programas de riego utilizando técnicas de fertirrigación o quimigación.

En la mayoría de las ocasiones utilizan fertilizantes de elevada solubilidad con los que preparan soluciones madre disolviendo cantidades elevadas en el agua de riego. La preparación de las soluciones concentradas de fertilización (fertirrigación) resultan mucho mas económicas que las preparadas en fabrica y proporcionan mayor flexibilidad a la hora de proporcionar los elemento necesarios para cada fase de producción. Por el contrario, requieren mayores conocimientos y trabajo para su preparación, así como una inversión estructural que permita el adecuado almacenamiento e inyección de las soluciones preparadas. Además hay que considerar como inconveniente la contaminación que pueden aportar determinados fertilizantes recubiertos o como impurezas (Cl. B, etc). Cuando las soluciones se preparan con el agua de riego, los elementos que aporte a este a la solución madre deben considerarse, así como el contenido en amonio de los fertilizantes y las necesidades de suplementar Ca, Mg y micronutrientes.

La utilización de soluciones concentradas de fertilizantes preparados en fabrica terminará imponiéndose debido a que elimina las interferencias entre estos en las soluciones madre preparadas con agua de baja calidad, permite un manejo fácil, con concentraciones estables y garantizadas, en soluciones mas concentradas y preparados con agua de elevada pureza que además proporcionan mayor información sobre la composición en elementos secundarios y micronutrientes y sobre la reacción en el medio.

9.4.1.- Basados en parámetros de crecimiento y desarrollo de las plántulas

Utilizando las fases de producción definidas previamente o la clasificación numérica BBCH, definida por Bleiholder y colaboradores (1994), pueden caracterizarse con elevada precisión los niveles de diferenciación en los que se encuentra cada bandeja individual de plántulas en el semillero.

La fase 1 de producción comprende todos los procesos de la germinación fisiológica desde la siembra hasta la emergencia de la radícula y se corresponde con los valores de BBCH de 0,0,0 hasta 0,5,9. Es bastante difícil de observar el interior de los alvéolos, por lo que suele controlarse en función del tiempo que tardan las diferentes especies hortícolas en completar todos los procesos fisiológicos de la germinación. Cuando las mezclas de sustratos se adquieren o se preparan con fertilización de inicio o de fondo, no es necesario aportar fertilización adicional durante esta fase de producción. En la mayoría de las mezclas comerciales que presentan fertilización de inicio esta no mantiene su actividad más de 7 a 10 días dependiendo de la cantidad de agua que se aporte al medio. La carga inicial de algunas mezclas suele ser menor o no estar presente, por lo que es necesario realizar fertilizaciones (fertirrigaciones) desde el momento en que la radícula emerge para garantizar adecuadas velocidades de crecimiento y evitar la aparición de deficiencias precoces difíciles de corregir en las etapas posteriores. En estos casos es aconsejable aportar entre 25 y 50 ppm de N con una proporción muy baja de NH_4 hasta alcanzar la fase 2. Es importante recordar que la ausencia de fósforo en el medio incrementa la velocidad de germinación y emergencia y que la aplicación de nitrato potásico puede favorecer la ruptura de determinados procesos de dormancia.

La fase 2 de producción comprende desde la emergencia de la radícula (0,5,9) hasta la total expansión de los cotiledones (estadio 0,9,9 del sistema BBCH). En esta fase la plántula comienza a

FASE 2	días	Tª medio (°C)	Humedad subjativa	Fertirrigación (ppm N)	E.C.
Pimiento	5-10	24-25	Seco	50-75	< 0,5
Tomate	4-7	21-24	Seco	50-75	< 0,5
Berenjena	5-10	21-24	Seco	50-75	< 0,5
Lechuga	4-8	18-21	Medio	25-50	< 0,4
Coles	5-8	18-21	Seco	50-75	< 0,5
Apio	10-14	18-21	Húmedo	75-100	0,5-0,7
Pepino	5-10	21-24	Seco	50-75	< 0,4
Melón	3-7	24-25	Seco	25-50	< 0,4
Sandía	4-8	24-27	Seco	50-75	< 0,4
Calabaza	3-6	27-29	Seco	50-75	< 0,3
Cebolla	5-7	21-24	Medio	50-75	< 0,5

Tabla 5.- Condiciones ambientales y de fertirrigación durante la fase 2 de producción para algunas especies hortícolas

fotosintetizar azúcares por sí misma y aunque puede completarla con las reservas que tiene en la semilla necesita un aporte de fertilizantes con cada riego con concentraciones entre 50 y 75 ppm de N al menos dos veces por semana, alternando equilibrios 2-1-2 con 1,5-0-1,5, con porcentajes de NH_4 bajos. Durante esta fase algunas especies son especialmente susceptibles al ahilamiento, debido en parte a la necesidad de mantener altos niveles de humedad para completar la germinación de las semillas más retrasadas en los casos de baja uniformidad, y parcialmente

debido a la presencia en el medio de niveles elevados de formas amoniacales de nitrógeno, aunque las mezclas comerciales con bajas cargas iniciales de fertilización también pueden favorecer este ahilamiento prematuro.

El crecimiento activo de tallos, hojas y raíces en la fase 3 sigue siendo exponencial y la plántula

FASE 3	días	Tª medio (°C)	Fertirrigación (ppm N)	E.C.
Pimiento	28-35	21-24	100-150	0,5-1,5
Tomate	24-27	18-21	100-150	0,5-1,5
Berenjena	24-27	21-24	100-150	0,5-1,5
Lechuga	14-18	18-21	75-100	0,5-1,0
Coles	17-21	17-18	100-150	0,5-1,0
Apio	28-34	18-21	150-250	0,5-1,5
Pepino	28-35	21-24	100-150	0,5-1,5
Melón	16-18	21-24	75-125	0,5-1,5
Sandía	19-23	21-24	100-150	0,5-1,5
Calabaza	7-14	21-24	75-100	0,5-1,5
Cebolla	35-42	18-21	100-150	0,5-1,5

Tabla 6.- Condiciones ambientales y de fertirrigación durante la fase 3 de producción para algunas especies hortícolas

necesita más nutrientes disponibles para las jóvenes plántulas, por lo que es necesario incrementar las concentraciones de N entre 100 y 150 ppm, dependiendo de la frecuencia de riego que se aplique y de las cantidades de drenaje obtenidas, manteniendo los equilibrios y la alternancia programados para la fase 2, incrementando las proporciones de formas NH_4 -N respecto a las de formas NO_3 -N. En términos generales el pH del medio debe situarse en torno a 5,8 y el contenido en sales solubles debe proporcionar una conductividad eléctrica alrededor de 1,0. Algunas especies hortícolas que presentan semillas con menos reservas, necesitan mayores niveles de fertilización para mantener las elevadas velocidades de crecimiento deseadas en los semilleros, sin embargo estas plántulas no son

necesariamente mas tolerantes a la salinidad, por lo que es necesario incrementar en ellos la frecuencia de riego y por tanto la frecuencia de lavado para impedir incremento excesivos de C.E. entre diferentes sesiones de fertirrigación. Para la mayoría de las especies hortícolas puede utilizarse durante esta etapa de producción fertilizantes como 13-2-13-6-3 ya que presenta unos niveles bajos de $\text{NH}_4\text{-N}$ y elevados de Ca. Sin embargo en condiciones de elevada intensidad luminosa no aportan suficiente amonio para estimular el crecimiento en longitud ni la expansión foliar a las velocidades adecuadas. Por lo que pueden alternarse o sustituirse por soluciones del tipo 17-5-17-3-1 que proporcionan un 25 % del nitrógeno en forma $\text{NH}_4\text{-N}$, aunque los niveles de Ca y Mg deben incrementarse mediante la aplicación de fertilizantes simples alternando con las soluciones mencionadas.

Una vez que se ha conseguido diferenciar el número de hojas, la altura de plántula y el desarrollo radical deseado, puede resultar necesario y conveniente acondicionar las plántulas o disminuir su

FASE 4	días	Tª medio (°C)	Fertirrigación (ppm N)	E.C.	velocidad de diferenciación antes del transplante o de la venta (Fase 4 de la producción de plántulas). Si el transplante se realiza justo al final de la fase 3 no es necesario aplicar estas condiciones y técnicas. Durante la fase 4 es necesario proporcionar temperaturas ambientales mas frías (menores de 18 °C) para reducir la velocidad de crecimiento en la parte aérea de las plántulas. Los programas de fertilización deben incluir aportes de entre 100 y 150 ppm de N solo cuando sea necesario y debe prescindirse de las formas $\text{NH}_4\text{-N}$ que puede resultar toxico a estas temperaturas ambientales por inhibición de la nitrificación. Concentraciones elevadas de $\text{NO}_3\text{-N}$ y Ca. promueven el engrosamiento de hojas y tallos, originando plántulas mas endurecidas,
Pimiento	10	20-21	75-125	0.5-0.75	
Tomate	10	17-18	75-125	0.5-0.75	
Berenjena	7-10	20-21	50-100	0.5-1.0	
Lechuga	7	17-18	50-75	0.5-1.0	
Coles	7-10	17-18	75-125	0.5-0.75	
Apio	10	18-21	175-225	0.5-1.0	
Pepino	10	20-21	75-125	0.5-0.75	
Melón	7	18-21	50-100	0.5-0.75	
Sandía	7	20-21	75-125	0.5-1.0	
Calabaza	3-6	18-21	0	0.5-0.6	
Cebolla	7	18-21	75-125	0.5-1.0	

Tabla 7.- Condiciones ambientales y de fertirrigación durante la fase 4 de producción para algunas especies hortícolas

mas equilibradas, con mayor crecimiento radical y coloración mas intensa. Manteniendo el medio de crecimiento con los valores de pH por debajo de 6.5 para evitar la aparición de deficiencias de micronutrientes y la CE entre 0.5 y 0.75 pueden mantenerse las plántulas hortícolas durante una o dos semanas hasta tres días antes de efectuar el transplante, momento en que deben aplicarse fertirrigaciones incrementadas hasta niveles de 150 a 300 ppm de N mediante la técnica conocida normalmente como *inyección o fortalecimiento*. En algunos semilleros se prescinde totalmente de alimentar a las plántulas durante esta fase 4 de producción, esta técnica puede resultar muy peligrosa ya que la plántula puede perder sus pelos radicales si se deseca en exceso, pierde clorofila y no reinicia el crecimiento adecuadamente después del transplante.

Para incrementar el crecimiento vegetativo deben utilizarse fertilizantes que contengan mayores cantidades de NH_4NO_3 ; Para incrementar el crecimiento reproductivo utilizar mayores concentraciones de KNO_3 y CaNO_3 , en ausencia de NH_4NO_3 . Para acelerar el crecimiento blando utilizar mayores cantidades de NH_4NO_3 y P, por el contrario para endurecer las plántulas utilizar KNO_3 y CaNO_3 . Asegurarse que los niveles de pH del medio están dentro del rango deseado cuando se utilizan alguno de estos fertilizantes. Para promover el crecimiento vegetativo, deben utilizarse fertilizantes que contengan NH_4NO_3 KNO_3 y Mg; para promover el crecimiento radical, utilizar fertilizantes que contengan CaNO_3 y KNO_3 . Mg y P. Ninguno de los fertilizantes presentados cumple los requisitos plantcados para conseguir regular el crecimiento de las plántulas, por lo que es imprescindible determinar el tipo de crecimiento que se está produciendo en las plántulas bajo las condiciones en que se encuentran y aplicar los fertilizantes en las concentraciones necesarias para conseguir el efecto final deseado

Es importante mantener presente que en cualquier momento del ciclo productivo de las plántulas todos los elementos nutritivos deben estar presentes y que debe mantenerse un equilibrio entre ellos; para el crecimiento óptimo de las plántulas se han definido equilibrios generales para mantener las razones 1:N:1K: 1Ca: ½ Mg; (1/5-1)/10P. Las razones de Fe: Mn deben estar próximas a 2:1. Los niveles de boro entre 0.25 y 0.5 ppm; y el nivel de Na debe ser inferior a 40 ppm. en caso contrario deben incrementarse las cantidades de Ca, Mg y K y la cantidad de agua aportada por sesión de riego para favorecer el lavado de Na.

9.4.2.- Basados en parámetros ambientales y de humedad del contenedor

Otros métodos de gestión de la fertilización de las plántulas se basan en modificar los aportes de fertilizantes en función de las condiciones ambientales T^a , luz, HR, CO_2 , WC. Estos métodos no son excluyentes entre sí y pueden utilizarse unos para modificar la planificación realizada con los otros, sin olvidar las continuas interacciones que se producen entre todos.

9.4.2.1.- Temperatura

El crecimiento deseado de las plántulas puede variar de acuerdo con la temperatura de cultivo. Tanto el crecimiento aéreo como el radical se ven afectados por la T^a , por ejemplo el mismo cultivo puede crecer más rápidamente con temperaturas medias diarias de 18 °C que de 21 °C. El crecimiento de las plántulas confinadas en contenedores de reducido volumen son más sensibles a la T^a de medio radical que a la temperatura del ambiente aéreo, por lo que es necesario conocer con más precisión la T^a del sustrato que la ambiental. En un semillero comercial, la temperatura del ambiente aéreo puede variar en 3 a 6 °C de la del medio radical. Con sistemas de calefacción de la zona radical, la temperatura del ambiente aéreo es menos importante y puede mantenerse por debajo de la del medio radical. Cuando se baja la temperatura de la zona radical con la finalidad de limitar el crecimiento de las plántulas, deben cambiarse los programas de fertilización. Como ya hemos comentado, por debajo de los 15 °C, la velocidad de transformación de NH_4 en NO_3 es muy lenta, además la velocidad de crecimiento de la plántula es también más lenta, las formas NH_4 -N pueden acumularse en el medio de cultivo y producir patologías de toxicidad por NH_4 , de deficiencias de N, o de daños por exceso de salinidad. Durante las épocas de baja temperatura, las plántulas deben fertilizarse con soluciones pobres en NH_4 -N (13-2-13-6-3 o 14-0-14) y con menores concentraciones para mantener una adecuada coloración.

Cuando se aumenta la temperatura del suelo, debido a condiciones climáticas más calurosas o provocadas para empujar el crecimiento de las plántulas, en los programas de fertilización debe controlarse especialmente la concentración de formas NH_4 -N para adecuarlos al incremento de la longitud de los entrenudos, especialmente cuando se presenten condiciones de T^a radical inferiores a los 18 °C durante alguna parte del ciclo. Si se aporta demasiado NH_4 -N puede producirse un crecimiento excesivamente rápido, con síntomas de ahilamiento, debilidad en los tallos, y un crecimiento radical que tiende a retrasarse. Por el contrario, bajo condiciones de elevada iluminación y temperaturas cálidas, es necesario aportar mayores cantidades de NH_4 -N para mantener un crecimiento acelerado y un color oscuro en las plántulas ya que bajo estas condiciones, las fertirrigaciones ricas en NO_3 -N no son suficientes para mantener la elevada velocidad fotosintética y las plántulas presentan una coloración pálida, con hojas de reducido tamaño y crecimiento radial restringido.

Cuando se utilicen técnicas de regulación del crecimiento basadas en DIF, hay que ser especialmente consciente de la TMD y de las necesidades nutricionales de las plántulas para esta, por ejemplo, si se utilizan DIF negativos durante todo el día, es bastante probable que la TMD se acerque al nivel de los 15 °C, por lo que debe prescindirse de utilizar formas nitrogenadas de NH_4 -N y asegurar aportes elevados de NO_3 -N para prevenir posibles toxicidades por NH_4 . En algunas especies la utilización de DIF negativos, puede originar síntomas similares a los de deficiencia de N, que no se deben a niveles deficientes de este elemento, y pueden hacerse desaparecer restaurando las condiciones normales de T^a , mientras que puede originarse una situación de difícil solución si se aportan mayores cantidades de N en condiciones de DIF negativo.

9.4.2.2.- Iluminación

Bajo condiciones de iluminación insuficiente (menos de 16.000 lux) que son bastante frecuentes durante el invierno, la mayoría de las plántulas hortícolas que están en fases 3 y 4 presentan síntomas de ahilamiento: el crecimiento de las hojas suele ser mayor, pero con menor grosor y el crecimiento radical menor que el aéreo. En estas situaciones, la fertirrigación debe ajustarse cuando las situaciones de baja iluminación se presentan durante varios días consecutivos, reduciendo las cantidades totales aportadas, modificando la relación NH_4 -N: NO_3 -N a favor de esta última forma, preferiblemente con niveles elevados de Ca.

Cuando los niveles de iluminación son excesivos (mayores de 27.000 lux), las plántulas realizan la fotosíntesis a velocidades elevadas y necesitan por tanto mayores cantidades de fertilizantes. En estas condiciones se necesitan fertilizaciones ricas en NH_4 -N (como 20-10-20) para mantener las elevadas velocidades de crecimiento. Un exceso de iluminación también puede actuar como un regulador del crecimiento de las plántulas si la temperatura foliar se eleva excesivamente, ya que la plántula puede

reducir la velocidad de fotosíntesis como medida de autoprotección: cuando la T^a foliar desciende, la velocidad fotosintética se recupera, consumiendo los elementos nutritivos mas rápidamente, por lo que necesitará mayores cantidades o aplicaciones mas frecuentes para mantener su elevado crecimiento.

Las condiciones de fotoperiodo largo originan mayores cantidades de iluminación durante un ciclo de 24 horas. Esto significa que las plántulas son capaces de fotosintetizar mas durante los días de verano que durante los de invierno: cuando se incrementa la fotosíntesis, las plántulas necesitan mas elementos nutritivos por lo que deberemos ajustar las frecuencias y las concentraciones de aplicación de acuerdo con estas necesidades e incrementar la proporción relativa de NH_4-N .

9.4.2.3.- Humedad Relativa

Los niveles de humedad relativa en el interior del semillero pueden ser demasiado elevados, especialmente durante la noche (mas del 90% de HR). Cuando la climatología es demasiado húmeda, estos niveles pueden ser elevados incluso durante el día. Estos niveles disminuyen el nivel de transpiración de las plántulas, con el consiguiente descenso en la cantidad de agua que las atraviesa desde las raíces a las hojas. En condiciones de transpiración reducida, la absorción de Ca se reduce, mientras que la de K se mantiene, lo que puede originar un desequilibrio Ca:K que produce condiciones de estiramiento con un crecimiento de hojas mas rápido y delgado. Para minimizar este problema debe intentarse eliminar humedad del interior del semillero, favoreciendo el movimiento del aire que desেকে la superficie de las hojas y favorezca la transpiración, especialmente durante los periodos oscuros y modificar la fertilización para aportar mayores cantidades de Ca que de K, y descender la proporción de NH_4-N .

Bajo condiciones de HR reducida, especialmente durante el día, pueden originar elevadas velocidades de transpiración. El agua puede, o no encontrarse disponible en el medio radical en cantidad suficiente para satisfacer las demandas evaporativas de las hojas, dependiendo de la disponibilidad hídrica de cada alvéolo. La absorción de Ca alcanza su mayores velocidades, y mantiene un equilibrio con la absorción de K. El crecimiento del tallo es corto, y el crecimiento del sistema radical mantiene un equilibrio con el aéreo. Sin embargo, en estas condiciones, las plántulas pueden necesitar mayores proporciones de NH_4-N para conseguir una expansión y color foliares adecuados.

9.4.2.4.- Anhídrido carbónico

Durante el invierno, la mayoría de los semilleros permanecen cerrados mientras se produce el crecimiento de las plántulas, bajo estas condiciones es bastante frecuente encontrar niveles de CO_2 inferiores a las 150 ppm, que resultan limitantes para el crecimiento de las plántulas. En algunos semilleros se está introduciendo en estructuras de invernadero herméticas, la técnica de fertilización carbónica de forma usual para mantener niveles de 1000 ppm (niveles de CO_2 mayores de 1000 ppm no resultan económicamente aceptables y pueden inhibir el crecimiento de las plántulas). Los incrementos en la concentración de CO_2 entre 400 y 1000 ppm mejoran la velocidad de fotosíntesis si otros factores como T^a , luz, agua y elementos nutritivos no son limitantes. La inyección de CO_2 en el semillero incrementa la velocidad de fotosíntesis y como consecuencia las de crecimiento radical y aéreo, sin embargo frecuentemente es necesario incrementar la concentración de elementos nutritivos aportados y la proporción de NH_4-N respecto de la de NO_3-N ya que en caso contrario el efecto de incrementar la dosis de CO_2 puede ser la aparición de síntomas de deficiencia nutritivas, particularmente de N

9.4.2.5.- Humedad del sustrato

Cuando la aplicación de riego a las plántulas es muy frecuente y se permite la salida de un porcentaje elevado por los orificios de drenaje de los alvéolos, es necesario incrementar la frecuencia de fertilización para reponer los lixiviados. Con estos métodos de riego *húmedos*, el crecimiento de las plántulas es mas difícil de controlar y normalmente son mas frecuentes los problemas de ahilamiento, crecimiento blando y enfermedades, debido a que los niveles elevados de humedad en el sustrato permiten una muy buena velocidad de absorción radical que origina plántulas con tallos alargados y hojas delgadas, en las que son frecuentes encontrar problemas de pudrición radical y botrytis. Si el método de riego utilizado es *húmedo*, deberemos disminuir las proporciones de NH_4-N e incrementar los niveles de Ca.

Los semilleros que utilizan métodos de riego *secos*, tienden a retrasar los riegos hasta que aparecen los primeros síntomas de marchitamiento temporal en las plántulas, con los problemas de recuperación para las especies especialmente sensibles. Con estos métodos puede controlarse mejor el

crecimiento aéreo y estimular mas fácilmente el crecimiento radical con mayor oxigenación del medio. En estas condiciones es menos necesario incrementar la frecuencia de fertilización, pero por el contrario es imprescindible controlar estrictamente la CE en el medio ya que los niveles normales de sales solubles en la zona radical puede incrementar entre el doble y cuatro veces.

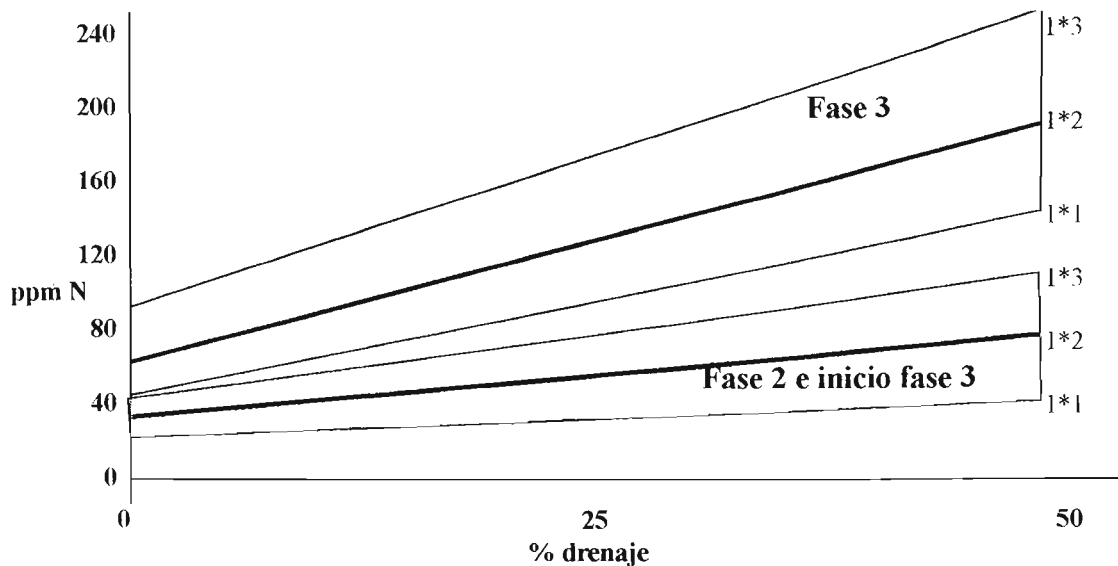


Fig.- Fertilizaciones recomendadas (ppm de N) basadas en el estadio de las plántulas, la frecuencia de fertilización / irrigación y nivel de drenaje (de Nelson, 1994)

El porcentaje de drenaje es el factor mas importante utilizado por la mayoría de los semilleros para controlar la concentración de fertilizantes aportados por fertilización a las plántulas. Si se mantiene un porcentaje de drenaje bajo (del 10 al 15%), puede utilizarse con resultados satisfactorios concentraciones de fertilización bajas (de 50 a 100 ppm de N), mientras que con porcentajes de drenaje elevados (entre 50 y 100 %), es necesario duplicar las concentraciones de aporte de fertilizantes (entre 100 y 200 ppm de N). Cuando elaboremos un programa de fertilización para el cultivo de plántulas de especies hortícolas es imprescindible relacionarlo con el nivel de drenaje deseado y adecuado a las condiciones de cultivo, y sobre todo mantenerlo y controlarlo adecuadamente. Los mayores problemas de uniformidad en el crecimiento en un semillero comienzan cuando hay mas de una persona encargada de las tareas de fertilización y cada uno tiene criterios de riego diferentes (uno es *seco* y otro es *húmedo*).

9.4.2.6.- Interacciones

Durante el cultivo de las plántulas ninguno de los parámetros anteriormente analizados se presenta de forma aislada., por lo que es necesario considerar la iluminación, la temperatura, de nivel de CO₂ y la humedad de forma conjunta antes de decidir cuando, con que y en que cantidad hay que aportar los fertilizantes para obtener el crecimiento deseado en las plántulas. Para conseguir este objetivo no solo es necesario reaccionar a los cambios climáticos, sino anticiparse a ellos, utilizando previsiones como mínimo para los tres próximos días

9.5.- Problemas nutricionales

Para resolver los problemas nutricionales que pueden presentarse durante la producción de plántulas en semillero es necesario conocer algunos datos clave sobre la sintomatología que presenta cada problema. Un buen comienzo es la utilización de claves dicotómicas en las que se presenten las sintomatologías generales para las especies vegetales, teniendo en cuenta que cada especie concreta puede presentar síntomas típicos o característicos que permitan diferencia mas claramente entre unas y otras alteraciones nutricionales. En segundo lugar es necesario conocer la calidad del agua de riego y su nivel de sales solubles, realizando análisis de contraste al menos cada seis meses para detectar posible cambios en su composición y siempre que se modifique la procedencia de la misma. máxime si se están utilizando ácidos fertilizantes para corregir su alcalinidad. Por último debe realizarse un análisis de tejido de plantas que presentan y no presentan sintomatología. Sin embargo, normalmente las plántulas son demasiado

pequeñas, por lo que la obtención de muestra para análisis puede ser demasiado difícil, por lo que suele ser mas conveniente muestrear y controlar el medio de cultivo.

SÍNTOMA DE DEFICIENCIA

ELEMENTO DEFICIENTE

A.- El problema dominante es la clorosis foliar

B.- Todo el limbo aparecc clorótico

C Solo las hojas superiores están cloróticas, necróticas y marchitas.....

NITRÓGENO

CC.-Todas las hojas de la planta se ven afectadas, a veces con aspecto beige.....

AZUFRE

BB.- Solo partes del limbo presentan clorosis (frecuentemente internervial)

C.- Solo las hojas recientemente maduras o viejas presentan clorosis internervial.....

MAGNESIO

CC.- Solo las hojas jóvenes presentan cloróticas como único síntoma...

HIERRO

D.- Además aparecen puntos o manchas necróticas en las áreas cloróticas.....

MANGANESO

DD.- Las hojas jóvenes presentan clorosis internervial, pero el ápice y los lóbulos foliares permanecen verdes, seguido de una rápida expansión de la clorosis y necrosis de la lámina foliar.....

COBRE

DDD.- Las hojas jóvenes son muy pequeñas, a veces pierden la lámina. Los entrenudos apicales son muy cortos con apariencia de roseta

ZINC

AA.- La clorosis foliar no es el síntoma dominante

B.- Sintomatología predominante en la base de la plántula

C Inicialmente todas las hojas son verde oscuras, crecimiento enano a veces con desarrollo de pigmentos púrpura.....

FOSFORO

CC.- Los márgenes de las hojas viejas cloróticos y quemados. O presentan pequeñas manchas cloróticas que progresan hacia el centro

POTASIO

BB.- Sintomatología predominante en al ápice de la plántula

C.- Botones terminales muertos, seguidos de coloración marrón. Hojas jóvenes muy delgadas, correosas y cloróticas.....

BORO

CC.- Márgenes foliares deformados, normalmente producen hojas filiformes. El ápice vegetativo cesa de crecer produciendo un despunte. Color verde pálido a clorótico, sobre todo en los nuevos tejidos desarrollados. Pobre crecimiento radical con raíces cortas y delgadas.....

CALCIO

Tabla 8.- Clave de síntomas clásicos de deficiencia en plántulas hortícolas

Los análisis y el control de los parámetros del medio de cultivo o de los drenajes obtenidos son el método preventivo mas ampliamente utilizado para controlar el comportamiento de un cultivo de plántulas durante todo su ciclo productivo. En la mayoría de las ocasiones es suficiente con un seguimiento semanal de algunos de los parámetros del medio para mantener condiciones de crecimiento aceptables, aunque ocasionalmente, y siempre que se cambie de proveedor, es conveniente realizar un análisis físico-químico del medio en un laboratorio profesional

La importancia de comprobar el medio de cultivo durante un ciclo de producción no debe subestimarse, la mayoría de los problemas nutricionales en un semillero hortícola están relacionados con el pH y la concentración de sales solubles en el medio.

Si el pH del medio es superior a 6.5 durante alguna fase de producción, es necesario bajarlo, utilizando alguno de los siguientes procedimientos:

1. Utilizar fertilizantes que tengan una reacción más ácida en el medio y que contengan más $\text{NH}_4\text{-N}$. Sin embargo hay que contemplar el incremento en la velocidad de crecimiento puede incrementar rápidamente, por lo que con condiciones climáticas cálidas pero con poca iluminación no debe utilizarse fertilizantes amoniacales.
2. Utilizar ácidos diluidos, para bajar el pH del medio, considerando el efecto de cada uno sobre la conductividad eléctrica del agua al que se aplica. Una vez que se obtengan niveles adecuados de pH en el medio debe retornarse inmediatamente a las condiciones de inyección anteriores.
3. Utilizar sulfato de hierro como mojante del sustrato, asegurando inmediatamente un adecuado lavado con agua clara del follaje de las plántulas ya que una concentración excesiva puede quemar la hojas. El sulfato de hierro es un formador de ácido sulfúrico y reacciona con los carbonatos, descendiendo el pH del medio.

Si el pH del medio es inferior a 5.5 (menor de 6.0 para algunas especies), es necesario elevarlo hasta los niveles adecuados por uno de los siguientes procedimientos:

1. Utilizar fuentes de agua con una mayor alcalinidad, si se dispone de ellas, sin inyecciones de ácido.
2. Utilizar fertilizantes $\text{NO}_3\text{-N}$, particularmente los que contienen Ca, teniendo en cuenta que este tipo de fertilización produce plántulas mas cortas, con un crecimiento mas rechoncho, que se retrasa la expansión foliar y el crecimiento, por lo que si el cultivo va retrasado, la utilización de nitrato cálcico no nos ayuda a acelerarlo.
3. Utilizar agua de cal (Ca(OH)_2) como empapador del medio. Debe utilizarse solo la fracción disuelta si se utiliza cal hidratada. Es necesario lavar inmediatamente después de la saturación con agua de cal para eliminar el exceso y favorecer el drenaje.

Todas estas medidas son rápidas y de corto plazo, por lo que puede ser necesario repetir las correcciones si no se alcanza el pH adecuado tras el tratamiento, a la vez que se toman medidas correctoras a largo plazo para evitar la reincidencia de los problemas.

Nutriente	Mínimo	Máximo
N	3.50 %	4.60 %
P	0.40 %	0.70 %
K	2.00 %	8.00 %
Ca	1.00 %	3.00 %
Mg	0.40 %	2.00 %
B	50 ppm	175 ppm
Fe	90 ppm	250 ppm
Mn	75 ppm	300 ppm
Zn	25 ppm	100 ppm
Cu	5 ppm	30 ppm
Mo	0.20 ppm	5 ppm

Tabla 9.- Parámetros de análisis de tejidos para plántulas hortícolas

Para los problemas de elevado nivel de sales solubles en el medio, los lavados son el método más efectivo, efectuando dos sesiones de lavado con agua clara separadas una hora entre ambas, asegurando un nivel de drenaje elevado, y reduciendo la concentración y/o la frecuencia de fertirrigación y realizar un seguimiento continuo.

Los niveles elevados de $\text{NH}_4\text{-N}$ se eliminan mediante lavados intensos y cambiando la proporción de $\text{NO}_3\text{-N}$ en los programas de fertirrigación, elevando la temperatura de la zona radical. Niveles bajos de B se deben en primer lugar a valores inadecuados de pH o de Ca en el medio, si es preciso puede aplicarse Solubor o Borax en una sola aplicación de fertirriego.

2.1 SISTEMAS DE FERTIRRIGACIÓN

Para la realización de un adecuado diseño de una instalación de fertilización localizada, resulta imprescindible el conocimiento del movimiento y la distribución del agua y los nutrientes en el perfil del suelo.

En el perfil de humedad del bulbo húmedo se aprecian tres fases, una zona de transmisión, encharcada y que interesa minimizar por los posibles problemas de asfixia radicular que pueda plantear. Una zona de humedecimiento, donde el agua fluye en la dirección de mínima resistencia y se mantiene la presencia de aire lo que favorece de desarrollo radicular, esta zona debe tener unas dimensiones acordes con el tamaño y profundidad de enraizamiento específicos del cultivo. Y en tercer lugar un frente de humectación donde se compensa la humedad del bulbo con la humedad original del suelo antes del riego.

Se pretenden unas condiciones constantes de baja tensión del agua en el suelo, lo que se consigue con una aplicación frecuente de agua a las dosis adecuadas. Para no producir un déficit nutricional en la planta por lavado de nutrientes del perfil del suelo, se realiza un aplicación simultánea de los nutrientes esenciales disueltos. Bajo estas condiciones, los nutrientes presentan un grado de aprovechamiento muy superior al de sistemas tradicionales, siempre que se suministren en la dosis y equilibrio adecuados, al mostrar mayor movilidad y una distribución más homogénea en el entorno radicular.

La gran ventaja de la fertilización localizada, no es la posibilidad de usar aguas salinas, sino, junto al ahorro de recursos hídricos, el poder llevar a cabo una fertilización día a día, en función de las variables agro climáticas disponibles, nutriendo al cultivo de una forma totalmente controlada, de tal forma que el suelo pierde casi totalmente su función de reserva o almacén de agua y pasa a tener el mismo comportamiento que un sustrato, siendo un mero transmisor entre el emisor y la raíz del cultivo.

Los sistemas de riego localizado permiten el uso de aguas de riego que por su calidad serían inutilizables bajo sistemas de riego convencionales, ahora bien, debe quedar claro que el uso de aguas de riego de elevado contenido salino implica la necesidad de aportes adicionales que eviten la acumulación progresiva de sales en el bulbo húmedo desplazándolas hacia el frente de humectación y paralelamente se necesita un mayor suministro de nutrientes para compensar las unidades fertilizantes desplazadas junto a las sales nocivas y para contrarrestar los efectos fitotóxicos de ciertos iones (sodio y cloruros, principalmente).

2.1.1 Cabezales de fertilización.

El concepto de fertilización implica la inclusión (inyección) de los fertilizantes en el agua de riego. Esta inyección puede realizarse de diferentes formas y puede ser mas o menos complicada en función de las necesidades del usuario y se realiza y controla desde un “cabezal” de fertilización

Se entiende por cabezal de fertilización al conjunto de dispositivos situados al principio de toda la instalación de fertilización con la finalidad de:

- Medir, controlar la cantidad de agua aportada en cada sesión de riego.
- Incorporar, medir y controlar la cantidad de fertilizantes aportados en cada sesión de fertilización.
- Filtrar, regular caudales y presiones y ejecutar la programación de riego preestablecida

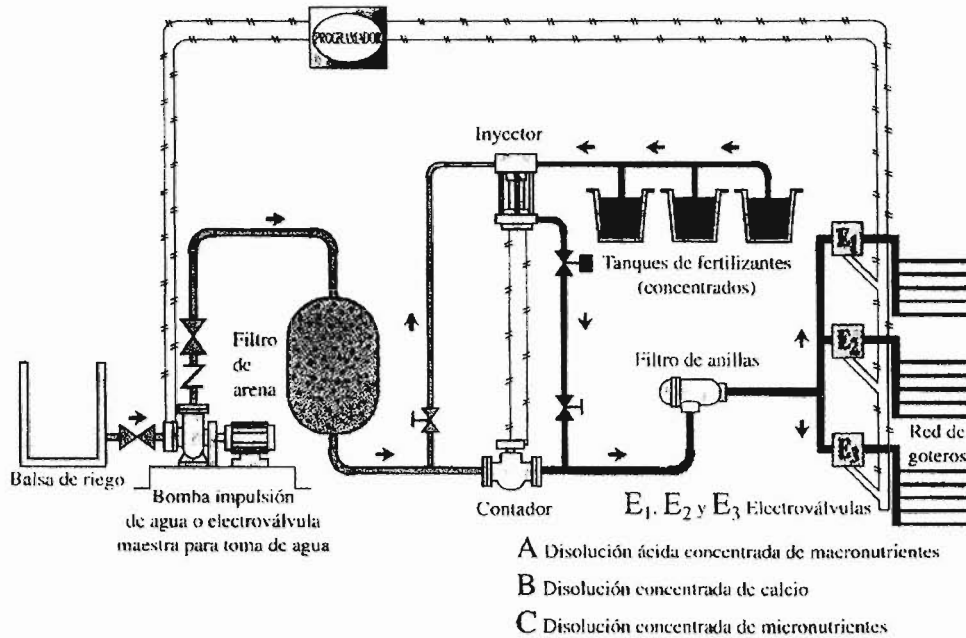


Figura 2.4. Esquema del proceso de fertirrigación.

2.1.1.1 Filtrado de soluciones

El filtrado del agua y de las soluciones de fertirrigación trata de evitar los efectos perjudiciales sobre el sistema inherentes al uso de aguas cargadas con partículas sólidas en suspensión, orgánicas o minerales, que pueden provocar obstrucciones en los conductos estrechos de los emisores y dañar los dispositivos que tengan elementos móviles. Las obstrucciones llevan asociada la disminución de los caudales y de la uniformidad del riego, por lo hacen descender la eficiencia de la fertirrigación.

El tipo de filtros a utilizar dependerá de las partículas disueltas que se deseen eliminar y sus características de filtrado dependerán del diámetro mínimo del paso por el emisor. En general son de tres tipos: hidrociclones, filtros de arena y filtros de mallas o anillas. En ocasiones debe recurrirse a un desbaste previo a la entrada del agua en el cabezal debido a las gran carga de sustancias en solución que presenta en agua; en estos casos puede, si las partículas son minerales, utilizarse una separación por sedimentación en un deposito de decantación; si son de origen orgánico su flotabilidad hace necesaria la utilización de rejillas o filtros gruesos con una luz de paso adecuada.

- Los hidrociclones son dispositivos desprovistos de elementos móviles, capaces de eliminar hasta el 98% de las partículas de peso específico superior al del agua y de diámetro superior a 0.1 mm. Producen unas pérdidas de carga constantes e independientes de la cantidad de sustancias presentes en el agua.
- Filtros de malla son dispositivos capaces de retener partículas sólidas no elásticas. El elemento filtrante esta compuesto por una malla y su soporte. Cada malla viene definida por un número Mesh que representa el número de orificios por pulgada

lineal contado a partir del centro de un hilo; la malla debe retener partículas de tamaño superior a $1/8$ diámetro mínimo de paso del emisor

- Filtros de arena son dispositivos rellenos de un material poroso al que se adhiere la materia orgánica y sus poros retienen partículas minerales. Permiten almacenar gran cantidad de contaminantes antes de que sea necesaria su limpieza invirtiendo el sentido del flujo que los atraviesa. El diámetro eficaz de la arena utilizada en un filtro debe ser igual al diámetro mínimo de paso del emisor.
- Filtros de anillas son dispositivos que combinan los efectos de los filtros de arena y los de malla. Están formados por un elevado número de discos de material plástico a cuyas superficies de contacto se han practicado ranuras que corresponden a un número de mesh, por lo que pueden definirse como un filtro de mallas con una superficie muy grande de elemento filtrante.

2.1.1.2 Inyectores

Existen diferentes formas de introducir los fertilizantes químicos en el agua de riego. La decisión sobre el sistema de inyección a utilizar depende de diversos factores:

- La naturaleza de los fertilizantes que se pretende inyectar: sólidos o líquidos. Los líquidos no requieren agitación en campo, mientras que los sólidos si la necesitan.
- El peligro potencial de las sustancias químicas a inyectar: La mayoría de los fertilizantes químicos nitrogenados no requieren precauciones especiales, sin embargo, los ácidos deben manejarse con mayor cuidado.
- Disponibilidad de energía. En algunos casos, no se dispone de energía eléctrica, por lo que los inyectores deben moverse por el agua, motores de combustión interna u otros métodos.
- Vigencia de las instalaciones: Móviles o fijas ya que la concepción de instalaciones es diferente en función de que estas puedan ser portátiles.

2.1.1.2.1 Venturi

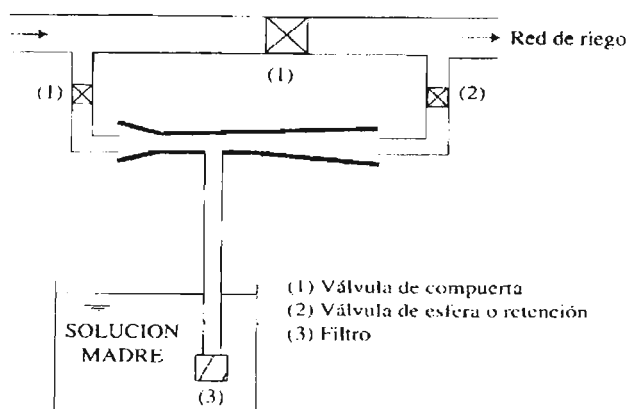


Figura 6.6. Inyector venturi.

Es un tipo de inyector utilizado de manera común dada su simplicidad. Normalmente están contruidos con materiales inertes y no tienen partes móviles. Son mas fáciles de calibrar que los inyectores accionados por bomba ya que inyectan los fertilizantes a una velocidad constante, por esta misma razón son más uniformes que los tanques de presión diferencial. Las

características fundamentales a conocer en un inyector tipo venturi son:

Eficiencia se entiende como tal el incremento de presión requerido para iniciar una succión o la mínima diferencia de presión para generar vacío. (%)

Flujo momentáneo Flujo momentáneo de agua que circula por el orificio del inyector a 50 psi. (l/m)

Capacidad de inyección Caudal inyectado en la tubería de riego por unidad de tiempo (l/h)

Los venturi no constituyen sistemas de inyección, sino que deben conjuntarse con una serie de elementos del sistema entre los que se encuentran la bomba, elementos de calibración, flujómetros, válvulas de control, etc.

2.1.1.2.2 Válvulas de flotación

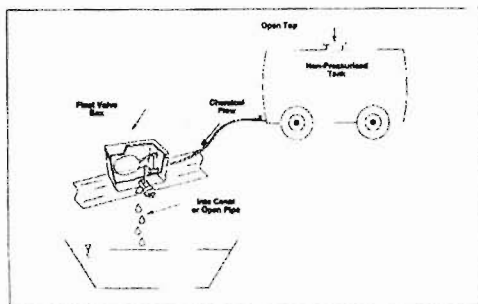


Figure 18. Utilizing a float valve to discharge into a canal or open pipe.

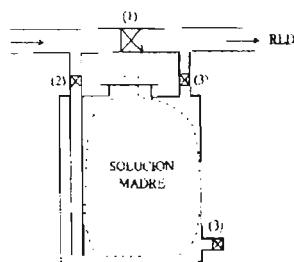
Las válvulas de flotación han sido ampliamente utilizadas en muchos lugares para inyectar fertilizantes y otras sustancias químicas en canales o conducciones de baja presión sin necesidad de utilizar bombas inyectoras.

En estas, un flotador instalado en un recipiente de plástico mantiene una presión constante en una válvula de regulación de caudal, aunque la presión en la entrada del flotador cambie. De esta forma puede mantenerse un flujo constante de descarga hasta que se agote el depósito nodriza de la cámara de flotación. Estos sistemas se han utilizado también para inyectar fertilizantes y otras sustancias químicas en sistemas presurizados, localizando el inyector en un canal o tubería abierta previa a la bomba del sistema. Proporciona un método barato y simple de inyección de sustancias químicas en un sistema presurizado, siempre que el destino final del agua superficial sea una bomba.

Existen sistemas de inyección por flotación asequibles, contruidos con materiales inertes que toleran la mayoría de las sustancias químicas inyectables.

2.1.1.2.3 Tanques de presión diferencial

158 Fertilización



(1) Válvula de compuerta
(2) Válvula de compuerta y/o electroválvula
(3) Válvula de esfera

Figura 5.7. Tanque de fertilización.

debido a ser el caudal de entrada al tanque, y el tiempo de inyección es:

$$Q = \frac{V}{t}$$

En la mayoría de los libros de fertilización puede encontrarse un esquema de un tanque de presión diferencial.

Existen numerosas y buenas razones para desaconsejar el uso de los tanques de presión diferencial: Son caros, potencialmente peligrosos (si se manipulan mientras el tanque se encuentra bajo presión, y sobre todo son incapaces de inyectar fertilizantes a una velocidad constante; la velocidad a la que los fertilizantes se liberan desde el tanque de inyección desciende con el tiempo, a medida que el contenido del tanque se diluye con agua.

2.1.1.2.4 Bombas de gas

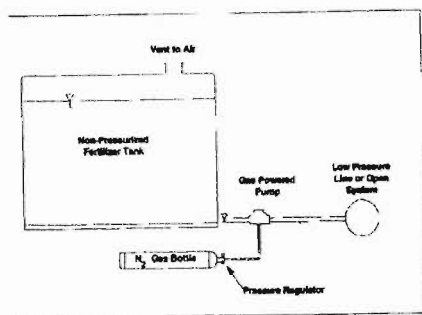
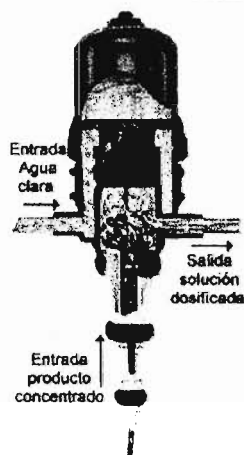


Figure 21. A typical nitrogen gas (N₂) powered pump installation.

En determinadas condiciones se utilizan este tipo de bombas debido a su simplicidad y bajo coste. Un depósito de gas comprimido (aire, nitrógeno, etc.) proporciona movimiento a una pequeña bomba de membrana que puede inyectar fertilizantes a un sistema de irrigación.

Es un sistema de inyección ideal para casos en los que se necesita un sistema de inyección portátil e independiente de la electricidad.

2.1.1.2.5 Bombas de agua



Existen numerosos diseños de bombas movidas por agua. Algunos utilizan una turbina en el interior de la tubería de irrigación para mover la bomba. Los diseños más corrientes utilizan un pequeño porcentaje del agua de irrigación para mover un pistón o una bomba de diafragma. Básicamente el funcionamiento de las bombas de agua es similar al de las bombas con motor eléctrico. Estas bombas son capaces de inyectar directamente las sustancias químicas en sistemas de riego presurizados. Existen grandes diferencias entre modelos en cuanto a su complejidad, pero la mayoría son capaces de proporcionar caudales de inyección proporcionales al caudal de riego de una forma constante e independiente de la presión de la red de riego.

2.1.1.2.6 Bombas de diafragma

La mayoría son movidas por motores eléctricos, aunque también se encuentran algunas accionadas por motores de combustión interna (diesel o gasolina). Tienen la ventaja sobre las de pistón de que pueden ajustarse fácilmente mientras están funcionando. Sin embargo, la mayoría de las bombas de membrana son incapaces de mantener constante el flujo de descarga si la presión de descarga varía significativamente.

No son una elección adecuada si se necesitan flujos de inyección de sustancias químicas y las presiones de descarga del sistema de riego varían considerablemente, aunque existen modelos que permiten trabajar en un rango amplio de variaciones de presión, con cambios porcentualmente pequeños en el flujo de inyección.

2.1.1.2.7 Bombas de pistón

Este tipo de bombas inyectoras tiene características similares a las de diafragma en lo referente a suministro de energía y mantenimiento. La ventaja más positiva con la que cuenta este tipo de bombas de desplazamiento positivo es que el flujo de inyección no varía aunque varíe la presión de descarga del sistema de riego (lo cual puede convertirse en una desventaja). Su mayor desventaja es que no pueden ajustarse durante el funcionamiento de la bomba. Algunas bombas de pistón modernas varían

automáticamente la longitud de movimiento del pistón tras el ajuste u mientras la bomba está en funcionamiento.

2.1.1.3 Flujos de inyección y calibración

En la mayoría de los sistemas son necesarios más de un inyector debido a que las diferentes mezclas de fertilizantes o de sustancias a inyectar requieren diferentes velocidades de flujo.

Como regla general, la inyección de fertilizantes puede realizarse a velocidades de flujo de aproximadamente el 0.1% de las velocidades de flujo de riego; por ejemplo, si la bomba de irrigación proporciona 1000 l/h, el inyector de fertilizantes debe ser capaz de proporcionar un caudal mínimo de 1 l/h. Los herbicidas, insecticidas y nematocidas se inyectan normalmente a velocidades de inyección del 10% de las velocidades de inyección de los fertilizantes.

La adecuada calibración de los inyectores requiere tener en cuenta algunas consideraciones importantes:

- La válvula de ajuste de flujo (si se utiliza), debe ser lo suficientemente pequeña para proporcionar una buena regulación durante el rango de flujos a utilizar.
- Cualquier mecanismo de regulación debe estar construido con materiales duraderos, no corrosivos y que no sufran deformaciones con el tiempo.
- Si se utilizan caudalímetros, estos deben estar correctamente instalados para determinar el flujo de inyección y el caudal de riego.
- La calibración de los inyectores (fundamentalmente las bombas), debe realizarse con las mismas formulaciones químicas que serán inyectadas definitivamente; la regulación con agua suele conducir a ajustes erróneos.
- Los inyectores deben regularse a las presiones de operación normales; la configuración de algunos inyectores hace que los flujos de descarga varíen enormemente con los cambios de presión de las descargas de riego.
- La viscosidad de las disoluciones de fertirrigación cambia con la temperatura.

2.1.1.3.1 Limites a la cantidad de inyección

El límite máximo de fertilizantes y otras sustancias químicas que pueden inyectarse durante un periodo de riego es importante por las siguientes razones:

1. Los errores de aplicación o de operación pueden originar fuertes aplicaciones que pueden causar graves daños en el cultivo.
2. Frecuentemente es necesario aplicar un volumen específico de fertilizantes por unidad de superficie en cada riego, con independencia de los cambios en presiones y caudales de riego.
3. El tiempo o la duración de cada sesión de fertirrigación debe estar marcado por ciertas normas generales como por ejemplo ($\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$).

Existen numerosos métodos para limitar la cantidad total de fertilizantes inyectados:

- Limitar la cantidad total de fertilizantes a inyectar en cada sesión de fertirrigación (preparación de tanque de presión diferencial para cada fertirrigación).

- Limitar la cantidad total a inyectar por inmersión de la boquilla de succión solamente hasta la profundidad de solución a inyectar durante cada sesión de fertirrigación. Este método no es recomendable cuando se utilizan sistemas sensibles a la entrada de aire en las conducciones de riego (bombas de pistón, membrana o venturi).
- Limitar el volumen total de solución a inyectar mediante la utilización de limitadores volumétricos o temporales del agua de riego o de la solución de inyección. (se utilizan con la bombas accionadas por agua algunos diseñados para jardinería casera). Se define el volumen deseado de agua a aportar o de solución a inyectar y se cierra la válvula cuando se alcanza.
- Limitar el tiempo de inyección mediante corte por tiempos del suministro eléctrico, cuando se utilizan inyectoras alimentados por energía eléctrica.
- Utilizar sistemas de control retroalimentados. Los controladores típicos retroalimentados miden la CE y/o el pH de la solución de fertirrigación después del punto de inyección, y reajustan el flujo de inyección para mantener constante la CE y/o el pH definido como consigna. Solo pueden utilizarse si los fertilizantes aplicados son sales ionizables (modifican la CE y/o el pH del agua de riego) y si el agua de riego no está sujeta a variaciones temporales de CE durante el riego

2.1.1.3.2 Inyectores múltiples

La mayoría de los sistemas de fertirrigación incluyen mas de un inyector por diferentes razones:

- La inyección de sustancias diversas exige frecuentemente velocidades de flujo diferentes
- Cada inyector individual puede calibrarse y dedicarse a la misma mezcla con diferente viscosidad y gravedad específica, sin que sea necesario calibrarlo constantemente cuando se cambia la composición química de la solución a inyectar.
- Existen incompatibilidades en la mezcla temporal de diferentes sustancias químicas. El aislamiento de las mezclas realizables, su separación en sistemas de inyección temporales minimiza los problemas y los reduce solo al momento de la aplicación.
- La mayoría de las veces es necesario inyectar diferentes mezclas o sustancias químicas simultáneamente con diferentes velocidades de control e inyección.

La complejidad de los sistemas de inyección está directamente relacionada con la intensificación de los sistemas de cultivo y con las necesidades de control de los parámetros nutricionales del mismo, por lo que los sistemas múltiples y sofisticados son frecuentes en sistemas de cultivo en invernadero y menos frecuentes en cultivos al aire libre.

2.1.2 Automatización del proceso de fertirrigación

La uniformidad en el riego lograda en este tipo de técnicas, al efectuarse una distribución forzada, es decir, bajo presión, y con una cobertura total de la superficie de cultivo, junto a la posibilidad de llevar a cabo otro tipo de labores como aplicación de fitosanitarios y otros productos químicos (quimigación), la aparición a nivel comercial de sistemas de cultivo en los que la fertirrigación resulta imprescindible (cultivos sin suelo) o las marcadas ventajas de índole fisiológico que posibilitan un rendimiento

económico más ventajoso del cultivo, han supuesto la proliferación en el mercado de talación y mantenimiento: un mayor grado de automatización puede traducirse en reducciones de los requerimientos de las instalaciones, del mismo modo se pueden minimizar costes energéticos de funcionamiento consumiendo electricidad en horas de tarifa reducida.

1. -Flexibilidad total del sistema: se pueden controlar gran variedad de parámetros útiles a la hora de programar el riego, como pH, conductividad eléctrica (C.E.), humedad del suelo, evaporación, temperatura, radiación, velocidad y dirección del viento, precipitaciones, etc.
2. -Control de situaciones anormales: alarmas y detención o corrección de procesos ante situaciones de emergencia como valores extremos de presión o caudal, averías en la red de riego, etc.
3. -Facilita el registro de datos: con lo que se dispone de una completa y permanente información de lo que acontece en la instalación y de los procesos ejecutados.

Estos equipos automáticos de fertirrigación constan de una serie de elementos de regulación y manejo que, intercalados o no en la red de riego, aseguran un control racional y exhaustivo del proceso de riego y fertilización. Su introducción generalizada en España es relativamente reciente y sigue una progresión geométrica paralela a la evolución del precio y la fiabilidad de los elementos electrónicos e hidráulicos que los componen. Las posibilidades de manejo adaptables a las necesidades del usuario de los modernos equipos de fertirrigación son enormes, a continuación se detallan las más importantes y de extensión más generalizada, agrupadas según factores definitorios del proceso:

1. Según la dosis de riego:
 - a) Por tiempo: fijando la duración de los riegos en cada conexión.
 - b) Por volumen: determinando la cantidad aportada por riego.
2. Según la frecuencia de los riegos.
 - a) Tipo horario: fijando la hora de inicio y finalización de cada riego.
 - b) Por demanda: actúa de acuerdo con los procesos evapotranspirativos que sufre el cultivo, siempre y cuando esté bien diseñado el proceso de riego y fertilización, presenta la gran ventaja de que los riegos se efectúan cuando las necesidades fisiológicas del cultivo así lo requieren, con lo que se asegura un óptimo estado de nutrición hídrica y mineral del cultivo, uniforme a lo largo del tiempo y en cierta medida independiente de factores microclimáticos, a la vez que se ahorra agua y fertilizantes. Dentro del riego por demanda encontramos distintos sensores o controladores que lo gobiernan, los de uso más generalizado son:
 - 1) Tensiómetros: miden el potencial hídrico del suelo, accionan el inicio del riego por debajo de un umbral de presión de succión (cb) preestablecido.
 - 2) Bandeja de lixiviación: de aplicación a cultivos sin suelo o hidropónicos, controlan el drenaje del cultivo y accionan el riego mediante procesos de evapotranspiración y/o succión directa de las raíces.
 - 3) Sondeas de radiación: miden el nivel de radiación solar (W/m^2) que resulta proporcional al consumo hídrico del cultivo, accionan el riego a partir de

umbrales prefijados de radiación acumulada. Son aplicables tanto a cultivos en suelo como hidropónicos.

- 4) Evaporímetros: miden los niveles de evaporación de cubetas con agua, accionando el riego según la evapotranspiración que sufre el cultivo. Aplicables a cultivos en y sin suelo.
3. Según la dosificación de fertilizantes u otros productos químicos:
 - a) Dosificación volumen / volumen: se realiza la solución nutritiva en base a la mezcla de volúmenes prefijados de soluciones madre de los distintos fertilizantes con un determinado volumen de agua de riego.
 - b) Dosificación según C.E. y pH: se adicionan soluciones madre de fertilizantes en porcentajes predeterminados hasta alcanzar en la solución nutritiva final un valor de C.E. o un incremento de la misma previamente fijado. De la misma manera se dosifica ácido (o una base en su caso) hasta lograr el pH predeterminado en la solución nutriente final.
4. Otras posibilidades de los equipos automáticos de fertirrigación:
 - a) Registro y almacenamiento de la información relativa a cada uno de los procesos ejecutados y en curso.
 - b) Mantenimiento y limpieza de la red de riego: auto limpieza de filtros, alarmas que paralizan la actuación ante presiones o caudales anómalos, etc.
 - c) Avisos y alarmas de otros parámetros de control del proceso de fertirrigación como son avisos y /o detención de la dosificación o del riego ante valores extremos previamente fijados de pH o C.E., bajo nivel en tanques de fertilizantes o cubas de mezcla, etc.

El diseño y la fabricación de estos equipos modernos de fertirrigación requiere una serie de elementos que posibilitan la automatización de los mismos, a continuación se detallan los más significativos:

1. Elementos eléctricos:
 - a) Protecciones: interruptores térmicos, interruptores diferenciales.
 - b) De maniobras: contactores, relees, temporizadores, variadores de frecuencia, solenoides, controladores de nivel.
 - c) De medida: voltímetros, amperímetros.
2. Elementos electrónicos: reloj horario, autómatas, microprocesadores, placas de entradas-salidas (digitales y analógicas), ordenadores.
3. Elementos de regulación, control y medida:
 - a) De caudales y presiones:
 - 1) Caudalímetros o contadores volumétricos: tipo Woltmann (de hélice axial o de hélice vertical), rotámetro o flotámetro, proporcional, electromagnético, por ultrasonidos.
 - 2) Limitadores o moduladores de caudal: de diafragma, de muelle.
 - 3) Manómetros y sondas de presión.

- 4) Reguladores de presión (sostenedores y reductores de presión): válvulas de seguridad, válvulas de retención, ventosas, purgadores, torres de carga, calderín.
 - 5) Válvulas multivías: de tres vías y de cinco vías.
 - 6) Válvula hidráulica y automatismos derivados: válvula hidráulica normalmente abierta, válvula hidráulica normalmente cerrada, electroválvula, válvula volumétrica, controlador de nivel.
- b) De las necesidades hídricas y de fertilización:
- 1) Dispositivos de control y medida de parámetros agroclimáticos: termómetro, pluviómetro, evaporímetros, anemómetros, barómetros, higrómetros, termohigrógrafos, radiómetros.
 - 2) Dispositivos de control y medidas del potencial hídrico del suelo y planta: tensiómetros y electrotensiómetros, lisímetros, sonda de neutrones, medidores electrónicos de humedad del suelo, psicrómetros foliares, termómetros de infrarrojos, medidores de la microvariación del grosor de órganos.
 - 3) Dispositivos de control y medida del nivel salino y la fertilización: sondas de succión, pH-metros, conductímetros, electrodos selectivos de iones.

2.1.3 Sistemas de control y automatización

La reestimaciones realizadas por numerosos en fertirrigación (Alarcón, A. 1999) sitúan la superficie total fertirrigada en España próxima a las 400.000 Has. De esta sólo el 25% está automatizada, sin embargo el ritmo de automatización es vertiginoso; estimándose en 1300 equipos de fertirrigación instalados anualmente, unos 3000 equipos semiautomáticos y controladores, y unos 5000 pequeños programadores.

El controlador de riego es el elemento de automatización que centraliza todas las órdenes encaminadas a un eficaz funcionamiento del sistema. Un controlador de fertirrigación completo debe contemplar la puesta en marcha y el paro en el momento preciso de bombas, válvulas de mando, agitadores y dosificadores de fertilizantes, dispositivos de control, medida, regulación seguridad, emergencia, etc. Todo ello como respuesta tanto a programas prefijados como a condicionantes, previsibles o fortuitos, en la instalación, suelo-sustrato, cultivo o ambiente. Además el controlador de riego debe suministrar una información completa y permanente de lo que acontece en la instalación, programas ejecutados y en curso, tiempo y/o volumen de agua y fertilizantes aplicados, parámetros definitorios de la solución nutriente aplicada (conductividad eléctrica, pH, temperatura, etc.), caudales, incidencias, alarmas, averías, etc.

El mercado ofrece una enorme cantidad de controladores de fertirriego, adaptables a cualquier tipo de instalación en función del grado de automatización que se quiera conseguir y de la relación prestación /precio de cada aparato

2.1.4 Funcionamiento y descripción de un sistema automático de fertirrigación.

Según las características más generalizadas en el mercado, estos equipos constan de una unidad dosificadora múltiple, con sistemas de inyección proporcionales, o sea con bombas dosificadoras o inyectoros venturi (sistema proporcional siempre que el caudal se mantenga constante), sustituyendo al clásico tanque abonador (sistema no

proporcional); normalmente con 4 tanques para la separación de los fertilizantes, más uno para aporte de ácido (o base en su caso), aunque pueden verse ampliados hasta 8 tanques más ácido.

Las distintas soluciones madre, convenientemente homogeneizadas mediante electroagitadores programables, se inyectan a través de electroválvulas directamente a la red en el caso de instalaciones con caudales instantáneos altos o a un tanque de mezcla donde los fertilizantes se combinan con el agua de riego y se homogeneiza la mezcla generando la solución nutritiva deseada. Se instalan sondas de pH, C. E. y temperatura, esta última para corregir la lectura de C.E., dada su sensible variación en función de la temperatura de la solución, en puntos de mezcla uniforme que permitan una rápida corrección de la mezcla en elaboración. Estas sondas gobiernan, controlan y regulan la adición de los distintos fertilizantes para mantener una C. E. final prefijada y el suministro de ácido para lograr el ajuste del pH al valor requerido en función de la neutralización de los bicarbonatos presentes en el agua de riego. La instalación de una sonda de C. E. de «agua clara» que mida en continuo el contenido salino del agua de riego permite la fertirrigación por el incremento de C. E. ocasionado por el aporte de abonos, con lo que mantenemos constante la dosificación de fertilizantes aunque varíe la composición de la fuente de agua de riego disponible. La dosificación de los fertilizantes se establece de modo porcentual (porcentajes de inyección de cada tanque de solución madre) o por volúmenes de inyección de los mismos.

La programación del riego se establece en base a tiempo y parámetros de demanda relacionados con los procesos evapotranspirativos (bandeja de lixiviación, sonda de radiación y tensiómetros son los tres métodos generalmente ofrecidos por las distintas casas comerciales). La mezcla homogénea, uniforme y con la composición requerida es distribuida a los cultivos de los distintos sectores mediante impulsión de la bomba de riego; algunos equipos presentan una bomba de recirculado a través del circuito de descarga de los fertilizantes y el tanque de mezcla para lograr una mejor homogeneización de la solución nutritiva.

El equipo debe ser flexible para adaptarse a las características de cualquier explotación, más aún, a cada parcela (sector de riego) que la componga. Debe tener la posibilidad de ejecutar procesos paralelos de quimigación, realización de riegos sin aporte de fertilizantes y contemplar un completo sistema de seguridad basado en una serie de alarmas de anomalías y dispositivos antiaverías que paralizen o regulen determinados procesos, alarmas de alta y baja presión, retardos de arranque y paro para evitar sobrepresiones y golpes de ariete, alarmas de C. E. y pH mínimos y máximos, controladores de nivel, protecciones eléctricas, filtros de seguridad en todas las líneas, etc. Además el equipo debe autocorregir las dosificaciones de fertilizantes y ácidos para que el sistema sea preciso, fiable y en cierta medida autónomo.

Del mismo modo, estos equipos han de ser abiertos, es decir, capaces de incorporar cualquier nuevo avance que se logre en su gama, para que no queden obsoletos en poco tiempo, dada la enorme evolución que sufren en la actualidad los software de aplicación y los propios equipos. Deben tener la posibilidad de actuar sobre un elevado número de sectores de riego, así como registrar todo tipo de datos referentes al proceso de fertirrigación, caudales de riego y drenaje (cultivos sin suelo), parámetros climáticos que nos permitan elaborar un correcto diseño del fertirriego (temperatura, humedad relativa, radiación, velocidad y dirección del viento), almacenamiento de datos

relativos a cada conexión de riego (hora de inicio y fin, pH, C.E., temperatura) y al consumo de agua y fertilizantes, etc.

Los procesos de un equipo automático de fertirrigación deben ser controlados mediante un ordenador industrial, al menos 40486 y con 2 MB de memoria RAM. Claro está que todo esto formaría parte de un equipo completo e integral y que en función de las características de la explotación pueden instalarse sólo las funciones que sean verdaderamente prácticas y económicamente ventajosas para un caso concreto. La posibilidad de que estos equipos sean hasta cierto punto modulares posibilita la adaptabilidad y la fabricación a medida según la demanda del comprador. También existen en el mercado una gama de equipos de tamaño reducido, más o menos compactos, que basándose en el mismo modo de funcionamiento y manejo de los equipos integrales, han suprimido gran parte de las funciones, conservando aquellas imprescindibles para que el proceso de fertirrigación pueda llevarse a cabo de forma perfectamente eficaz y segura y abaratando costes en el caso de explotaciones de reducido tamaño o de inferiores requerimientos.

2.1.5 Manejo y mantenimiento de los sistemas

Cada sistema tiene su propia metodología de manejo, pero en términos generales es necesario conocer las modalidades de inyección para realizar las correspondientes programaciones de fertirrigación; el tiempo que el sistema utiliza en poner la solución a disposición del cultivo desde que esta se realiza en el cabezal; y los problemas que la preparación de la solución puede originar en los sistemas de aplicación

2.1.5.1 Inyección continua o discontinua

Las dos prácticas son utilizadas como métodos de inyección de los fertilizantes en el agua de riego:

Continua: Se fertirriega durante el ciclo completo de riego a velocidad constante.

Es una práctica altamente recomendable ya que implica la inyección continua y frecuente de pequeñas cantidades de fertilizantes que no presentan riesgos elevados para los emisores ni otros elementos del sistema de fertirrigación, y no requiere por tanto, una limpieza de la instalación tras la aplicación

Discontinua: Solo se fertirriega durante una fracción de tiempo situada en la parte central una aplicación de riego ($\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$). Se justifica por las siguientes razones:

- La aplicación inicial de una fracción de riego solo con agua garantiza que el sistema se encuentra en un modo normal de operación y que el agua y los fertilizantes se aplicarán uniformemente.
- La aplicación final de una fracción de riego solo con agua garantiza que no queden sustancias químicas en el interior del sistema de riego.
- Es ocasionalmente necesaria cuando se utilizan elevadas concentraciones de sustancias químicas o estas pueden ocasionar daños en los emisores o sistemas de fertirrigación si se mantiene el contacto de estos con las sustancias inyectadas..
- Es necesario determinar cual es la fracción de caudal o de tiempo del riego que garantiza la limpieza de los sistemas de fertirrigación.

2.1.5.2 Tiempo de “transito” de los fertilizantes en las tuberías.

Es interesante conocer este dato, no solo para garantizar la limpieza de los sistemas en una aplicación discontinua, sino para asegurar la correcta distribución de los fertilizantes aplicados a diferentes sectores con diferentes necesidades nutritivas.

El tiempo que tarda una sustancia química desde que se inyecta en una tubería de riego hasta que sale por los emisores puede calcularse fácilmente determinando el tiempo de transito en cada segmento diferente de tubería y sumando todos los segmentos que esta atraviesa.

Para un segmento determinado:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Velocidad}} = \text{Longitud} \times \frac{\text{Área del segmento}}{\text{Caudal del segmento}}$$

Siendo:

Tiempo = segundos

Longitud = Longitud del segmento de tubería (m)

Área del segmento = sección interior de la tubería (m²)

Caudal = m³/seg.

En los sistemas de nueva construcción, los cálculos son simples y conocidos por el diseñador. Sin embargo en un sistema existente puede ser bastante más difícil conocer las longitudes y secciones utilizadas en la construcción, por lo que puede utilizarse la medida en campo del tiempo que tarda una sustancia inyectada en el sistema en salir por el emisor mas distantes de cada sector. Una sal que modifique la conductividad o un indicador visible

2.1.5.3 Obturaciones

El riesgo de obturaciones de origen químico y físico de los emisores de fertirrigación depende de la características del agua, del sistema de filtrado y del propio emisor, las más frecuentes se producen por precipitaciones por desarrollo excesivo de colonias bacterianas o algas.

El tratamiento de estas obturaciones debe realizarse de forma preventiva y de forma “curativa”.

Los tratamientos preventivos deben realizarse frente a precipitaciones y frente a la proliferación de algas y bacterias:

- Las precipitaciones de carbonatos se impiden disminuyendo el pH de la solución de fertirriego hasta 5.5 o 6.0, mediante la adición de ácidos (nitríco, fosfórico o sulfúrico)-
- Las de sulfatos o hierro, manganeso en el sistema de fertirrigación, se previenen provocando su precipitación antes del cabezal de fertirriego y la posterior retención de los elementos precipitados mediante un adecuado sistema de filtrado, aunque también pueden evitarse aplicando de forma periódica antioxidantes en el sistema.
- La ausencia de luz impide la proliferación de algas y como consecuencia de la población bacteriana de las aguas de riego. La aplicación de biocidas o de biostáticos en el sistema es un mecanismo eficaz de lucha contra estas proliferaciones en los sistemas de fertirrigación, los más frecuentes son la aplicación de Cl₂ gaseoso en el agua (cloración) o su inyección como hipoclorito sódico antes de los sistemas de filtrado.

Los tratamientos “curativos” o de limpieza deben realizarse al menos con una periodicidad anual, preferiblemente al finalizar una campaña de cultivo, con el objeto de eliminar lo precipitados, los microorganismos, o los sedimentos sólidos que escaparon al sistema de filtrado.

- El tratamiento consiste en someter toda la instalación, al menos durante una hora a una solución de pH = 2 mediante la inyección de un ácido, normalmente nítrico, transcurrido este periodo se somete la instalación a una sobrepresión de al menos el doble de la nominal y se abren los extremos de la tuberías primarias hasta que el agua salga limpia, cerradas estas se repite el proceso con las tuberías secundarias y finalmente en las porta emisores.
- La concentración necesaria de ácido para obtener un determinado pH debe determinarse mediante valoración del agua utilizada en el riego con el producto comercial a utilizar:

$$q(l/h) = Q \cdot c / 10 C \cdot \rho$$

Siendo:

q = el caudal de ácido comercial a inyectar;

Q = el caudal (l/h) que circula por la red;

c = la cantidad de ácido comercial necesaria para llevar el agua a un pH = 2 (g/l);

C = su concentración (en peso) y

ρ = su densidad.

3 ASPECTOS TÉCNICOS Y AGRONÓMICOS DE LA FERTIRRIGACIÓN

Los fertilizantes pueden aplicarse en el agua de riego sea cual sea el sistema de irrigación utilizado, lo que hace que las posibilidades técnicas de aplicación sean tan diversas como lo son los sistemas de irrigación:

- En los sistemas de irrigación abierta o de baja presión, la adición de sustancias químicas al agua de riego puede realizarse sin necesidad de utilizar sistemas de inyección accionados por bombas. Un sistema sencillo y barato de controlar las diferencias de presión que se producen por diferencias de nivel en el tanque de solución madre durante la aplicación es la utilización de un tanque intermedio que regule la presión de inyección mediante una válvula de flotación (cisterna)
- En los sistemas de irrigación que funcionan con presiones elevadas, la adición debe realizarse ineludiblemente utilizando inyectoras que proporcionen o generen una diferencia de presión entre la tubería de riego y la solución madre que permita su adición al agua. Estos inyectores pueden funcionar hidráulica- o mecánicamente
- Los sistemas de irrigación aérea (Aspersión) con la introducción de pivotes centrales o líneas de riego móviles (manualmente o autopropulsadas) han permitido introducir la quimigación con pesticidas en áreas relativamente extensas ya que consiguen mojar las hojas (contrariamente a la irrigación superficial), y no necesitan la presencia de operarios durante los tratamientos y permiten una distribución uniforme del producto aplicado. También han permitido una fertirrigación mas sofisticada para estos cultivos (Extensivos y forrajeros). basándose en décadas de experiencia. Sin embargo su utilización está limitada a un numero reducido de cultivos herbáceos, y es poco utilizable en los arbustivos.
- Los sistemas de microirrigación o de irrigación localizada han estimulado el desarrollo paralelo de las técnicas de quimigación. Un número cada vez mayor de fungicidas, herbicidas e insecticidas se han desarrollado para ser utilizados en quimigación. La utilización de estos tipos de quimigación es altamente dependiente de los tipos de cultivo, es mucho mas importante en los cultivos hortícolas y en los frutales que en extensivos y arbustivos. En estos sistemas de cultivo la fertirrigación actualmente no es opcional, sino que resulta imprescindible; en los cultivos hortícolas es el método de riego que proporciona los mejores resultados productivos y de calidad; en los cultivos permanentes constituye en único camino para proporcionar un suministro adecuado de nutrientes a la rizosfera de los cultivos, utilizando diferentes tipos de emisores.

Las ventajas que ofrece la fertirrigación respecto de los sistemas de fertilización convencionales son las siguientes:

1. Evita la compactación del suelo originada por la entrada en el cultivo de maquinaria pesada.
2. El cultivo no sufre daños por poda, roturas o daños foliares, como ocurre con las técnicas convencionales de fertilización química.
3. Se requiere menos equipamiento para la aplicación
4. Se consume menos energía durante la aplicación de los fertilizantes.
5. Son necesarias menos labores de supervisión (generalmente).

6. El suministro de nutrientes se realiza de una manera mas cuidadosa, controlada y puede monitorizarse.
7. Los nutrientes se distribuyen mas eficientemente a través de toda la zona radical en el perfil del suelo.
8. Los nutrientes pueden aplicarse de forma proporcional a las necesidades de los cultivos y a las condiciones ambientales.
9. Pueden aplicarse nutrientes al suelo incluso cuando las condiciones del cultivo impiden la entrada de equipos convencionales.

3.2 FERTILIZANTES Y FERTIRRIGACIÓN. CARACTERÍSTICAS GENERALES

3.2.1 *La salinidad en zonas áridas y semiáridas*

El riego en estas zonas, constituye una práctica imprescindible, las lluvias son escasas para eliminar el efecto de las sales sobre la rizosfera y la salinidad e uno de los principales factores que limitan la producción vegetal. Estos efectos se acentúan cuando el sistema de cultivo excluye la componente de lluvia de las entradas del cultivo, como ocurre el los invernaderos.

La salinización de los suelos es uno de los ejemplos más característicos y antiguos de contaminación de los suelos. Un tercio de los suelos cultivados en régimen de regadío se ven afectados en mayor o menor medida por problemas de elevados contenidos salinos; este problema, lejos de solucionarse se agrava con la implantación de nuevos regadíos que suponen la utilización de suelos marginales y la sobreexplotación de acuíferos subterráneos. La contaminación de los suelos por este origen (utilización de riego con aguas salinas o utilización indiscriminada e incontrolada de fertilizantes es la más grave de los tipos de salinización, sin embargo podemos ejercer acciones de control sobre ella que minimicen su efecto contaminante.

Los fertilizantes utilizados en fertirrigación se caracterizan por su elevada solubilidad, que genera un incremento de la CE de la solución, y un incremento de la presión osmótica en el ambiente radical lo que dificulta la absorción hídrica en la rizosfera de los cultivos. La sensibilidad de las diferentes especies cultivadas a la salinidad debe considerar también el incremento que se produce por la adición de los fertilizantes soluble.

3.2.2 *Fertilizantes utilizados en fertirrigación.*

3.2.3 *Características generales de los fertilizantes utilizados en fertirrigación*

En fertirrigación pueden utilizarse tanto fertilizantes sólidos como líquidos. Tanto unos como otros pueden ser simples o complejos en función de que estén constituidos por sales binarias, que aportan uno o dos elementos nutritivos, mientras que los complejos, que proceden de reacciones químicas y no de mezclas, contienen dos o más elementos nutritivos.

La principal característica de los fertilizantes que pueden utilizarse en fertirrigación es que sean solubles en agua para poder obtener una disolución de los elementos presentes en los mismos, por lo que los fertilizantes sólidos destinados a fertirrigación deben llevar impreso y visible las denominaciones de “cristalino soluble” o “soluble para fertirrigación”.

La riqueza de cada fertilizante expresa su contenido en elementos nutritivos que presenta el fertilizante. Para poder establecer una comparación entre los fertilizantes que aportan un determinado elemento nutritivo es interesante conocer las equivalencias nutritivas de cada uno de los fertilizantes.

Las técnicas de fertirrigación implican a menudo tener que utilizar mezclas de diversos fertilizantes y para que la solución generada sea estable, los fertilizantes utilizados en la misma deben ser compatibles

Los fertilizantes son sales, y como tales se disocian en el agua aumentando la conductividad eléctrica (CE) inicial de esta, por lo que no deben de utilizarse en cantidades que superen los límites críticos de salinidad de cada cultivo.

Al mezclarse con el agua de riego modifican su pH originando consecuencias secundarias ausentes en el agua de riego: Si aumentan el pH, incrementan los riesgos de precipitación de sales cálcicas al disminuir la solubilidad del catión Ca^{2+} . Si por el contrario lo disminuyen, evita la obstrucción de los goteros y puede utilizarse para limpiar la instalación de fertirriego al aumentar la solubilidad de las sales precipitadas.

3.2.3.1 Solubilidad y riqueza de los fertilizantes

Al considerar la solubilidad de los diferentes fertilizantes utilizados en fertirrigación, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- La solubilidad de un fertilizante se calcula para soluciones acuosas saturadas a una temperatura estándar de 20°C. Esta solubilidad es mayor a mayores temperaturas del agua o en medios ácidos.
- Al aumentar la concentración de iones de características similares a los disueltos (mezcla de fertilizantes), disminuye la solubilidad de ambos (efecto del ion común)

Tabla 3.1.- Riqueza en nutrientes y solubilidad a 20 °C de los fertilizantes sólidos cristalinos

Fertilizante	Riqueza (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-otros)	Solubilidad (g/l)	F CE
NITROGENADOS			µS/cm/g/l
Nitrato amónico (NH ₄ NO ₃)	33.5-0-0	1700 (↓T ^m)	850
Nitrato cálcico [Ca(NO ₃) ₂] · 4H ₂ O	15.5-0-0-26.6(CaO)	1212 REF	600
Nitrato amónico cálcico	17-0-0-8.8(CaO)	500	
Nitrato potásico (KNO ₃)	13-0-46	100-150	700
Nitrato magnésico 6H ₂ O	11-0-0-9.5(MgO)	500	450
Sulfato amónico (NH ₄) ₂ SO ₄	21-0-0-22(S)	500 - 700	1000
Urea CO(NH ₂) ₂	46-0-0	1000	0.01
Ácido nítrico	33<65-0-0	Alta	
Fosfato de urea	17-44-0	150	
Urea Furic CO(NH ₂) ₂ · H ₂ SO ₄ N-pHuric	28-0-0-9(S)/ 10-18	Alta	
Urea Amónio Nitrato CO(NH ₂) ₂ · NH ₄ NO ₃	32-0-0	Alta	
Aqua amónica NH ₃ H ₂ O / NH ₄ OH	20-0-0	Alta	
FOSFORADOS			
Fosfato monoamónico (NH ₄) ₂ H ₂ PO ₄	12-60-0	200	450
Fosfato monopotásico KH ₂ PO ₄	0-52-23	200	375
Polifosfato amónico (NH ₄) ₅ P ₃ O ₁₀ y otros	11-37-0	Alta	
Fosfato de urea	17-44-0	150	
Ácido fosfórico (verde) H ₃ PO ₄	0-52-0	500	
Ácido fosfórico (blanco) H ₃ PO ₄	0-54-0	500	
POTÁSICOS			
Sulfato potásico	0-0-50-18(S)	110	900
Nitrato potásico (KNO ₃)	13-0-46	100-150	
Fosfato monopotásico KH ₂ PO ₄	0-52-23	200	950
Cloruro potásico ClK	0-0-60	350	
MAGNÉSICOS			
Sulfato magnésico MgSO ₄ · 7H ₂ O	13(S)-16(MgO)	700	400
Nitrato magnésico Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	11-0-0-9.5(MgO)	500	
MICRONUTRIENTES			
Borax Na ₂ B ₄ O ₇	11%(B)	21	
Ácido bórico H ₃ BO ₃	17.5%(B)	64	
Solubor Na ₂ B ₈ O ₁₃ · 4H ₂ O	20%(B)	220	
Sulfato de hierro (ac) FeSO ₄ · 7H ₂ O	20% (Fe)		
Sulfato de manganeso (ac) MnSO ₄ · 4H ₂ O	27% (Mn)		
Sulfato de zinc ZnSO ₄ · 7H ₂ O	36% (Zn)		
Sulfato de cobre (ac) CuSO ₄ · 5H ₂ O	25%(Cu)	316	

3.2.3.2 Equivalencia nutritiva de los fertilizantes de fertirrigación

3.2.3.2.1 Aporte de nitrógeno

Tabla 3.2.- Equivalencia en el aporte de nitrógeno entre distintos fertilizantes.

1 gr. De:	Nitrato Cálcico	Nitrato Magnés	Sulfato amón	Nitrato amónico	Urea (cris)	Fosf-1 amónico	Nitrato Potásico	N - 32	N - 20	Ácido. nítrico
Nitr Ca	1	1.41	0.74	0.46	0.34	1.29	1.19	0.48	0.78	1.18
Nitr Mg	0.71	1	0.52	0.33	0.24	0.92	0.85	0.34	0.55	0.84
Sulf A	1.35	1.91	1	0.63	0.46	1.75	1.62	0.66	1.05	1.60
Nitr A	2.16	3.05	1.60	1	0.73	2.79	2.58	1.05	1.68	2.56
Urea	2.97	4.18	2.19	1.37	1	3.83	3.54	1.44	2.30	3.51
Fosf A.	0.77	1.09	0.57	0.36	0.26	1	0.92	0.38	0.60	0.92
Nitr K	0.84	1.18	0.62	0.39	0.28	1.08	1	0.41	0.65	0.99
N-32	2.06	2.91	1.52	0.96	0.70	2.67	2.46	1	1.60	2.44
N20	1.29	1.82	0.95	0.60	0.43	1.67	1.54	0.63	1	1.53
Ácido N	0.85	1.19	0.62	0.39	0.28	1.09	1.01	0.41	0.66	1

3.2.3.2.2 Aporte de Fósforo

Tabla 3.3.- Equivalencia en el aporte de fósforo entre diferentes fertilizantes

1 gr de:	Fosfato monoamón	Fosfato biamónico	Fosfato de urea	Fosfato monopotásico	Ácido Fosfórico
F Amón	1	1.13	1.36	1.18	1.11
F bi món	0.88	1	1.20	1.04	0.98
Fosfato urea	0.73	0.83	1	.086	0.81
F potásico	0.85	0.96	1.16	1	0.94
Ác. fosfórico	0.90	1.02	1.23	1.06	1

3.2.3.2.3 Aporte de Potasio

Tabla 3.4.- Equivalencia en el aporte de potasio entre diferentes fertilizantes

1 gr de:	Cloruro Potás	Sulfato Potásico	Nitrato Potásico	Fosfato Potásico	K - 10
Cloruro K	1	1.15	1.30	1.76	6
Sulfato K	0.87	1	1.13	1.53	5.20
Nitrato K	0.77	0.88	1	1.35	4.60
Fosfato K	0.57	0.65	0.74	1	3.40
K-10	0.17	0.19	0.22	0.29	1

3.2.3.3 Compatibilidad química entre las mezclas de diferentes fertilizantes

3.2.4 Particularidades del empleo de cada fertilizante

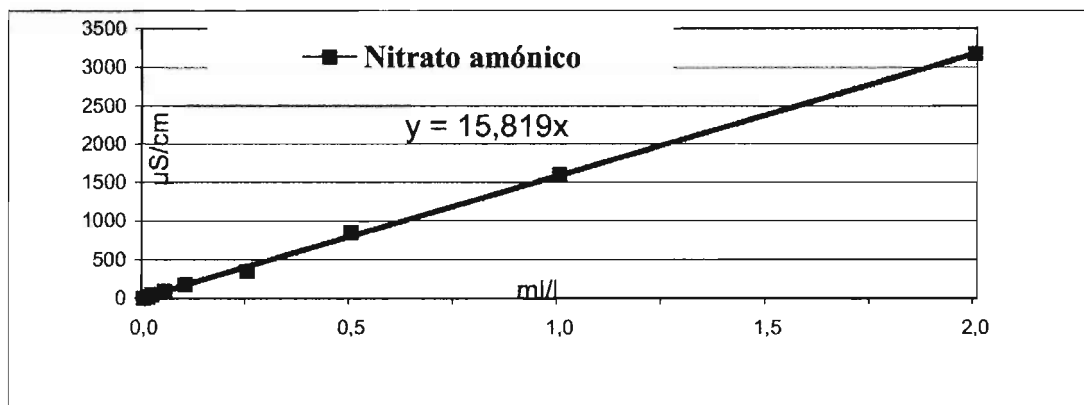
3.2.4.1 Nitrato amónico (33,5)

Presenta la mitad de su nitrógeno en forma amónica y la otra mitad en forma amoniacal. Posiblemente sea el fertilizante más utilizado en fertirrigación sobre suelo:

Tiene carácter acidificante; Una gran riqueza en nitrógeno; La forma amónica es fácilmente retenida por los coloides del suelo lo que disminuye las pérdidas por lavado. Se absorbe progresivamente a ser transformada en nitrato.

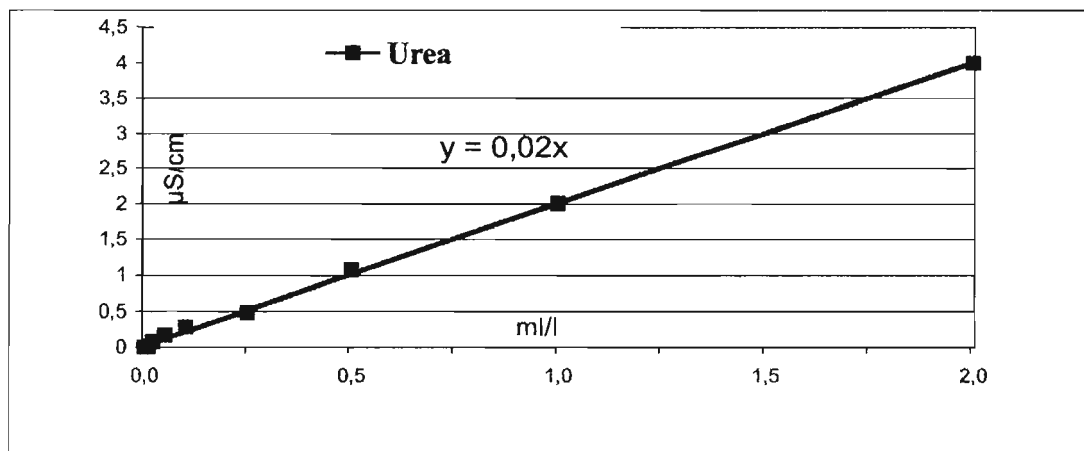
Su utilización en sistemas de cultivo hidropónico se ve muy limitada por la toxicidad que presenta el ión amonio. Este es directamente asimilable por las plantas lo que en nuestras condiciones puede suponer sintomatología de toxicidad amónica con concentraciones de amonio en solución superiores a 0,8 meq /l. Lo que hace recomendable su uso solo en épocas de gran demanda en nitrógeno.

La CE de una solución de Nitrato amónico de 0,5 g/l de agua pura es de 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



3.2.4.2 Urea (46%)

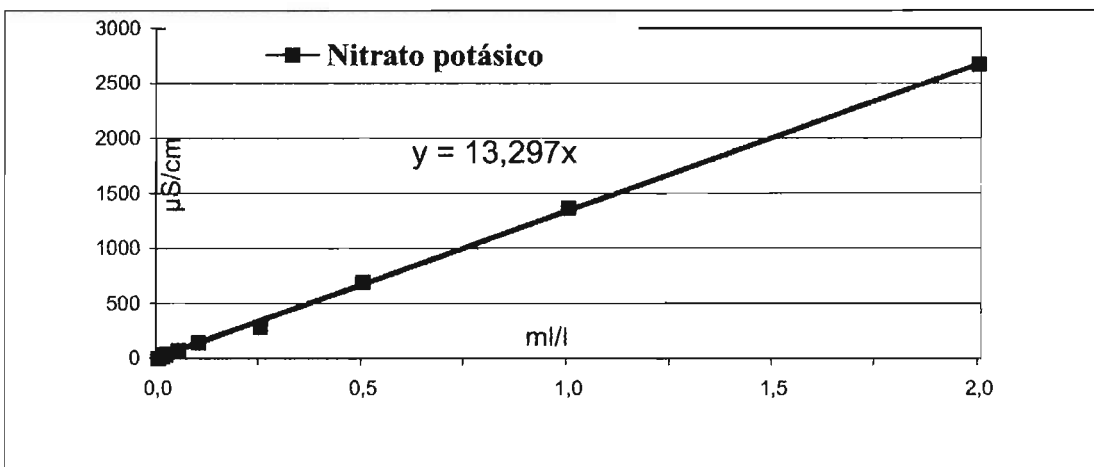
Es el fertilizante nitrogenado con mayor riqueza (46%) en forma amídica que no puede ser absorbida directamente por las plantas y necesita transformarse en ión nitrato. No se emplea en hidropónicos pero si en suelos donde las transformaciones en amoniacal y nítrica dependen de numerosos factores como: Humedad, contenido en M. O., etc. Debe estar exento de biuret o como máximo presentar contenidos inferiores al 0.3% de este. También es de los pocos fertilizantes que no provoca aumento de la CE al adicionarla al agua de riego.



3.2.4.3 Nitrato potásico (13-46)

Es la fuente potásica más utilizada en fertirrigación. Es bastante frecuente satisfacer las necesidades potásicas de numerosos cultivos con el uso exclusivo de este fertilizante.

La CE de una solución de Nitrato potásico de 0,5 g/l de agua pura es de 693 $\mu\text{S}/\text{cm}$., es decir provoca incrementos considerables de la CE.



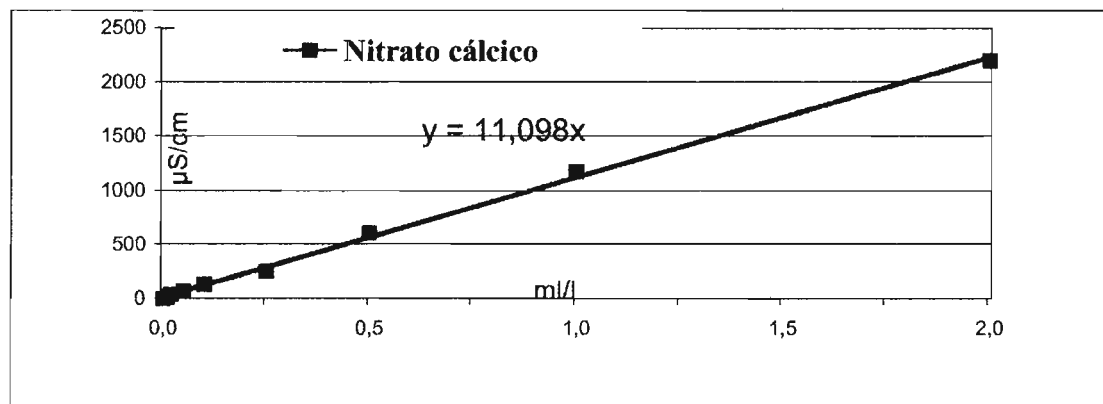
3.2.4.4 Nitrato cálcico 15,5-27%

Es sin duda alguna el fertilizante más empleado en fertirrigación. A pesar de que tanto lo suelos como las aguas de nuestra zona contienen cantidades apreciables de Ca, el aporte adicional por medio de este fertilizante resulta beneficioso para compensar excesos relativos de Na y prevenir la degradación de la estructura de los suelo, así como equilibrar los aportes de Mg. También es eficiente en la prevención de alteraciones fisiológicas ocasionadas por la baja movilidad del Ca como la podredumbre apical (Blosson End Rot) en tomate, pimiento y melón, o el Tipburn en lechuga y bitter pit en manzana.

Aproximadamente el 1% del nitrógeno que aporta se encuentra en forma amoniacal, lo que puede suponer una gran ventaja a la hora de satisfacer las necesidades nitrogenadas en situaciones de una gran demanda en hidroponía.

La CE de una solución de Nitrato cálcico de 0,5 g/l de agua pura es de 605 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que supone incrementos medios de la CE de la solución.

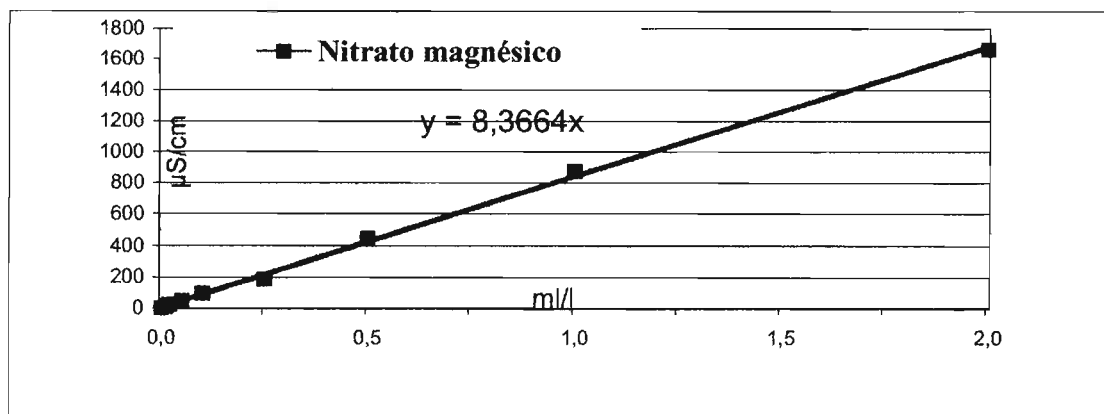
Durante el proceso de síntesis se enriquece en nitrógeno en forma de nitrato amónico de tal forma que se obtiene en el fertilizante una formula compleja $[5(\text{NO}_3\text{Ca}) \cdot (\text{NO}_3\text{NH}_4) \cdot 10 \text{H}_2\text{O}]$



3.2.4.5 Nitrato magnésico 11-15,7)

Este fertilizante solo se utiliza ante situaciones de una potencial deficiencia de Mg por lo que su empleo no está muy difundido.

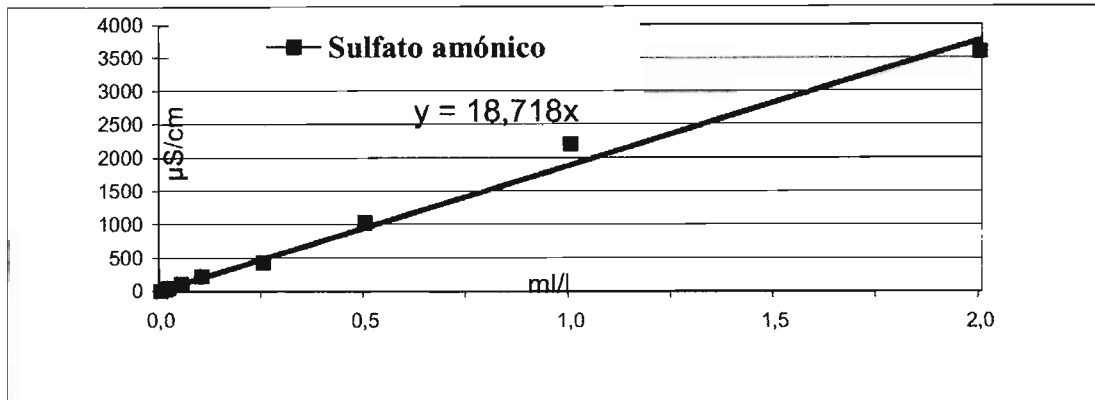
La CE de una solución de Nitrato magnésico de 0,5 g/l de agua pura es de 448 $\mu\text{S/cm}$, es decir comparativamente bajo.



3.2.4.6 Sulfato amónico 58-21%)

Su utilización está casi exclusivamente limitada a situaciones de deficiencia de azufre; en hidroponía es casi desconocido debido a su riqueza en ion amonio; en suelos su riqueza nitrogenada no es muy elevada, es fuertemente acidificante y su empleo no es recomendable con aguas ricas en sulfatos.

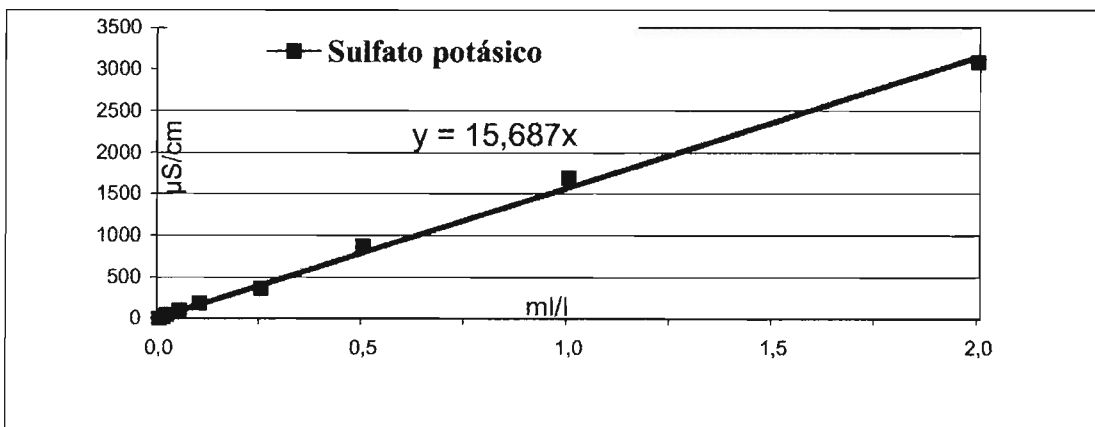
La CE de una solución de Sulfato amónico de 0,5 g/l de agua pura es de 1033 $\mu\text{S/cm}$, lo que lo sitúa entre los fertilizantes nitrogenados más salinos y provoca aumentos de la Ce excesivamente elevados.



3.2.4.7 Sulfato potásico (47-51%)

Es, después del nitrato potásico, otro fertilizante potásico ampliamente utilizado en fertirrigación. Su uso está recomendado en situaciones de deficiencias de azufre o en situaciones que requieren un aumento de la cantidad de potasio sin aportar un suplemento de fertilización nitrogenada.

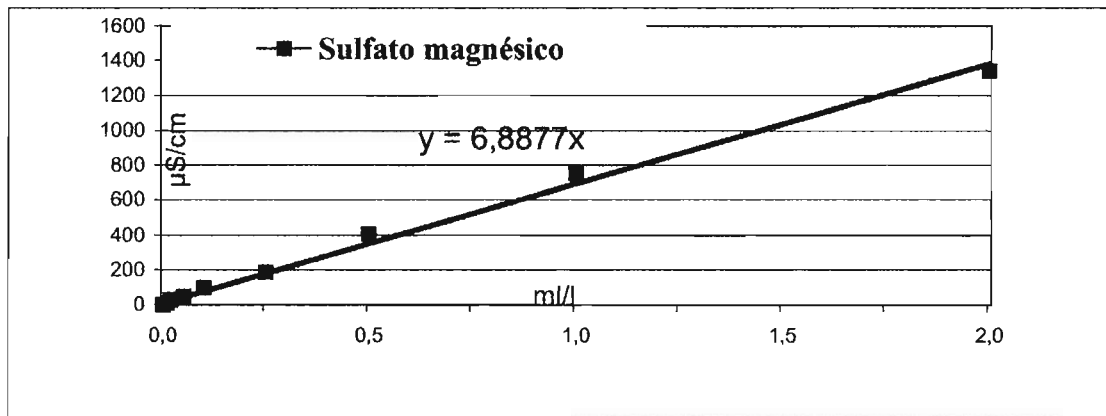
La CE de una solución de Sulfato potásico de 0,5 g/l de agua pura es de 880 $\mu\text{S/cm}$, por lo que el excesivo incremento de la CE que provoca hace desaconsejable su utilización en aguas elevada salinidad y /o ricas en sulfatos.



3.2.4.8 Sulfato magnésico (31,7-16)

En situaciones de deficiencia de Mg es el fertilizante más utilizado ya que aporta magnesio sin modificar las proporciones de los tres elementos primarios N-P-K.

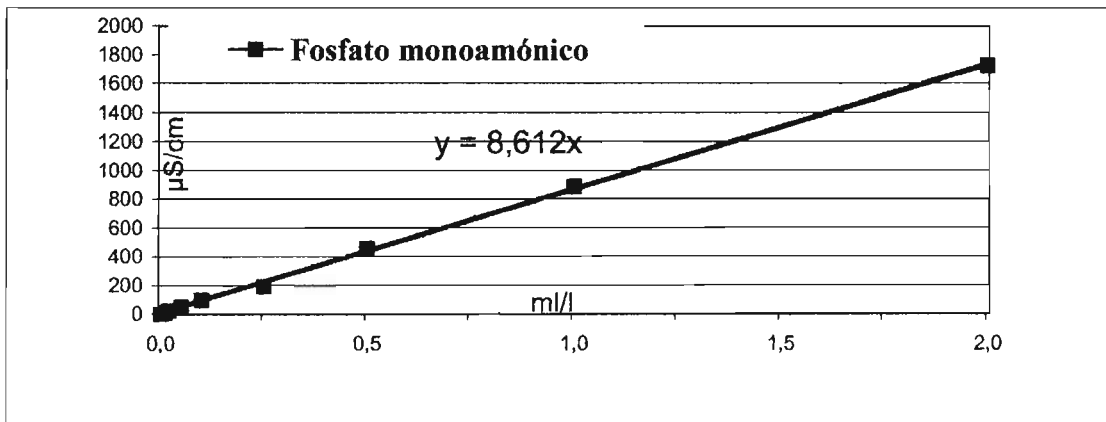
Es relativamente poco salino, ya que la CE de una solución de Sulfato magnésico de 0,5 g/l de agua pura es de 410 $\mu\text{S/cm}$



3.2.4.9 Fosfato mono amónico(60-12%)

Es el fertilizante fosforado sólido más empleado en fertirrigación, estando limitada su utilización en hidroponía debido a su contenido en amonio. En suelos, su utilización esta siendo desplazada por la utilización de ácido fosforico debido a las ventajas que supone el uso de este ultimo.

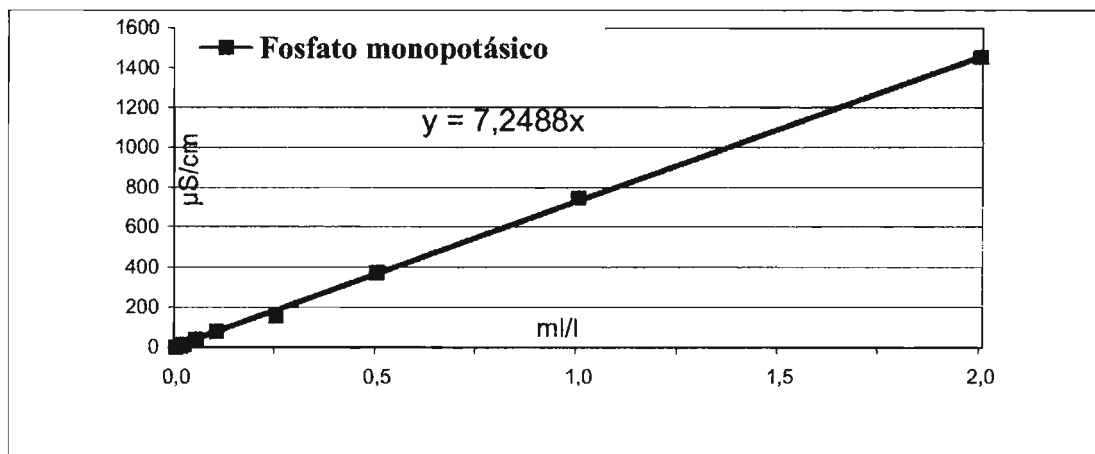
Es relativamente poco salino, ya que la CE de una solución de fosfato mono amónico de 0,5 g/l de agua pura es de 455 $\mu\text{S/cm}$



3.2.4.10 Fosfato monopotásico (51- 34)

Presenta unas excelentes cualidades físico-químicas y nutricionales, que no se ven acompañadas por su precio. Cuando el contenido en bicarbonatos del agua es bajo, se recomienda utilizar este fertilizante, ya que la utilización de ácido fosfórico podría hacer descender el pH por debajo de los límites recomendables para el cultivo.

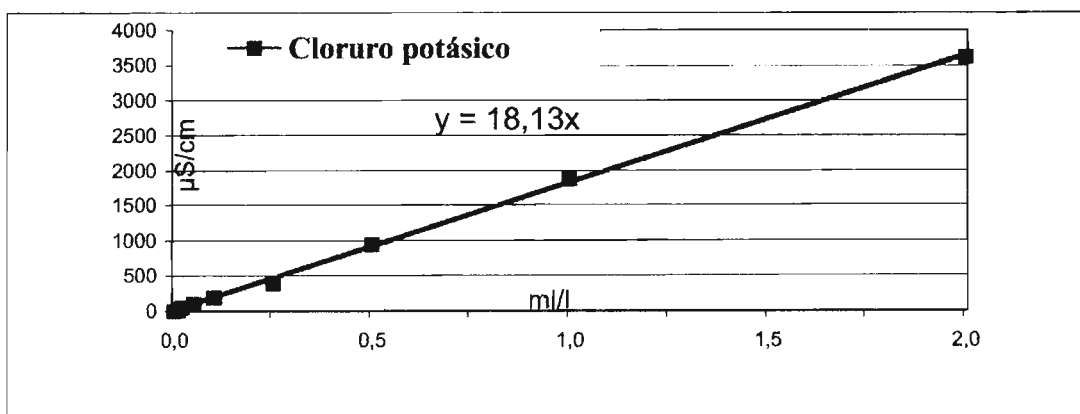
Es muy poco salino, ya que la CE de una solución de fosfato monopotásico de 0,5 g/l de agua pura es de sólo 375 $\mu\text{S/cm}$



3.2.4.11 Cloruro potásico (60%)

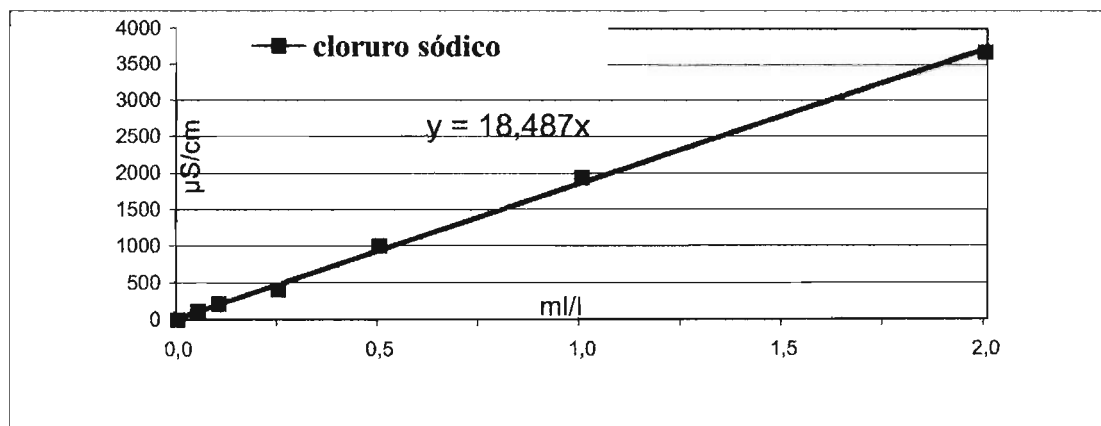
Tiene una gran riqueza en potasio, pero presenta el inconveniente de incorporar grandes concentraciones de cloruros, por lo que sólo se utiliza en cultivos resistentes (o demandantes), con aguas de muy buena calidad con niveles muy bajos de cloruros y en estadios de gran demanda en potasio.

Provoca incrementos de CE muy altos: la CE de una solución de cloruro potásico de 0,5 g/l de agua pura es de 948 $\mu\text{S/cm}$,



3.2.4.12 Cloruro sódico

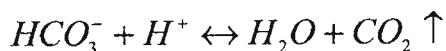
Aunque no es un fertilizante se utiliza en condiciones de agua de muy buena calidad para provocar incrementos de la CE necesarios para procesos de maduración e incremento de la dureza y el contenido en azúcares de los frutos, fundamentalmente en tomate.



3.2.5 Acidificación de las soluciones nutritivas

Una practica normal en fertirrigación consiste en la acidificación de las soluciones nutritivas, en la mayoría de las ocasiones se realiza mediante la adición de ácidos minerales.

El poder amortiguador de las aguas de riego frente a la adición de ácidos depende casi exclusivamente de la presencia de ion bicarbonato (HCO_3^-), que es la especie predominante del equilibrio del ácido carbónico en disolución para pHs comprendidos entre 4 y 8, y es un factor determinante del valor de pH de la disolución. La reacción de neutralización que se produce en un agua con bicarbonatos al adicionar un ácidos es la siguiente:



3.2.5.1 Ventajas de la acidificación de las soluciones nutritivas

El ajuste del pH de la solución de fertirrigación proporciona dos ventajas importantes:

1. Proporciona el pH idóneo para maximizar la disponibilidad de los elementos nutritivos. En términos generales, el pH de la solución de fertirrigación debe ajustarse en torno a 5.5; este pH sufre posteriormente cambios debidos a reajustes de equilibrio con el CO_2 generado que lo sitúan entre 6.0 y 6.5 a la salida de los emisores. Sin embargo este valor de pH debe de modificarse para conseguir el definido como óptimo para la especie que deseemos cultivar.
2. Previene o elimina las obturaciones y depósitos en redes de riego y de los emisores. Estas se producen fundamentalmente por tres causas diferentes:
 - Físicas (sólidos en suspensión)
 - Químicas (formación de precipitados) Aguas de origen subterráneo
 - Biológicas (presencia en la solución de algas y bacterias) Aguas de origen o con una permanencia superficial prolongada.

La mayoría de las aguas utilizadas en la cuenca SUR y en el sudeste español, son de origen subterráneo, y la mayor parte de ellas presentan un elevado contenido en sales solubles. La solubilidad de cualquier sustancia en agua depende de las condiciones de temperatura, presión, pH, Potencial REDOX y de las concentraciones relativas de las otras sustancias que se encuentren en solución.

El CO_2 tiene una importancia fundamental en la disolución y precipitación de las sales disueltas en el agua. Bajo presión (como sucede en las aguas subterráneas) la concentración de CO_2 aumenta hasta formar ácido carbónico (H_2CO_3). Este ácido débil puede disolver fácilmente compuestos minerales como calizas y dolomías formando bicarbonatos de Ca y Mg que son solubles en agua. Las obturaciones químicas resultan normalmente de la precipitación de estos carbonatos en combinación con los siguientes cationes: calcio, magnesio, hierro y manganeso. Estos son frecuentes en nuestras aguas, y a $\text{pH} > 7$ presentan un alto riesgo de provocar precipitaciones. Particularmente comunes son las precipitaciones de carbonato cálcico en forma de calcita, que son mayores a medida que aumentan la temperatura y el pH.

El riesgo de formación de precipitaciones de origen químico en los elementos del sistema de fertirrigación es elevado cuando:

- El pH del agua es superior a 7,5
- Su dureza es mayor de 300
- Los niveles de hierro y manganeso superan 1,5 ppm.

La inyección de ácidos minerales en el agua puede evitar o redissolver estos precipitados químicos y generar un ambiente hostil para la proliferación microbiana.

Por otro lado algunas de las sales minerales que se aportan como elementos nutritivos para el crecimiento de los cultivos pueden presentar también inconveniente desde el punto de vista químico al encontrarse en disolución. Las sales que presentan mayores problemas de precipitación son los fosfatos debido a la posibilidad de formación de fosfatos tricalcicos en forma de apatito, altamente insolubles y dependiente del pH de la disolución:

A $\text{pH} > 7$, la mayor parte de los fosfatos se encuentran como ion monohidrógenofosfato (HPO_4^{2-}), que reacciona con el calcio formando CaHPO_4 , que es muy poco soluble en agua.

A pH 6, la mayor parte del fósforo se encuentra como ion dihidrógenofosfato (H_2PO_4^-), que también se une al calcio formando $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, que es un compuesto con una solubilidad mucho mayor que el anterior.

3.2.5.2 Principales ácidos minerales utilizados en fertirrigación

Los ácidos minerales empleados en fertirrigación para acidificar las soluciones nutritivas son aquellos que además aportan algún elemento nutritivo en su composición:

1. Ácido fosfórico: con una riqueza entre el 55 y el 75% en ácido, lo que equivale a entre 40 y 54 % de riqueza en P_2O_5 . Una densidad entre 1,38 y 1,58 g/cm^3 . Es frecuente la utilización de los de riqueza más elevada (52-54%), por lo que es el fertilizante fosforado más utilizado en fertirrigación y se cubren con él prácticamente la totalidad de las necesidades de los cultivos.

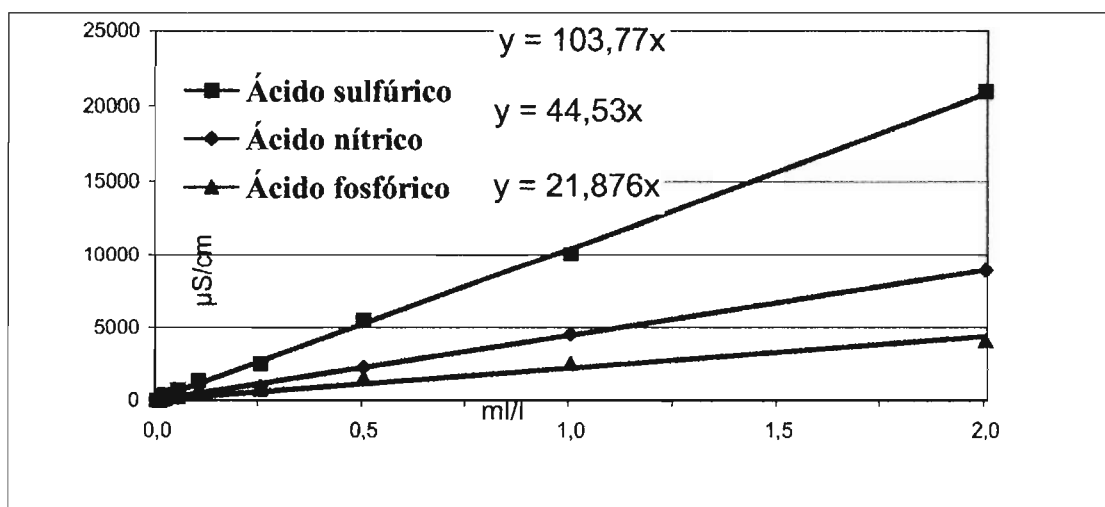
2. Ácido nítrico: con una riqueza entre 56 y 59 % en ácido, lo que equivale a entre 12,4 y 13.1 de N-nítrico. Una densidad en torno a 1,35 g /ml. Es un ácido corrosivo y oxidante, por lo que se emplea en la limpieza de los sistemas de fertirrigación. Generalmente se emplea para completar el ajuste de pH una vez que se han cubierto las necesidades de fósforo de la planta.
3. Ácido Sulfúrico: con una riqueza del 98 %, su densidad aproximada es de 1,84 g/cm³. Su empleo no está extendido en España, aunque es frecuente su utilización a nivel mundial donde es más necesario la aplicación de azufre como elemento nutritivo.

Producto	Volumen (cm ³)	Peso (g)	meq de ácido
H ₃ PO ₄ (75%)	1	1,58	12,1
HNO ₃ (59%)	1	1,36	12,7
H ₂ SO ₄ (98%)	1	1,84	36,8

3.2.6 La conductividad eléctrica (CE) y los ácidos fertilizantes

Los ácidos en disolución liberan protones (H⁺), y estos iones ofrecen una elevada contribución a la CE de una disolución en la que se encuentran. Por lo que su utilización en aguas de una elevada CE por contener una cantidad apreciable de sales en disolución podría resultar contraproducente

En la fig 1 se representa la variación de la CE que producen los principales ácidos fertilizantes cuando se adicionan en diferentes cantidades a agua pura desionizada. Se observan los grandes incrementos de la Ce que produce la adición de pequeñas cantidades de ácido: Con 1 ml/l de ácido fosfórico se incrementa la conductividad del agua unos 2,5 mS/cm; 1 ml/l de ácido nítrico la incrementa en torno a 4,6 mS/cm; 1 ml/l de ácido sulfúrico la lleva hasta 10,1 mS/cm. Las funciones que se obtienen no son lineales sino logarítmicas que son tanto más acusada cuanto más débil es el ácido.

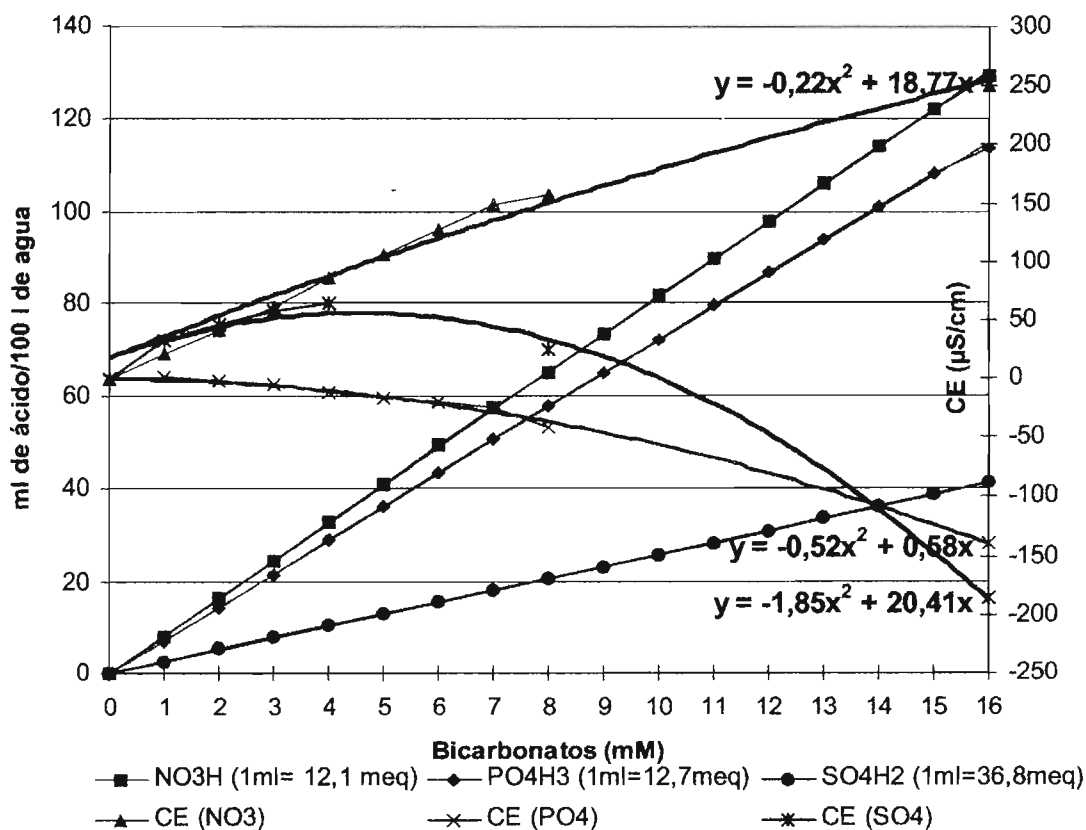


Al contrario de lo que cabría suponer, la adición de ácidos fertilizantes a las aguas de riego utilizadas en el levante español, no supone un fuerte incremento de la CE de las soluciones, sino que este se mantiene o en algunos casos descende

3.2.6.1 Adición de ácidos a soluciones con bicarbonatos

Los ácidos se inyectan en el sistema de fertirrigación de la misma forma que un fertilizante, sin embargo hay que tener especial cuidado en los parámetros que controlan esta inyección y en la capacidad del agua para amortiguar el efecto de la adición de estos. Un miliequivalente (meq) de ácido neutraliza un meq de base presente en el agua (generalmente bicarbonatos).

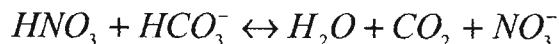
Se sabe por experiencia que neutralizando totalmente los bicarbonatos presentes en el agua, disminuye drásticamente la capacidad tampón de la misma y el pH descende muy rápidamente por debajo de los límites deseados con adiciones posteriores muy pequeñas. Debido a esto, es conveniente neutralizar hasta dejar una concentración de 0,3 a 0,5 meq, con lo que el pH de la solución nutritiva se situará entre 5,3 y 5,5, que hemos considerado como idóneo para la solución de fertirrigación ya que proporciona la máxima disponibilidad de nutrientes en la rizosfera y previene la formación de precipitados.



3.2.6.2 Modificación de la CE de la aguas con bicarbonatos tras su acidificación

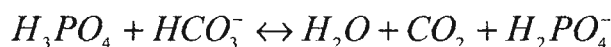
La neutralización de los bicarbonatos de una solución es una reacción química en la que se produce un cambio en las formas iónicas presentes en la solución, es decir:

Si adicionamos ácido nítrico a un agua que presenta bicarbonatos en disolución se produce la siguiente reacción:



Este cambio de especies iónicas (desaparición de bicarbonatos y aparición de nitratos) presentes en la disolución tiene un efecto sobre la conductividad eléctrica de la misma. Los nitratos tienen una mayor contribución sobre la conductividad que los bicarbonatos debido fundamentalmente a su mayor movilidad, por lo que la CE de la solución se verá incrementada, pero no en la proporción esperada por la adición de ácido a un agua que no contuviera bicarbonatos, ya que hay que descontar a este incremento la CE debida a la desaparición de los iones bicarbonato neutralizados en el agua de riego.

En el caso del ácido fosfórico,



Los iones generados serían fosfato, que presentan una menor contribución a la CE de la disolución que los iones bicarbonato, lo que implica que tras la acidificación, la conductividad eléctrica de la disolución no solo no se incrementa sino que disminuye respecto de la inicial.

La utilización de ácido sulfúrico, su carácter de ión divalente le hace actuar de forma diferente: Para bajas concentraciones de bicarbonatos se produce un ligero incremento de la CE de la solución (hasta 5 meq/l +60 μ S/cm), mientras que para mayores concentraciones de bicarbonatos a neutralizar se produce un descenso de la CE de la solución (15 meq/l suponen -155 μ S/cm).

3.2.6.3 Aguas con escasa presencia de bicarbonatos

Para cubrir las necesidades de fosfatos de la mayoría de las especies hortícolas y que queden sin neutralizar 0,5 meq de bicarbonatos, es necesario que el agua de riego tenga al menos 2 meq de bicarbonatos.

Cuando se riega con aguas de mejor calidad o con escasa presencia de bicarbonatos, la neutralización de la totalidad de estos agota la capacidad tampón de la solución, que se encuentra en un pH cercano a 4. La adición de pequeñas cantidades de ácido en estas condiciones puede hacer descender el pH hasta valores extremadamente peligrosos para el sistema radical del cultivo (especialmente cuando el sistema de cultivo se realiza en sustratos diferentes del suelo. Si la concentración de bicarbonatos en la solución de riego es menor de 1,5 – 2,0 meq/l, las necesidades de las plantas no pueden cubrirse en su totalidad utilizando ácido fosfórico, por lo que debe recurrirse a otros fertilizantes utilizables en fertirrigación (fosfato mono amónico o fosfato mono potásico). En cultivos hidropónicos ha de tenerse en cuenta además no sobrepasar la cantidad de 0,5 – 0,8 meq/l de amonio que pueden resultar fitotóxicas para los cultivos bajo nuestras condiciones climáticas.

3.3 EL AGUA DE RIEGO

Una buena parte de los regadíos existentes se abastecen de aguas procedentes de sondeos. En la actualidad se ha llegado a una sobreexplotación de los acuíferos y, como consecuencia de ello, a la necesidad de extraer aguas de niveles cada vez más profundo, aguas que en la mayoría de los casos son de peor calidad, lo cual afecta negativamente tanto a la estructura física del suelo y a su composición química como al buen desarrollo de los cultivos.

3.3.1 ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO

3.3.1.1 Análisis del agua:

En primer lugar habrá que conocer el alcance del problema. Para ello se analizará el agua, tomando las muestras cuando la bomba lleve unas horas extrayéndola del sondeo. Los análisis suelen ir acompañados de la correspondiente interpretación de los resultados, pero en caso contrario podrán ser interpretados por el propio agricultor, llevando los datos sobre el índice SAR y la conductividad eléctrica del agua al gráfico que figura en la parte inferior de esta página.

3.3.1.2 Medidas posteriores:

Cuando el riesgo de salinización sea alto convendrá hacer un análisis del suelo que se pretenda regar y acudir a un facultativo, que disponga sobre la conveniencia de corregir o no el exceso de sal mediante riegos de lavado o mejoradores químicos (yeso, cloruro cálcico, azufre, espumas de azucarera, etc.).

3.3.1.3 Comprobación de Datos

3.3.1.3.1 Cationes

Se entiende como tal el sumatorio de todos los iones con carga positiva que se determinan en un análisis de aguas. Para obtener dicho sumatorio se tienen en consideración los siguientes cationes: Calcio $[Ca^{2+}]$, Magnesio $[Mg^{2+}]$, Sodio $[Na^{+}]$, Potasio $[K^{+}]$ y Amonio $[NH_4^{+}]$.

3.3.1.3.2 Aniones

De igual forma se establece para los iones con carga negativa. Siendo éstos: Cloruro $[Cl^{-}]$, Sulfato $[SO_4^{2-}]$, Bicarbonato $[CO_3H^{-}]$, Carbonatos $[CO_3^{2-}]$, Nitrato $[NO_3^{-}]$, Nitrito $[NO_2^{-}]$ y Fosfato $[PO_4^{3-}]$.

3.3.1.3.3 Balance de iones

La suma de los aniones ha de coincidir aproximadamente con la de los cationes, expresados ambos sumatorios en meq/l. Se permite un error del 20 % por exceso o por defecto, considerándose en este caso el análisis como correcto.

3.3.1.3.4 Relación entre cationes y C.E.

Para comprobar si el análisis es correcto también se puede usar esta relación, así pues, la suma de cationes, expresada en meq/l., multiplicada por un coeficiente que oscila entre 80 y 110, debe coincidir con el valor numérico de la conductividad eléctrica expresada en dS/m.

3.3.2 Interpretación del Análisis y Clasificación del Agua para Riego

3.3.2.1 Índices de primer grado

3.3.2.1.1 *pH*

El pH de un análisis tiene que estar entre un intervalo de 7 - 8. Con estos valores el agua analizada se considera "normal".

3.3.2.1.2 *Contenido total de sales*

El contenido total de sales está relacionado con la conductividad eléctrica de la muestra mediante la siguiente expresión:

$$S.T. = C.E. \times K$$

Siendo:

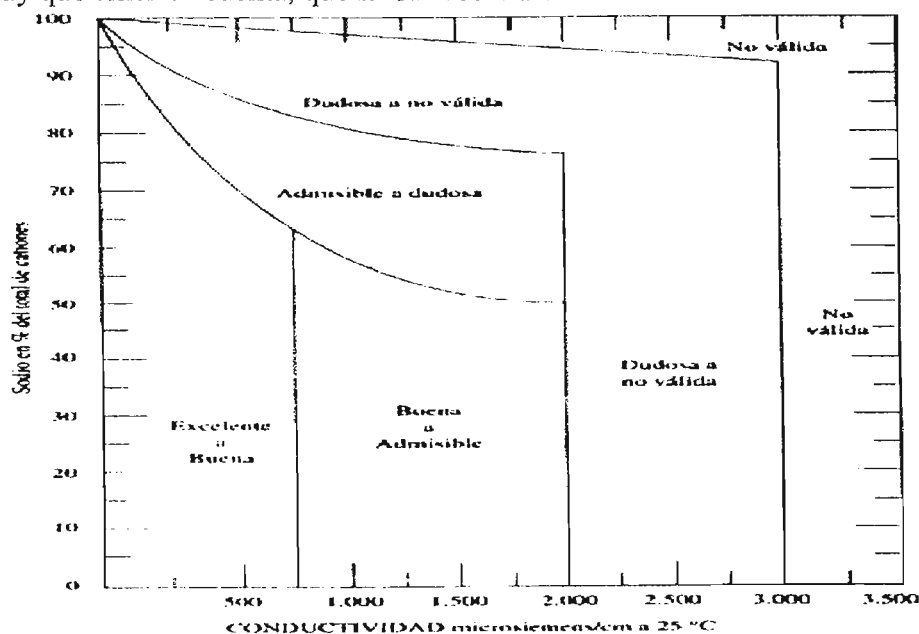
- S.T.: Concentración en sales totales.
- C.E.: Conductividad eléctrica de la muestra a 25° C.
- K.: Constante de proporcionalidad. Fijándosele a ésta un valor aproximado de 0,64 si la conductividad eléctrica se expresa en dS/m y el contenido en sales totales en ppm o lo que es igual, en mg./l.

CE (dS/m)	BAJO	MEDIO	ALTO
F.A.O.	CE < 0.75	0.8 < CE < 3.0	CE > 3.0

3.3.2.1.3 *SALINIDAD*

Afecta a la distribución de agua para la planta. Basado en la CE el riesgo de salinización será aproximadamente para cada cultivo: judía, 1.5 mmhos/cm. pimiento, 2.0 mmhos/cm. melón, 2.5 mmhos/cm. tomate, 3.0 mmhos/cm. cítricos 1.5 mmhos/cm.

Hay que tener en cuenta, que la CE nos indica un contenido en sales únicamente,



y que es posible encontrar aguas con niveles de CE relativamente altos para los cultivos, y no existir problemas, ya que los iones que contienen no son tóxicos para éste, y por contra, aguas de CE que aparentemente no darían problemas, pueden contener niveles relativamente altos de iones tóxicos y crear graves problemas.

En función de la CE y en riego por goteo (en suelos arenosos), es de esperar acumulaciones del orden de un 20% en el suelo y en suelos de tipo pesado, acumulaciones de un 10% por encima de la CE del agua (sin contabilizar los fertilizantes aportados al agua).

3.3.2.1.4 Riesgo por la toxicidad específica de los iones

Se evalúa por la presencia y concentración de iones fitotóxicos disueltos en el agua, y que una vez en el suelo representan un grave riesgo para la planta.

IONES (g/l)	BAJO	NORMAL	ALTO
Cloruros	Cl ⁻ < 0.3	0.3 < Cl ⁻ < 0.7	Cl ⁻ > 0.7
Sulfatos	(SO ₄) ⁻² < 1.0	1.0 < (SO ₄) ⁻² < 1.5	(SO ₄) ⁻² > 1.5
Sodio	Na ⁺ < 0.2	0.2 < Na ⁺ < 0.6	Na ⁺ > 0.6

(niveles de sodio y cloruros que se consideran máximos para el cultivo).

3.3.2.1.4.1 Sodio,

judía, 5.0 meq/l - 115 ppm, pimiento 8 meq/l - 184 ppm, melón 15 meq/l - 345 ppm, tomate 25 meq/l - 575 ppm, hay que tener en cuenta que es muy importante conocer al mismo tiempo qué niveles existen de calcio y magnesio que contrarrestarán los efectos del sodio.

3.3.2.1.4.2 Cloruros,

viene a ser prácticamente similar al del sodio, pero con la diferencia de que los cloruros no sufren proceso de intercambio en el proceso de cambio, siendo por tanto, más fácil su lavado.

En cítricos, se consideran valores máximos de sodio 9 meq/l - 207 ppm y de cloruros 10.0 meq/l - 354 ppm, aunque ese caso, existe una clara influencia de tolerancia en función del patrón (tolerancia de éste a los cloruros y a la caliza).

3.3.2.1.4.3 Boro

Clase respecto al boro	Cultivos sensibles	Cultivos semitolerantes	Cultivos tolerantes
	ppm	ppm	ppm
1	< 0,33	< 0,67	> 1,00
2	0,33 a 0,67	0,67 a 1,33	1,00 a 2,00
3	0,67 a 1,00	1,33 a 2,00	2,00 a 3,00
4	1,00 a 1,25	2,00 a 2,50	3,00 a 3,75
5	> 1,25	> 2,50	> 3,75

3.3.2.2 Índices de segundo grado

3.3.2.2.1 *R.A.S. (Relación de absorción de sodio)*

Se refiere a la proporción relativa en que se encuentran el ión sodio y los iones calcio y magnesio, expresada su concentración en meq/l.

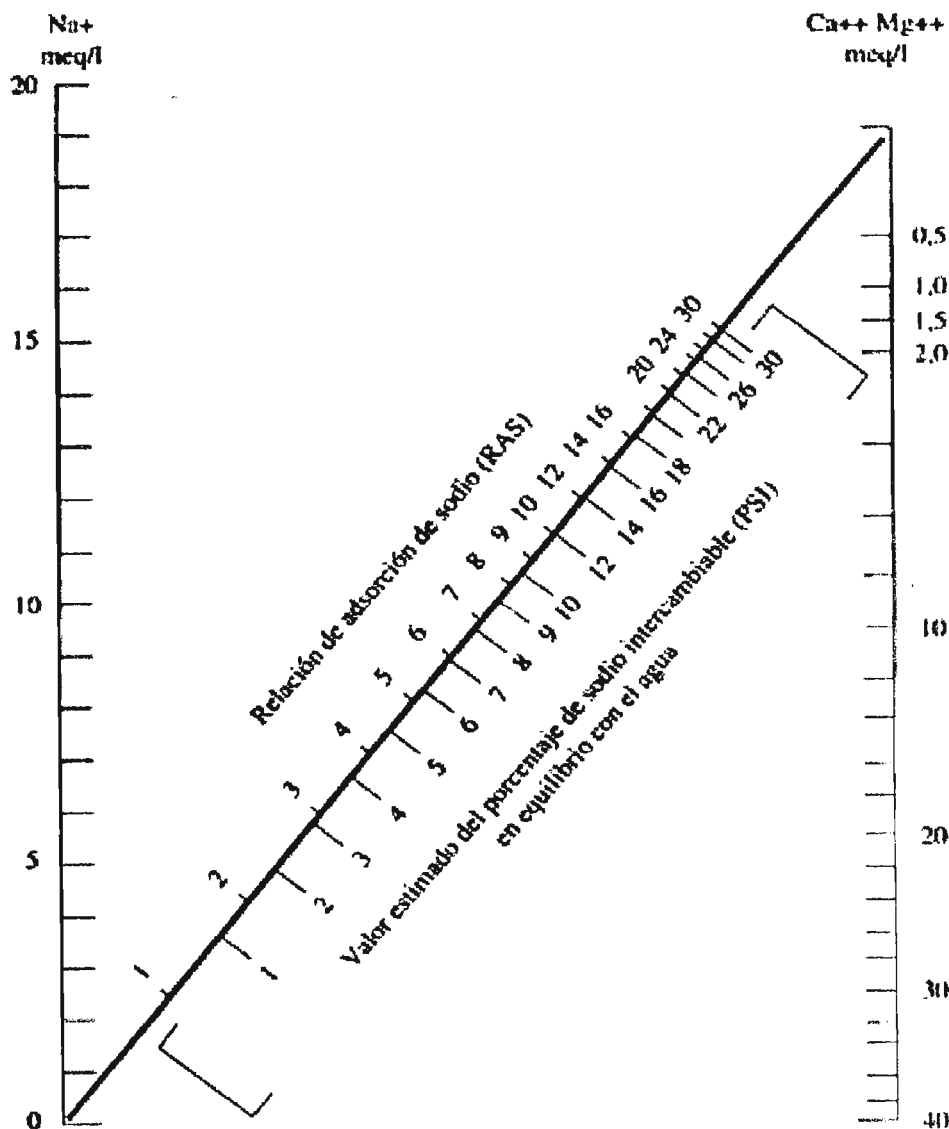


Diagrama para determinar el RAS de las aguas de riego y para estimar el valor correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua. Fuente: Richards L.A (1974)

Pretende ser una medida del poder de degradación de la estructura del suelo por su contenido en sodio.

Se calcula a partir de las concentraciones de sodio, calcio y magnesio, según la figura 1. A partir del SAR se determina el SAR ajustado, a partir de la tabla 1.

Cuando su valor es inferior a 10, el agua se considera como "no alcalinizante".

3.3.2.2.2 R.A.S. ajustada

Se calcula de la forma siguiente:

$$RAS_{ajus} = RAS \times (1 + (8,4 - pH_c))$$

Donde:

$$pH_c = (pk_2 - pk_c) + p(Ca^{2+} + Mg^{2+}) + p(Alk)$$

$$(pk_2 - pk_c) = f(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+)$$

$p(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ Se calcula en tablas.

$$p(Alk) = f(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$$

$\Sigma (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+)$ (meq/l)	Valor de ($pK_2 - pK_c$)	$\Sigma (Ca^{2+} y Mg^{2+})$ (meq/l)	Valor de $p(Ca + Mg)$	$\Sigma (CO_3^{2-} y CO_3H^-)$ (meq/l)	Valor de $p(Alk)$
0,05	2,0	0,05	4,6	0,05	4,3
0,10	2,0	0,10	4,3	0,10	4,0
0,15	2,0	0,15	4,1	0,15	3,8
0,20	2,0	0,20	4,0	0,20	3,7
0,25	2,0	0,25	3,9	0,25	3,6
0,30	2,0	0,30	3,8	0,30	3,5
0,40	2,0	0,40	3,7	0,40	3,4
0,50	2,1	0,50	3,6	0,50	3,3
0,75	2,1	0,75	3,4	0,75	3,1
1,00	2,1	1,00	3,3	1,00	3,0
1,25	2,1	1,25	3,2	1,25	2,9
1,50	2,1	1,50	3,1	1,50	2,8
2,00	2,2	2,00	3,0	2,00	2,7
2,50	2,2	2,50	2,9	2,50	2,6
3,00	2,2	3,00	2,8	3,00	2,5
4,00	2,2	4,00	2,7	4,00	2,4
5,00	2,2	5,00	2,6	5,00	2,3
6,00	2,2	6,00	2,5	6,00	2,2
8,00	2,3	8,00	2,4	8,00	2,1
10,00	2,3	10,00	2,3	10,00	2,0
12,50	2,3	12,50	2,2	12,50	1,9
15,00	2,3	15,00	2,1	15,00	1,8
20,00	2,4	20,00	2,0	20,00	1,7
30,00	2,4	30,00	1,8	30,00	1,5
50,00	2,5	50,00	1,6	50,00	1,3
80,00	2,5	80,00	1,4	80,00	1,1

Cálculo del SAR ajustado. Valores correspondientes a las relaciones de cationes Ca, Mg y Na y de carbonatos y bicarbonatos. Fuente: FAO (1976).

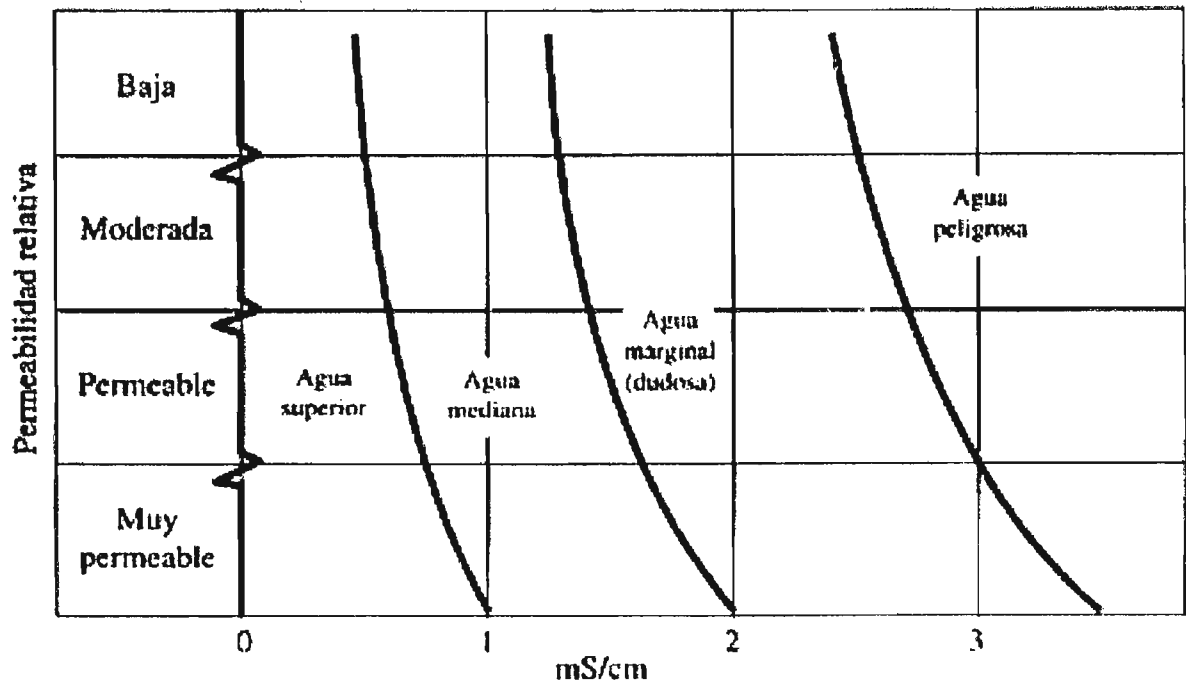
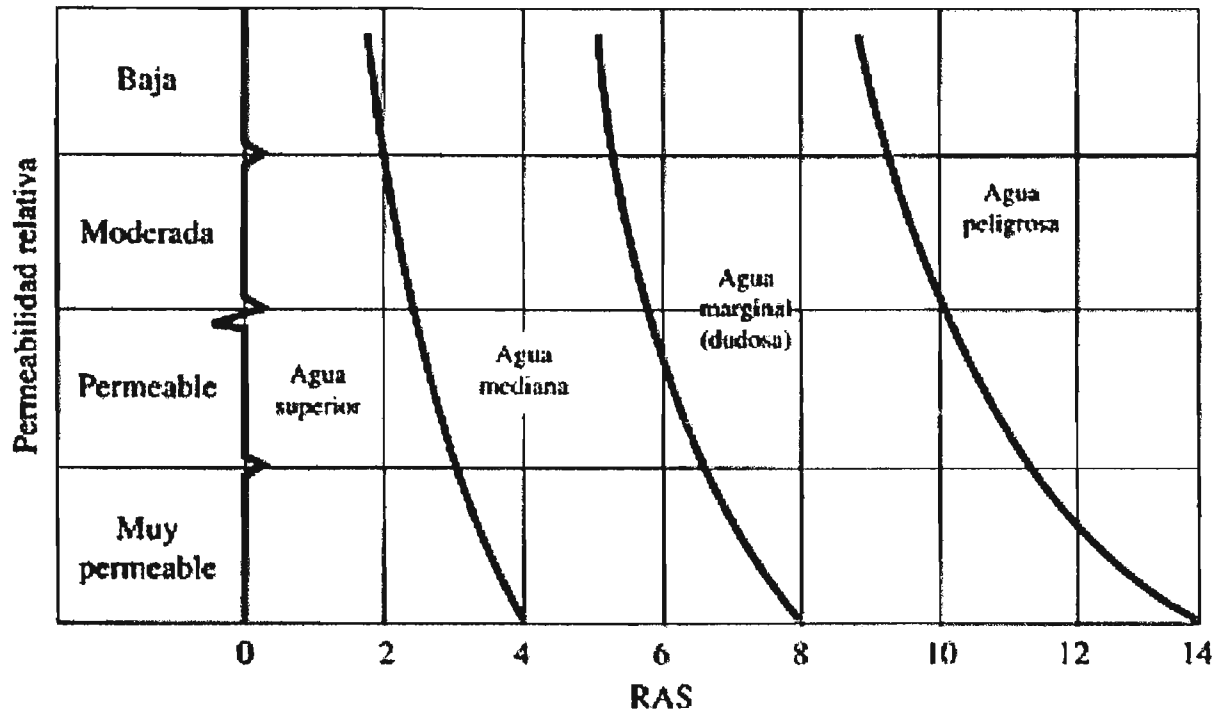
3.3.2.2.3 PERMEABILIDAD

Afecta a la tasa de infiltración del suelo.

SARa	NORMAL	MEDIO	ALTO
FAO	$SAR_{adj} < 3$	$3 < SAR_{adj} < 9$	$SAR_{adj} > 9$

Basado en el SAR ajustado, el riesgo potencial de descenso en la permeabilidad se considera alto por encima de 9.0, por norma general,

debe ser lo más bajo posible, considerándose normal para judía y pimiento, así como para cítricos del orden de 6.0; algo más alto para el melón y para el tomate niveles del orden de 15.0.



3.3.2.2.4 Coefficiente alcalimétrico. (Índice de Scott)

Este índice valora la calidad agronómica de un agua en función de las concentraciones entre ion cloruro, sulfato y sodio, pudiendo definirlo como la altura del agua, expresada en pulgadas (2.54 cm) que después de la evaporación dejaría en un terreno vegetal, de cuatro pies de espesor, aproximadamente 1.2192 m, álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles.

Es decir, en realidad este coeficiente K, evalúa la toxicidad que pueden producir las concentraciones de los iones cloruro y sulfato, aportadas con el agua de riego y que permanecen en el suelo tras formar cloruro y sulfato de sodio respectivamente. El cálculo de este índice, se basa por tanto en los tres siguientes axiomas:

I.- Si $|Na+| - 0.65*|Cl-| = 0$ valor negativo;

II.- Si: $|Na+| - (0.65*|Cl-|)$ es positivo, pero no mayor que $(0.48 *|SO4-2|)$)

III.- Si $|Na+| - (0.65*|Cl-|) - (0.48 *|SO4-2|)$) = valor positivo;

Por tanto expresado en meq/l, si:

$Cl- > Na+$; entonces Índice de Scott = K1

$Cl- < Na+ < SO4-2$; Índice de Scott = K2

$Cl- > Na+ + SO4-2$; Índice de Scott = K3

VALOR DE K1,K2,K3	CALIDAD DEL AGUA
$K > 18$	BUENA
$18 > K > 6$	TOLERABLE
$6 > K > 1.2$	MEDIOCRE
$K < 1.2$	MALA

3.3.2.2.5 C.S.R. (Carbonato sódico residual)

Es otro índice de la acción degradante del agua. Las concentraciones de los diferentes iones se expresan en meq/l.

$C.S.R. = [CO2-] + [CO3H-] - [Ca2+] - [Mg2+]$

	CSR (meq/l)
RECOMENDABLES	$CSR < 1.25$
POCO RECOMENDABLES	$1.25 < CSR < 2.50$
NO RECOMENDABLES	$CSR > 2.50$

3.3.2.2.6 Dureza del agua

El grado de dureza se refiere al contenido en calcio de las aguas. Se expresa en grados hidrotimétricos franceses (G.H.F.).

$$\text{G.H.F.} = ([\text{Ca}^{2+}] * 2,5 + [\text{Mg}^{2+}] * 4,12)/10$$

TIPO DE AGUA	GHF
MUY DULCE	$^{\circ}\text{F} < 7$
DULCE	$7 < ^{\circ}\text{F} < 14$
MEDIANAMENTE DULCE	$14 < ^{\circ}\text{F} < 22$
MEDIANAMENTE DURA	$22 < ^{\circ}\text{F} < 32$
DURA	$32 < ^{\circ}\text{F} < 54$
MUY DURA	$^{\circ}\text{F} > 54$

3.3.2.2.7 Índice de Langelier

La precipitación del calcio en el agua puede ser anticipada mediante el Índice de Saturación de Langelier, según el cual, el carbonato de calcio precipita cuando alcanza su límite de saturación en presencia de bicarbonato. Este índice se define por la diferencia entre el Ph actual del agua pH_a y el pH teórico que el agua alcanzaría en equilibrio con el CaCO_3

$$\text{pHc): Índice de saturación} = \text{pH}_a - \text{pHc}$$

Se calcula el pHc, con la única diferencia respecto al RASaj que el segundo sumando sólo se tiene en cuenta la concentración de Ca^{2+} y no la de $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$.

$$\text{pHc} = (\text{pk}_2 - \text{pkc}) + \text{p}(\text{Ca}^{2+}) + \text{p}(\text{Alk})$$

El Índice de Langelier (I_s) es la diferencia entre el pH del agua y el pHc.

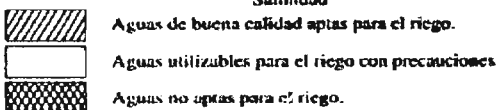
3.3.2.2.8 Efectos diversos:

La relación Ca/Mg debe ser por norma superior a la unidad, en caso contrario, si no se conoce el análisis del suelo, hacer aportes de calcio. Existe una clara relación entre el blossom, tanto en pimiento como en tomate, con relaciones bajas, que puede ser potenciado cuando el nivel de sodio es alto o se han hecho fuertes aportes en potasio. El índice de pHc es un claro indicio el poder incrustante de las aguas de riego, funciona a la inversa del pH normal siendo un agua poco incrustante cuando es superior a 7.0, e incrustante por debajo de este valor, yendo en aumento en función del descenso del valor de éste.

El índice de bicarbonatos se considera peligroso por encima de 5.0; meq/l en riego por aspersión, y al mismo tiempo, indica un claro indicio de las posibles pérdidas de calcio por precipitación de calcio soluble del suelo, cuando la concentración de bicarbonatos es alta.

A veces, es posible encontrar, aguas con altos niveles de nitratos, tener en cuenta que fundamentalmente en frutales crea fuertes problemas de antagonismo, frente al

A partir de los datos de CE y SAR se establece la clasificación del agua según las normas Riverside (tabla 6 y figura 2) que es un método fundamental para definir su calidad.

149

3.3.3 Bibliografía

- Ayers, R.S. y D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrig. and Drain. Paper N° 29, Roma.
- Cánovas, J. 1986. Calidad agronómica de las aguas para riego. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Madrid.
- Cerda A., Caro M. y Fernandez F.G. 1980. Criterios básicos para evaluar la calidad de las aguas para riego. An. Edaf. Agrob. XXXIX. 1779-1791.
- Pescod, M.M. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO Irrig. & Drain. Paper No. 47, Roma.
- Maas, E.V. 1990. Crop salt tolerance. En: Agricultural salinity assessment and management. K.K. Tanji (ed), Am. Soc. Civil Eng., Manual & Rep. on Eng. n° 71, New York, pp. 262-304.
- Nakayama F.S. y D.A. Bucks. 1991. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. Irrigation Sci. 12: 187-192
- Organización Mundial de la Salud. 1989. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Informe Técnico 778. OMS, Ginebra.