



UNIVERSIDAD DE CHILE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y SUELOS

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO PARA TÉCNICOS Y PROFESIONALES AGROFORESTALES DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

INFORME TÉCNICO FINAL

Profesionales: Cristián Kremer Fariña
Patricia Guzmán Pinochet

DICIEMBRE – 2018

I RESUMEN.....	4
II OBJETIVO GENERAL.....	4
III OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
IV RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....	5
1. ENCUESTA DIAGNÓSTICO	5
FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA.....	5
<i>PARTE 1. ANTECEDENTES GENERALES.....</i>	<i>6</i>
<i>PARTE 2. ESTIMACIÓN DE DEMANDA HÍDRICA Y NECESIDADES DE RIEGO DE LOS CULTIVOS</i>	<i>7</i>
<i>PARTE 3. CALIDAD DE AGUA DE RIEGO</i>	<i>9</i>
<i>PARTE 4. DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE EQUIPOS DE RIEGO SUPERFICIAL Y TECNIFICADO.....</i>	<i>10</i>
<i>PARTE 5. DERECHOS DE AGUA.....</i>	<i>12</i>
<i>PARTE 6. CONSULTA DE REQUERIMIENTOS Y RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOGRAR EL ÉXITO DE LA CAPACITACIÓN.....</i>	<i>15</i>
2. APLICACIÓN DE LA ENCUESTA	16
3. RESULTADOS ENCUESTA DIAGNÓSTICO	16
<i>Caracterización general de los encuestados.....</i>	<i>16</i>
<i>Resultados autoevaluaciones por ámbito.....</i>	<i>20</i>
Ámbito 1: Estimación de demanda hídrica y necesidades de riego de los cultivos	21
Ámbito 2: Calidad del agua de riego.....	23
Ámbito 3: Diseño y caracterización de equipos de riego superficial y tecnificado	25
Ámbito 4: Derechos de agua	29
<i>Recomendaciones para el desarrollo del curso.....</i>	<i>33</i>
a. Otros temas propuestos para ser incluido en el curso.....	33
b. Horario y lugar	34
c. Recomendaciones generales	35
V RESULTADO OBJETIVO ESPECÍFICO 2	36
DIAGNÓSTICO DE LA OFERTA DE PROGRAMAS FORMATIVOS A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL, EN GESTIÓN EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO.....	36
VI RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 3.....	41
PROGRAMA DE CAPACITACIÓN.....	41
VII RESULTADO OBJETIVO ESPECÍFICO 4	44
1. MÓDULO: LEGISLACIÓN DE AGUAS	44
2. MÓDULO: QUÍMICA DE AGUAS.....	57
3. MÓDULO: DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTO HÍDRICO	97
4. MÓDULO: RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA	224
5. MÓDULO: FLUJO EN CANALES ABIERTOS Y ESTRUCTURAS DE ACUMULACIÓN	262
VIII CONCLUSIONES.....	298
IX ANEXOS	299
ANEXO 1. ASIGNATURAS CURSADAS EN RELACIÓN AL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO.	299
ANEXO 2: IDENTIFICACIÓN DE CURSOS DE USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO REALIZADOS POR LOS ENCUESTADOS.	300
ANEXO 3: PERFILES CHILE VALORA.....	301

a.	<i>Perfil Competencia Encargado de Riego Tecnificado</i>	<i>301</i>
b.	<i>Perfil Competencia Operario de Riego Gravitacional.....</i>	<i>314</i>
c.	<i>Perfil Competencia Regador de la Agricultura Familiar Campesina</i>	<i>319</i>

I RESUMEN

El Programa de Capacitación consistió en la transferencia de conocimiento a través de 12 sesiones compuestas por charlas y trabajos prácticos. Estos últimos estuvieron a cargo de especialistas en áreas relacionadas con: Legislación de aguas, Monitoreo hídrico, Química de suelo y aguas, y diseño de proyectos de riego y conducción intra y extra predial, entre otros.

Durante el período de agosto a noviembre de 2017 se aplicó el instrumento para el levantamiento de las necesidades de los técnicos y profesionales de la región. Este permitió conocer desde su perspectiva qué tan preparados se encontraban para la gestión eficiente del recurso hídrico y cuáles son las temáticas que consideraban relevantes para ser incluidas en el programa de Capacitación.

Se realizaron 29 encuestas anónimas, 13 de ellas de manera presencial y 16 a través de correo electrónico. El instrumento arrojó resultados heterogéneos y no esperados con respecto a los niveles de conocimiento y comprensión de contenidos relevantes. A partir de esta información se decide realizar un filtro de asistentes de manera que el programa sea aprovechado por aquellos técnicos y profesionales que realmente lo requieran.

En función de lo anterior se reestructuró el programa inicial y se diseñó uno nuevo con modificaciones en contenidos y horarios, el cual se realizó a través de las 12 sesiones ya mencionadas.

II OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un Programa de Formación orientado a fortalecer las competencias de técnicos y profesionales, que les permitan la gestión eficiente de los recursos hídricos disponibles en los sistemas productivos agrarios y forestales de la región de Antofagasta.

III OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las competencias laborales necesarias de desarrollar a niveles técnicos y profesionales, para la gestión eficiente y efectiva del recurso hídrico en la actividad agraria y forestal de la Región de Antofagasta.

2. Identificar la oferta de programas formativos a nivel nacional y regional, en gestión eficiente del recurso hídrico y establecer brechas existentes a desarrollar.
3. Diseñar un programa formativo basado en competencias laborales orientado a técnicos y profesionales que apoyan a pequeños y medianos productores, microempresas, pymes agropecuarias y agroindustriales de la Región de Antofagasta, sobre la base del diagnóstico realizado.
4. Ejecutar el programa de formación, evaluar sus componentes y los resultados alcanzados tras su ejecución.

IV RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 1

1. ENCUESTA DIAGNÓSTICO

FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

PRESENTACIÓN

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y el Gobierno Regional de Antofagasta través del fondo de Innovación para la Competitividad FIC-R, suscribieron un convenio con el fin de ejecutar un programa de formación orientado a fortalecer las competencias de técnicos y profesionales que apoyan el desarrollo de actividades agrarias y forestales de la región de Antofagasta, para fomentar la gestión eficiente de los recursos hídricos disponibles en la región.

La Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de Chile fue la institución encargada de diseñar y ejecutar este programa de formación.

Para que el programa respondiera a las necesidades de los técnicos y profesionales de la región, se aplicó esta encuesta, la que permitió conocer desde su propia perspectiva qué tan preparados se encontraban para la gestión eficiente del recurso hídrico y cuáles son las temáticas que consideraron relevantes de incorporar en el programa.

Este instrumento fue anónimo, y no pretendió en ningún caso evaluar a los encuestados, sino conocer su percepción acerca de su propio nivel de preparación en torno al uso eficiente del recurso hídrico y sus necesidades de capacitación. La encuesta se dividió en partes según la información a levantar como se describe a continuación.

PARTE 1. ANTECEDENTES GENERALES

Institución en la que trabaja	
Cargo	
Años de servicio	
Comuna donde trabaja	
Comuna donde reside	

Nivel educación. Marque con una X una (o más) alternativas y mencione el nombre de la carrera	
☐	Media humanista
☐	Media técnico profesional ¿Cuál?
☐	Técnico superior ¿Cuál?
☐	Universitaria incompleta ¿Cuál?
☐	Universitaria completa ¿Cuál?
☐	Post grado ¿Cuál?

¿Durante sus estudios superiores, tuvo alguna asignatura en torno al uso eficiente del recurso hídrico?	
☐	No
☐	Sí



Si su respuesta en positiva indique el nombre de la o las asignaturas

¿Ha participado de algún curso en torno al uso eficiente del recurso hídrico?	
☐	No
☐	Sí



Si su respuesta en positiva indique el nombre del o los cursos y la institución en la que fue realizado

PARTE 2. ESTIMACIÓN DE DEMANDA HÍDRICA Y NECESIDADES DE RIEGO DE LOS CULTIVOS

En un grado de 1 a 7, que grado de conocimiento considera que tiene en torno a estimación de demanda hídrica y necesidades de riego de los cultivos.

1 (Nulo)	2 (Muy Malo)	3 (Malo)	4 (Regular)	5 (Bueno)	6 (Muy bueno)	7 (Excelente)

Profundizando un poco más en este tema, como evalúa sus conocimientos respecto de los siguientes temas o conceptos (marque con una X la alternativa que corresponda a cada caso)

	Menos que suficiente *	Suficiente*	Más que suficiente*
Concepto de demanda hídrica de los cultivos			
Modelos tradicionales para estimación de demanda hídrica			
Concepto de evapotranspiración de referencia			
Concepto de evapotranspiración potencial			
Concepto de constante de cultivos			
Utilización de estaciones agroclimáticas para la estimación de demanda hídrica			
Interpretación de los datos que entrega una estación agroclimática			
Concepto de balance hídrico de suelo			
Utilización de un balance hídrico de suelo para estimar la demanda hídrica			
Utilización de sensores de humedad de suelo			

*Menos que suficiente: el manejo con el que cuento no me permite responder a las exigencias de mi trabajo.

Suficiente: cuento con el conocimiento adecuado para cumplir los requerimientos de mi trabajo.

Más que suficiente: el manejo con el que cuento me permite cumplir ampliamente con los requerimientos de mi trabajo.

¿Ha utilizado estaciones agroclimáticas para la estimación de demanda hídrica?	
N	No
	Sí

¿Ha utilizado sensores de humedad de suelo para la estimación de las necesidades de riego?	
N	No
	Sí

Considerando sus conocimientos y lo demandado por su trabajo, ¿qué tan importante considera la inclusión de cada uno de estos temas o conceptos en un programa de formación dirigido a técnicos y profesionales que apoyan el desarrollo de actividades agrarias y forestales de la región de Antofagasta?

	Muy importante	Importante	Poco importante
Concepto de demanda hídrica de los cultivos			
Modelos tradicionales para estimación de demanda hídrica			
Concepto de evapotranspiración de referencia			
Concepto de evapotranspiración potencial			
Concepto de constante de cultivos			
Utilización de estaciones agroclimáticas para la estimación de demanda hídrica			
Interpretación de los datos que entrega una estación agroclimática			
Concepto de balance hídrico de suelo			
Utilización de un balance hídrico de suelo para estimar la demanda hídrica			
Utilización de sensores de humedad de suelo			

PARTE 3. CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

En un grado de 1 a 7, que grado de conocimiento considera que tiene en torno a calidad de agua de riego

1 (Nulo)	2 (Muy Malo)	3 (Malo)	4 (Regular)	5 (Bueno)	6 (Muy bueno)	7 (Excelente)

Profundizando un poco más en este tema, como evalúa sus conocimientos respecto de los siguientes temas o conceptos (marque con una X la alternativa que corresponda a cada caso)

	Menos que suficiente	Suficiente	Más que suficiente
Concepto de pH del agua			
Medición del pH del agua			
Utilidades de la medición del pH del agua			
Concepto de salinidad del agua			
Medición de la salinidad del agua			
Efectos adversos de la salinidad del agua			
Medición de la presencia de metales pesados en las aguas			
Consecuencias de la presencia de altos niveles de metales en las aguas			
Lavado de sales			
Fracción de lixiviación			

Considerando sus conocimientos y lo demandado por su trabajo, ¿qué tan importante considera la inclusión de cada uno de estos temas o conceptos en un programa de formación dirigido a técnicos y profesionales que apoyan el desarrollo de actividades agrarias y forestales de la región de Antofagasta?

	Muy importante	Importante	Poco importante
Concepto de pH del agua			
Medición del pH del agua			
Utilidades de la medición del pH del agua			
Concepto de salinidad del agua			
Medición de la salinidad del agua			
Efectos adversos de la salinidad del agua			

Medición de la presencia de metales pesados en las aguas			
Consecuencias de la presencia de altos niveles de metales en las aguas			
Lavado de sales			
Fracción de lixiviación			

PARTE 4. DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE EQUIPOS DE RIEGO SUPERFICIAL Y TECNIFICADO

En un grado de 1 a 7, que grado de conocimiento considera que tiene en torno a diseño y caracterización de equipos de riego superficial y tecnificado

1 (Nulo)	2 (Muy Malo)	3 (Malo)	4 (Regular)	5 (Bueno)	6 (Muy bueno)	7 (Excelente)

Profundizando un poco más en este tema, como evalúa sus conocimientos respecto de los siguientes temas o conceptos (marque con una X la alternativa que corresponda a cada caso)

	Menos que suficiente	Suficiente	Más que suficiente
Eficiencia de riego			
Uniformidad de riego			
Pérdida de carga			
Carga dinámica total			
Presión de operación			
Gotero compensado y auto compensado			
Caudal			
Cavitación			
Presión positiva			
NPSH			
Flushing(limpieza del sistema)			
Retrolavado			
Escala de un plano			
Modelos para conducción de agua por tuberías y canales			
Concepto de tirante			
Concepto de talud			

Concepto de sección de flujo			
Labores necesarias para la mantención de la infraestructura de riego intrapredial			

¿Ha diseñado equipos de riego por goteo o riego tecnificado?	
N	No
	Sí



Si su respuesta en positiva indique el o los tipos de riego diseñados	
	Goteo
	Aspersión
	Micro aspersión

¿Ha diseñado riegos gravitacionales?	
N	No
	Sí



Si su respuesta en positiva indique que tipo de riegos gravitacionales ha diseñado

¿Se ha visto en la necesidad de diseñar obras extraprediales de conducción y almacenamiento de agua?	
N	No
	Sí



Si su respuesta en positiva indique que tipo

Considerando sus conocimientos y lo demandado por su trabajo, ¿qué tan importante considera la inclusión de cada uno de estos temas o conceptos en un programa de formación dirigido a técnicos y profesionales que apoyan el desarrollo de actividades agrarias y forestales de la región de Antofagasta?

	Muy importante	Importante	Poco importante
Eficiencia de riego			
Uniformidad de riego			
Pérdida de carga			
Carga dinámica total			
Presión de operación			
Gotero compensado y auto compensado			
Caudal			
Cavitación			
Presión positiva			
NPSH			
Flushing (limpieza del sistema)			
Retrolavado			
Escala de un plan			
Modelos para conducción de agua por tuberías y canales			
Concepto de tirante			
Concepto de talud			
Concepto de sección de flujo			
Labores necesarias para la mantención de la infraestructura de riego intrapredial			

PARTE 5. DERECHOS DE AGUA

En un grado de 1 a 7, que grado de conocimiento considera que tiene en torno a derechos de aprovechamiento de aguas

1 (Nulo)	2 (Muy Malo)	3 (Malo)	4 (Regular)	5 (Bueno)	6 (Muy bueno)	7 (Excelente)

En un grado de 1 a 7, que grado de conocimiento considera que tiene en torno a organizaciones de usuarios de aguas

1 (Nulo)	2 (Muy Malo)	3 (Malo)	4 (Regular)	5 (Bueno)	6 (Muy bueno)	7 (Excelente)

En un grado de 1 a 7, que grado de conocimiento considera que tiene en torno a medios de protección judicial de los derechos de aprovechamiento de aguas y facultades de fiscalización por parte de la Dirección General de Aguas

1 (Nulo)	2 (Muy Malo)	3 (Malo)	4 (Regular)	5 (Bueno)	6 (Muy bueno)	7 (Excelente)

Profundizando un poco más en este tema, como evalúa sus conocimientos respecto de los siguientes temas o conceptos (marque con una X la alternativa que corresponda a cada caso)

	Menos que suficiente	Suficiente	Más que suficiente
Concepto y características de los derechos de aprovechamiento de aguas			
Identificación de títulos de dominio de derechos de aprovechamiento de aguas			
Perfeccionamiento de derechos de aprovechamiento de aguas			
Regularización de derechos de aprovechamiento de aguas			
Cambios de punto de ejercicio o de captación			
Solicitud de derechos de aprovechamiento de aguas			
Declaración de agotamiento, restricción o prohibición			
Tipos de organizaciones de usuarios de agua			
Conformación de organizaciones de usuarios de agua			
Atribuciones y competencias de las organizaciones de usuarios de agua			
Facultades Fiscalizadoras de la Dirección General de Aguas			
Amparo Judicial de Aguas			
Reforma al Código de Aguas			

¿Ha realizado alguna gestión relativa a derechos de aprovechamiento de aguas?	
N	No
	Sí

Si su respuesta en positiva indique de qué tipo de gestión ha realizado

--

¿En el desarrollo de su trabajo, ha tenido que consultar documentos de títulos de dominio de derechos de aprovechamiento de aguas?	
N	No
	Sí

Si su respuesta en positiva indique en qué contexto y con qué fin ha consultado esos documentos

Considerando sus conocimientos y lo demandado por su trabajo, ¿qué tan importante considera la inclusión de cada uno de estos temas o conceptos en un programa de formación dirigido a técnicos y profesionales que apoyan el desarrollo de actividades agrarias y forestales de la región de Antofagasta?

	Muy importante	Importante	Poco importante
Concepto y características de los derechos de aprovechamiento de aguas			
Identificación de títulos de dominio de derechos de aprovechamiento de aguas			
Perfeccionamiento de derechos de aprovechamiento de aguas			
Regularización de derechos de aprovechamiento de aguas			
Cambios de punto de ejercicio o de captación			
Solicitud de derechos de aprovechamiento de aguas			
Declaración de agotamiento, restricción o prohibición			
Tipos de organizaciones de usuarios			
Conformación de organizaciones de usuarios de agua			
Atribuciones y competencias de las organizaciones de usuarios de agua			
Facultades Fiscalizadoras de la Dirección General de Aguas			

Amparo Judicial de Aguas			
Reforma al Código de Aguas			

PARTE 6. CONSULTA DE REQUERIMIENTOS Y RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOGRAR EL ÉXITO DE LA CAPACITACIÓN.

¿Existe algún tema en torno al uso eficiente del recurso hídrico, que no se haya consultado en esta encuesta y que usted considere relevante incluir en el programa de formación?

--

Considerando que en este programa de formación participarán técnicos y profesionales de toda la región de forma presencial, ¿en qué lugar recomendaría usted que se desarrollara este curso?

--

Considerando que en este programa de formación participarán técnicos y profesionales de toda la región de forma presencial, ¿qué horarios considera que son los más adecuados para el desarrollo del programa?

--

Recomendaciones para el desarrollo del programa y comentarios

--

2. APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

La encuesta se aplicó los días 27, 28 y 29 de septiembre del 2017, en la ciudad de Calama. El equipo técnico de la Universidad de Chile se entrevistó con el Sr. Jaime Pinto Seremi de Agricultura de la Región de Antofagasta quien entregó antecedentes relevantes para la realización del Programa de Capacitación, además hizo hincapié en lo que se espera de éste. Se realizó entrevista/encuesta a la Sra. Jannette Araya Directora Regional de INDAP, quién entregó referencias de los posibles participantes de la capacitación, además apoyo en la convocatoria.

Con la Sra. Pamela Yanjarí Profesora del Liceo Agrícola Likán Antai, el equipo técnico de la Universidad de Chile se reunió en las dependencias del Liceo para conocer la realidad del estudiantado de la Comuna, en esta misma instancia se realizó entrevista/encuesta al Sr. Osvaldo Araya quién entregó antecedentes del sector agrícola de la Región y se mostró muy interesado con la iniciativa.

Con la idea de llegar a todos los profesionales y técnicos de la Región el equipo técnico de la Universidad de Chile se entrevistó con el Sr. Cristian Poblete Jefe de la Oficina SAG quien entregó datos de profesionales de INDAP que pudiesen estar interesados en participar.

3. RESULTADOS ENCUESTA DIAGNÓSTICO

Caracterización general de los encuestados

Público objetivo: Técnicos y profesionales que apoyan el desarrollo de actividades agrarias y forestales en la región de Antofagasta.

Se aplicó encuestas tanto a funcionarios públicos, como a profesionales independientes, sumándose en total 29 encuestados, distribuidos según la institución donde trabajan como se indica a continuación (Tabla 1):

Tabla 1. Porcentaje de encuestados según institución donde trabaja

Institución	N	%
INDAP	11	37,93%
SAG	7	24,14%
Privados	7	24,14%
PRODEMU	1	3,45%
SEREMI Agricultura	1	3,45%
Liceo LikanAntai	1	3,45%
NS/NR	1	3,45%
Total general	29	100%

Un 37,9% de los encuestados trabaja en INDAP, ya sea en la regional y de área, como a través de convenios con municipios (como es el caso del equipo PDTI de San Pedro de Atacama y PRODESAL de Calama). Otro 24,14% de los encuestados es funcionario de SAG, igual porcentaje alcanzan los que han sido agrupados como “privados”, que manifiestan trabajar en empresas propias o de forma particular.

Si bien todos trabajan apoyando el desarrollo de actividades agrarias y forestales en la región, los cargos que ocupan son bastante heterogéneos, identificándose cargos como técnico de terreno, docente, director regional, ejecutivos de fomento, entre otros. También hay diversidad en cuanto a años de experiencia, habiendo encuestados con menos de un año en la institución, hasta 24.

La mayoría de los encuestados trabaja en Calama, existiendo también un número importante que trabaja en más de una comuna dentro de la región, pero siempre incluyendo Calama (Tabla 2).

La suma de quienes trabajan en Calama, ya sea de forma exclusiva o no, llega al 79,3%. Otro 13,79% desarrolla sus funciones en San Pedro de Atacama, y un 3,44% en Taltal (un caso, Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de encuestados según comuna donde trabaja

Comuna trabajo	N	%
Calama	13	44,82
San Pedro de Atacama	4	13,79
Taltal	1	3,44
Más de una comuna de la región (incluyendo Calama)	10	34,48
NS/NR	1	3,44
Total	29	100

La gran mayoría de los encuestados (68,9%) vive en Calama. Otro 17,2% en San Pedro de Atacama. Frecuencias menores alcanzan las comunas de Antofagasta y Taltal. Se identifica

un encuestado que vive fuera de la región (La Serena), pero que desarrolla proyectos en la región de Antofagasta (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de encuestados según comuna de residencia

Comuna residencia	N	%
Antofagasta	2	6,9%
Calama	20	68,9%
La Serena	1	3,4%
San Pedro de Atacama	5	17,2%
Taltal	1	3,4%
Total general	29	100%

El 79,3 % de los encuestados cuenta con una carrera universitaria. De ellos un 6,9% cuenta además con algún estudio de post grado (dos casos, Tabla 4):

- Magíster en medio ambiente, mención gestión ambiental (Encargado Recursos Naturales, SAG)
- Magíster en agricultura para zonas desérticas (Coordinadora Riego, INDAP).

Tabla 4. Porcentaje de encuestados según nivel de educación

Nivel de educación	N	%
Media Técnico Profesional	4	13,79%
Técnica Superior	2	6,90%
Universitaria Completa	21	72,41%
Post grado	2	6,90%
Total general	29	100%

Existen casos, en que los encuestados poseen más de un nivel de educación, por ejemplo, existen 4 técnicos superiores, que posteriormente cursaron y completaron carreras universitarias (Tabla 5).

La totalidad de los encuestados cursó alguna carrera relacionada con la actividad agrícola.

Tabla 5. Porcentaje de encuestados según tipo de estudios cursados.

Tipo de estudios	N	%
Agronomía	21	72%
Técnico agrícola nivel medio	4	14%
Técnico agrícola nivel superior	2	7%
NS/NC	2	7%
Total general	29	100%

Quienes cuentan con título universitario han cursado carreras afines a la Ingeniería Agronómica (Ingeniería agronómica, ingeniería en ejecución agropecuaria, ingeniería civil agrícola o ingeniería en ejecución agrícola).

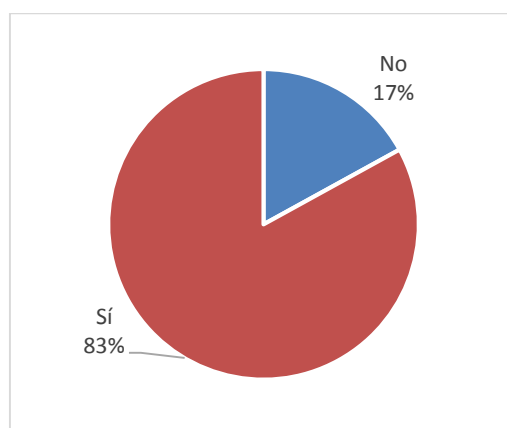
Asimismo, quienes no cuentan con un título profesional, han egresado de especialidades agrícolas de liceos técnicos, o son técnicos agrícolas (o agropecuarios) de nivel superior.

En cuanto a sus conocimientos formales sobre uso eficiente del recurso hídrico, un 83% de los encuestados, dice haber aprobado algún curso de riego durante sus estudios superiores (Tabla 6, Gráfico 1).

Tabla 6. Porcentaje de encuestados según N° de asignaturas cursadas en torno al uso eficiente del recurso hídrico.

N° Asignaturas	N	%
1	8	33,33
2	10	41,66
Más de 3	5	20,83
No especifica	1	4,16
Total tuvo asignaturas	24	100

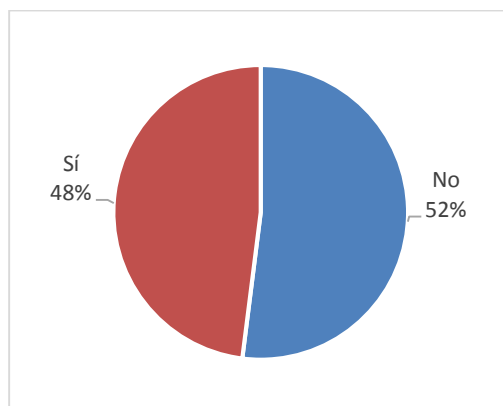
Gráfico 1. Porcentaje de encuestados según asignatura en torno al uso eficiente del recurso hídrico



Si bien la mayoría cursó una o dos asignaturas de este tipo (75%), existen casos en que los encuestados identifican hasta 6 asignaturas cursadas (considerados ramos de pregrado y magister, Tabla 6, Anexo 1).

Por otra parte, casi la mitad de los encuestados ha participado en algún curso en torno al uso eficiente del recurso hídrico para riego o uso agrícola (48%, Gráfica 2). Se trata principalmente de cursos básicos dictados a través de INDAP y CNR. También se identifican cursos de uso de equipos fotovoltaicos, riego en la zonas norte, manejo y uso eficiente del agua, hidroponía y evaluación de proyectos de riego, entre otros (Anexo 2).

Gráfico 2. Porcentaje de encuestados según participación en curso en torno al uso eficiente del recurso hídrico



Resultados autoevaluaciones por ámbito

La encuesta consideró 4 ámbitos, dentro de los cuales se identificaron temas o conceptos. Para cada tema o concepto, el encuestado indicó si (desde su propia perspectiva) sus conocimientos eran menos que suficientes, suficientes o más que suficientes. Así mismo, el encuestado mencionó el nivel de importancia que le otorga a cada tema o concepto, para ser incluido en el curso (importante, muy importante, poco importante).

Al inicio de cada ámbito, se solicitó a los encuestados, autoevaluar en una escala del 1 al 7 (nulo a excelente), sus conocimientos generales respecto al ámbito, los resultados de esa autoevaluación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Resultados Autoevaluación general por ámbito.

Ámbitos	Promedio autoevaluación
Estimación de demanda hídrica y necesidades de riego de los cultivos	4,27
Calidad del agua de riego	4,32
Diseño y caracterización de equipos de riego superficial y tecnificado	3,89
Derechos de agua ¹	3,79

Se observa cómo, en promedio, las autoevaluaciones de los 4 ámbitos arrojan resultados cercanos a 4, estando por debajo de 4 los promedios de los ámbitos derechos de agua y diseño y caracterización de equipos de riego superficial y tecnificado. Superan el 4, los promedios de calidad de agua de riego y estimación de demanda hídrica.

Ámbito 1: Estimación de demanda hídrica y necesidades de riego de los cultivos

El promedio de las autoevaluaciones de este ámbito es de 4,27. Sin embargo, se pueden identificar algunos temas o conceptos que presentarían, según los propios encuestados, más debilidades que otros.

Tabla 8. Autoevaluación conceptos y temas Estimación de demanda hídrica y necesidades de riego de los cultivos.

Temas o conceptos	Menos que suficiente	Suficiente	Más que suficiente	Total
Demanda hídrica	17,24%	72,41%	10,34%	100%
Evapotranspiración referencia	17,24%	65,52%	17,24%	100%
Evapotranspiración potencial	34,48%	48,28%	17,24%	100%
Constante de cultivos	41,38%	48,28%	10,34%	100%
Utilización estaciones agroclimáticas	48,28%	44,83%	6,90%	100%
Interpretación datos estación agroclimática	44,83%	48,28%	6,90%	100%
Concepto balance hídrico	41,38%	41,38%	17,24%	100%
Utilización balance hídrico	48,28%	41,38%	10,34%	100%
Utilización sensores de humedad	51,72%	41,38%	6,90%	100%

¹ En el caso del ámbito derechos de agua, se solicitó autoevaluar 3 temas del 1 al 7. La tabla incluye el promedio de las 3 autoevaluaciones.

En un primer tramo (identificado en color verde en la tabla 8), se encuentran los conceptos de demanda hídrica y evapotranspiración de referencia, en ambos casos, la suma de quienes dicen conocer suficiente o más que suficiente, supera el 80%, mientras que el 17,24% manifiesta contar con conocimientos menos que suficientes.

En un segundo tramo (color amarillo), se encuentran los conceptos de evapotranspiración potencial, constante de cultivos y balance hídrico, casos en que los porcentajes de “menos que suficiente” se encuentran entre 34,48% y 41,38%, mientras que los porcentajes de “suficiente” y “más que suficiente” se encuentran entre 58,6% y 65,5%.

Los temas que presentarían mayor debilidad (color rojo) serían la utilización e interpretación de datos de estaciones agroclimáticas, así como el uso de balances hídricos y sensores de humedad, casos en que cerca del 50% de los encuestados manifiesta contar con conocimientos menos que suficientes.

En relación con lo anterior, se debe mencionar que sólo un 21% de los encuestados ha utilizado estaciones agroclimáticas, y un 31% sensores de humedad (Gráficos 3 y 4).

Gráfico 3: Porcentaje de encuestados que ha utilizado estaciones agroclimáticas

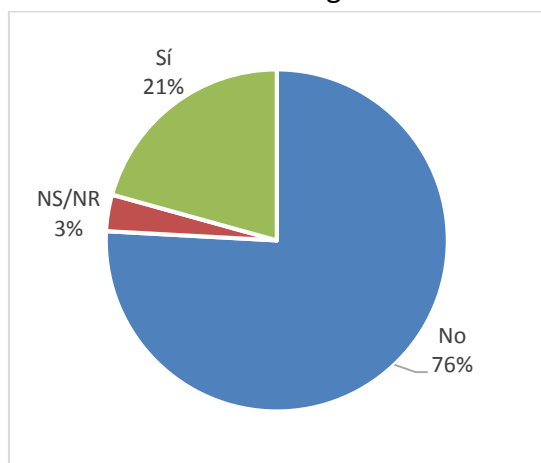
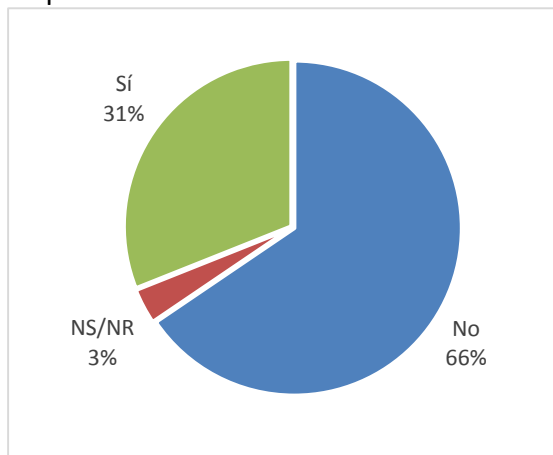


Gráfico 4: Porcentaje de encuestados que ha utilizado sensores de humedad



En cuanto a la importancia de cada tema o concepto, todos los temas son considerados muy importantes de incluir en el curso por al menos por el 58% de los encuestados, destacando el concepto de demanda hídrica, que a pesar de ser uno de los mejor autoevaluados (más de 80% suficiente o más que suficiente), es también considerado por más del 80% de los encuestados como un tema muy importante a ser incluido en el curso (Tabla 9).

Tabla 9. Importancia de la inclusión en el curso de conceptos y temas Estimación de demanda hídrica y necesidades de riego de los cultivos.

Temas o conceptos	Muy Importante	Importante	Poco Importante	NSNR	Total
Concepto de demanda hídrica	82,76%	6,90%	6,90%	3,45%	100%
Concepto evapotranspiración potencial	72,41%	17,24%	6,90%	3,45%	100%
Concepto constatare cultivos	58,62%	27,59%	10,34%	3,45%	100%
Utilización estaciones agroclimáticas	68,97%	17,24%	6,90%	6,90%	100%
Interpretación datos estación agroclimática	68,97%	20,69%	6,90%	3,45%	100%
Concepto balance hídrico	79,31%	10,34%	6,90%	3,45%	100%
Utilización balance hídrico	72,41%	20,69%	3,45%	3,45%	100%
Utilización sensores de humedad	75,86%	17,24%	3,45%	3,45%	100%

Ámbito 2: Calidad del agua de riego

El promedio de las autoevaluaciones del ámbito calidad del agua de riego es de 4,32, existiendo también temas o concepto mejor autoevaluados que otros.

Tabla 10. Autoevaluación conceptos y temas Calidad del agua de riego.

Temas o conceptos	Menos que suficiente	Suficiente	Más que suficiente	NS/NR	Total
Concepto pH del agua	20,69%	62,07%	17,24%		100%
Medición pH del agua	13,79%	65,52%	20,69%		100%
Utilidades pH del agua	27,59%	55,17%	17,24%		100%
Concepto de salinidad	10,34%	68,97%	20,69%		100%
Medición salinidad	31,03%	51,72%	13,79%	3,45%	100%
Efectos adversos salinidad	24,14%	58,62%	17,24%		100%
Medición metales pesados	62,07%	27,59%	10,34%		100%
Consecuencias altos niveles metales	55,17%	27,59%	17,24%		100%
Lavado de sales	51,72%	31,03%	17,24%		100%
Fracción de lixiviación	55,17%	37,93%	6,90%		100%

En un primer tramo, encontramos los conceptos de pH (concepto y medición) y salinidad. En los 3 casos, la suma de quienes manifiestan contar con conocimientos suficientes y más que suficientes es de cerca de al 80% (Tabla 10).

En un segundo tramo, se ubica la medición de salinidad, efectos adversos de la salinidad y las utilidades del pH del agua, temas sobre los cuales entre el 65% y 75% de los encuestados dice contar con conocimientos suficientes o más que suficientes (Tabla 10).

Los temas más críticos, en torno a los cuales más de la mitad de los encuestados dice contar con conocimientos menos que suficientes son: medición de metales pesados, consecuencias de la presencia de altos niveles de metales, lavado de sales y fracción de lixiviación (Tabla 10).

En cuanto a la importancia de la inclusión de cada tema en el curso, todos los temas son considerados como “muy importantes” de incluir al menos por el 66% de los encuestados, destacando el tema “consecuencia de la presencia de altos niveles de metales en el agua”, manejado de forma menos que suficiente por el 55% de los encuestados, y considerado importante de incluir en el curso por un 86% de los mismos (Tabla 11).

Se debe mencionar que no hay encuestados que consideren poco importante alguno de los temas de este ámbito.

Tabla 11. Importancia de la inclusión en el curso de conceptos y temas Calidad del agua de riego.

Temas o conceptos	Muy importante	Importante	Poco Importante	NS/NR	Total
Concepto pH del agua	69%	31%			100%
Medición pH	66%	34%			100%
Utilidad pH del agua	69%	31%			100%
Concepto salinidad	76%	24%			100%
Medición salinidad	79%	21%			100%
Efectos adversos salinidad	79%	21%			100%
Medición presencia metales	79%	17%		3%	100%
Consecuencias altos niveles metales	86%	14%			100%
Lavado de sales	79%	21%			100%
Fracción de lixiviación	76%	24%			100%

Se debe mencionar que, a través de las preguntas abiertas de la encuesta, surgen algunas propuestas de temas a incorporar en el curso y que corresponden a este ámbito (calidad del agua): calidad del agua en general, opciones de mejorar calidad del agua y plantas de tratamiento de agua para extraer boro y arsénico.

Ámbito 3: Diseño y caracterización de equipos de riego superficial y tecnificado

El promedio de la autoevaluación de este ámbito es de 3,89. Los temas y conceptos autoevaluados fueron 21, agrupándose en 3 tramos de respuestas.

Tabla 12. Autoevaluación conceptos y temas Diseño y caracterización de equipos de riego superficial y tecnificado.

Temas o conceptos	Menos que suficiente	Suficiente	Más que suficiente	NS/NR	Total
Eficiencia de riego	20,69%	65,52%	13,79%		100%
Uniformidad de riego	27,59%	58,62%	13,79%		100%
Pérdida de carga	34,48%	55,17%	10,34%		100%
Carga dinámica total	72,41%	17,24%	10,34%		100%
Presión de operación	37,93%	51,72%	10,34%		100%
Gotero compensado y auto compensado	24,14%	65,52%	10,34%		100%
Caudal	24,14%	62,07%	13,79%		100%
Cavitación	62,07%	27,59%	3,45%	6,90%	100%
Presión positiva	62,07%	34,48%	3,45%		100%
NPSH	93,10%	3,45%	3,45%		100%
Flushing	62,07%	34,48%	3,45%		100%
Retrolavado	51,72%	44,83%	3,45%		100%
Escala de un plano	55,17%	34,48%	6,90%	3,45%	100%
Modelos conducción	51,72%	44,83%	3,45%		100%
Concepto de tirante	79,31%	17,24%	3,45%		100%
Concepto de talud	44,83%	48,28%	6,90%		100%
Concepto de sección de flujo	68,97%	24,14%	6,90%		100%
Labores mantención	51,72%	37,93%	10,34%		100%
Aspersión	20,69%	68,97%	6,90%	3,45%	100%
Microaspersión	24,14%	68,97%	6,90%		100%
Hidroponía	41,38%	55,17%	3,45%		100%

En un primer tramo, encontramos 6 temas o conceptos, sobre los cuales, menos del 30% de los encuestados manifiesta tener conocimiento “menos que suficiente”: eficiencia de riego, uniformidad de riego, gotero compensado y auto compensado, caudal, aspersión y micro aspersión. Estos serían los temas mejor autoevaluados del ámbito equipos de riego (Tabla 12).

En un segundo tramo, se encuentran 8 temas o conceptos, en torno a los cuales entre el 30% y 60% de los encuestados, dice tener conocimientos menos que suficientes: pérdida de carga, presión de operación, retrolavado, escala de un plano, modelos de conducción, talud, labores de mantención e hidroponía (Tabla 12).

Por último, los 7 temas o conceptos más débiles, sobre los cuales más del 60% de los encuestados manifiesta contar con conocimientos menos que suficientes son: carga dinámica total, cavitación, presión positiva, flushig, tirante, sección de flujo y NPSH. En el caso de este último, un 93% de los encuestados manifiesta tener conocimientos menos que suficientes (Tabla 12).

En cuanto a la experiencia en diseño de equipos de riego, sólo un 34% de los encuestados manifiesta haber diseñado algún equipo de riego por goteo o tecnificado (Gráfico 5). Si revisamos los resultados por tipo de riego diseñado, se observa que, del total de los encuestados, un 34% ha diseñado sistemas de riego por goteo, un 17,2% riego por aspersión, y un 10,3 riego por micro aspersión²(Tabla 13).

Gráfico 5: Porcentaje de encuestados que ha diseñado equipos de riego por goteo o riego tecnificado

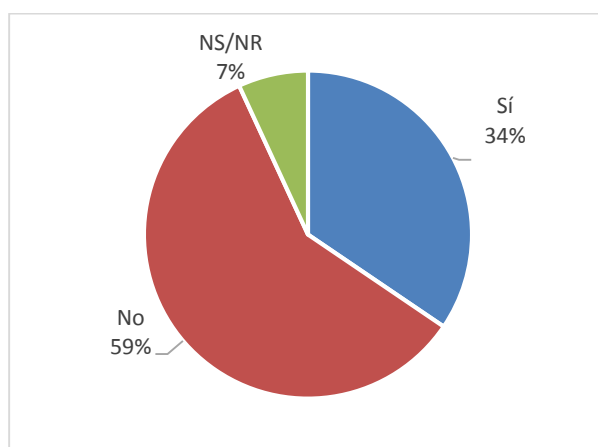


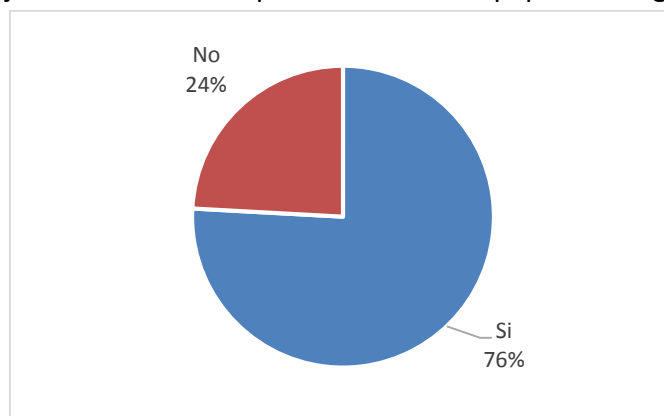
Tabla 13: Porcentaje de encuestados según tipo de riego diseñado

Tipo riego diseñado	N	%
Goteo	10	34,5
Aspersión	5	17,2
Micro aspersión	3	10,3

² Porcentaje calculado en base al total de encuestados (29). Existen casos en que un mismo encuestado, ha diseñado distintos tipos de riego.

Por otra parte, un 76% de los encuestados ha diseñado riego gravitacional. Se trata principalmente de sistemas de riego por surcos, por curvas de nivel, riego en terrazas, riego californiano y uso de energía solar para sistemas de riego (Gráfico 6).

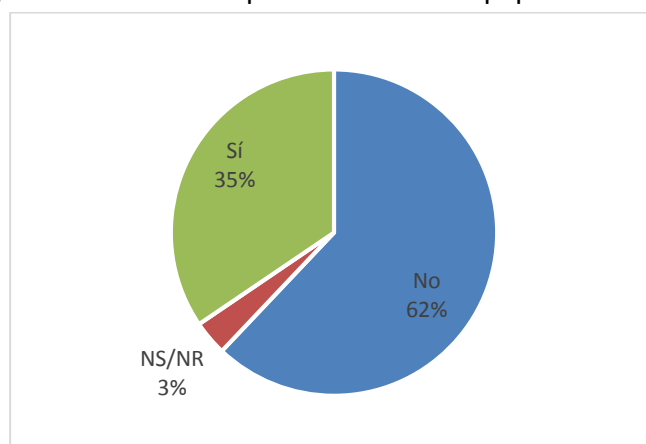
Gráfico 6. Porcentaje de encuestados que ha diseñado equipos de riego gravitacional



Así mismo, un 35% de los encuestados manifiesta haber diseñado obras extraprediales, se identifican (Gráfico 7):

- Canales: canalización, revestimiento, entubamiento, mejoramiento, conducción de canales.
- Estanques acumuladores: construcción de estanques de geoembrana y hormigón.
- Conducción: por tuberías, HDPE, PVC.

Gráfico 7. Porcentaje de encuestados que ha diseñado equipos obras extraprediales.



En cuanto a la importancia de cada tema autoevaluado, todos fueron considerados muy importantes de incluir en el curso por al menos el 62% de los encuestados (Tabla 14).

Tabla 14. Importancia de la inclusión en el curso de conceptos y temas diseño y caracterización de equipos de riego superficial y tecnificado.

Temas o conceptos	Muy importante	Importante	Poco importante	NS/NR	Total
Eficiencia de riego	72,41%	24,14%	3,45%		100%
Uniformidad de riego	75,86%	24,14%			100%
Pérdida de carga	62,07%	34,48%		3,45%	100%
Carga dinámica total	62,07%	31,03%	6,90%		100%
Presión de operación	72,41%	24,14%	3,45%		100%
Gotero compensado y auto compensado	65,52%	27,59%	6,90%		100%
Caudal	79,31%	17,24%	3,45%		100%
Cavitación	75,86%	24,14%			100%
Presión positiva	75,86%	20,69%	3,45%		100%
NPSH	65,52%	31,03%	3,45%		100%
Flushing	65,52%	31,03%	6,90%		103%
Retrolavado	65,52%	24,14%	10,34%		100%
Escala de un plano	65,52%	24,14%	6,90%	3,45%	100%
Modelos conducción	82,76%	13,79%	3,45%		100%
Concepto de tirante	72,41%	20,69%	3,45%	3,45%	100%
Concepto de talud	68,97%	31,03%			100%
Concepto de sección de flujo	79,31%	17,24%	3,45%		100%
Labores mantención	72,41%	27,59%			100%
Aspersión	68,97%	6,90%	10,34%	13,79%	100%
Microaspersión	68,97%	6,90%	10,34%	13,79%	100%
Hidroponía	75,86%	10,34%		13,79%	100%

Además, se pudo recoger información relevante acerca de los intereses de los encuestados, levantándose recomendaciones de temas a incluir en el curso. Del total de encuestados, 16 entregaron recomendaciones, de ellos 10 (un 35% de los encuestados) proponen temas relacionados con el ámbito de diseño de equipos de riego (Tabla 15):

Tabla 15. Otros temas a ser incluidos en el curso

Tema	N	%³
Diseño o construcción de riego tecnificado	3	10,34
Hidroponía	4	25
Diseño y construcción de obras de acumulación (estanques, embalses)	4	25
Diseño y construcción de obras de conducción (canales hormigón y mampostería, tuberías)	6	37,5
Cruces aéreos y atraviesos de quebradas	2	12,5
Captación de agua	1	6,25
Obras de riego en general	3	18,7
Uso de ERNC asociada a proyectos de riego	3	18,7
Sistemas de desalinización de agua	3	18,7
Captación de agua	1	6,25

En algunos casos se complementa la información, estableciendo la importancia de que los temas sean tratados con pertinencia a la realidad regional.

Ámbito 4: Derechos de agua

En el caso del ámbito de derechos de agua, se autoevaluaron de 1 a 7 tres aspectos (Tabla 16):

Tabla 16. Autoevaluaciones generales ámbito derechos de agua

Tema	Promedio autoevaluación	
Conocimiento derechos aprovechamiento	4,04	
Conocimiento Organizaciones Usuarios de Agua	3,96	
Conocimiento medios protección DGA	3,37	

En general, para todos los temas existe al menos un 40% de los encuestados que dice contar con conocimientos menos que suficientes, sin embargo, es posible identificar tramos según nivel de conocimiento (Tabla 17).

³ Porcentaje calculado en base al total de respuestas (16). Hay quienes proponen más de un tema del ámbito equipos de riego superficial y tecnificado.

Tabla 17. Autoevaluación conceptos y temas Derechos de agua

Temas o conceptos	Menos que suficiente	Suficiente	Más que suficiente	NS/NR	Total
Concepto y características Derechos	55,17%	27,59%	10,34%	6,90%	100%
Identificación títulos dominio derechos	41,38%	37,93%	13,79%	6,90%	100%
Perfeccionamiento de derechos	72,41%	13,79%	6,90%	6,90%	100%
Regularización derechos	55,17%	24,14%	10,34%	10,34%	100%
Cambio puntos ejercicio y captación	75,86%	10,34%	6,90%	6,90%	100%
Solicitud derechos	58,62%	24,14%	6,90%	10,34%	100%
Declaración agotamiento	68,97%	24,14%	6,90%		100%
Tipos OUA	44,83%	44,83%	10,34%		100%
Conformación OUA	62,07%	24,14%	10,34%	3,45%	100%
Atribuciones OUA	62,07%	27,59%	10,34%		100%
Facultades DGA	68,97%	17,24%	10,34%	3,45%	100%
Amparo judicial de aguas	75,86%	17,24%	6,90%		100%
Reforma código de aguas	62,07%	27,59%	10,34%		100%

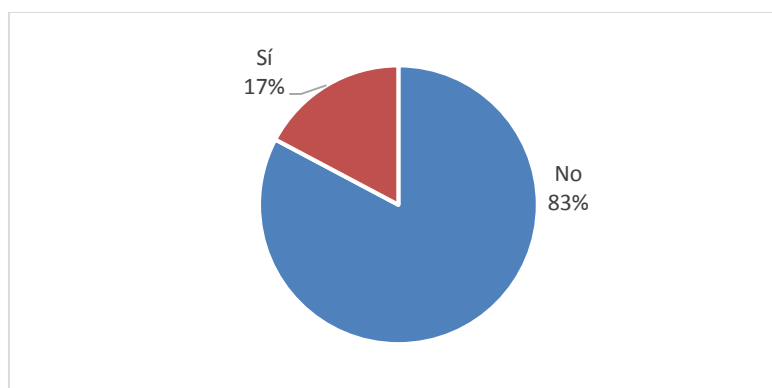
El primer tramo lo conforman los únicos dos temas, en los que el 50% de los encuestados dice contar con dominio suficiente y más que suficiente, teniendo entre un 40% y 45% de respuestas “menos que suficiente”: identificación de títulos de derechos y tipos de organizaciones de usuarios de agua.

El tramo intermedio, contiene la mayoría de los temas o conceptos (8), con porcentajes de respuesta “menos que suficiente” entre 50% y 70%: concepto y características de derechos, regularización de derechos, solicitud de derechos, declaración de agotamiento, conformación y atribuciones de las organizaciones de usuarios de agua, facultades de la DGA y reforma al código de agua.

Los temas con mayor nivel de desconocimiento según los propios encuestados son 3: perfeccionamiento de derechos, amparo judicial de agua y cambio de puntos de ejercicio y captación.

En cuanto a la experiencia de los encuestados en la gestión de derechos de agua, un 17% habría realizado alguna gestión de derechos (Gráfico 8).

Gráfico 8. Porcentaje de encuestados que ha realizado alguna gestión relativa a derechos de agua



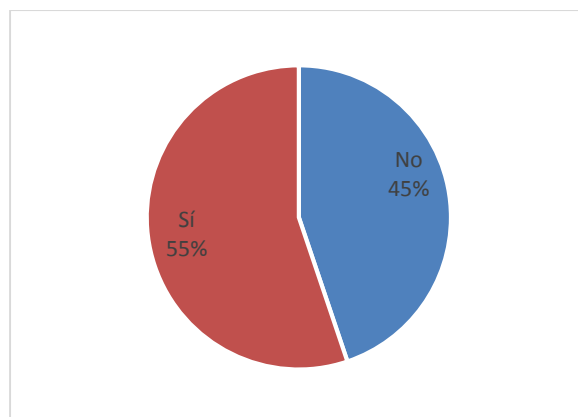
Quienes han realizado alguna gestión, son profesionales tanto públicos como privados, que frente a la pregunta “¿Qué tipo de gestión ha realizado?” entregan respuestas que se exponen en la tabla a continuación:

Tabla 18. Tipo de gestión realizada en torno a derechos de agua

Institución	Cargo	Qué gestión ha realizado
Consultora contratista independiente	Ingeniero Agrónomo	Prueba de bombeo para comunidad, para inscripción de derechos
PDTI	Coordinador	Regularización de aprovechamiento por el 2º transitorio
SEREMI Agricultura Antofagasta	Coordinador CNR-SEREMI	Colaboración en declarar agotado el Río San Pedro en San Pedro de Atacama
INDAP	Directora Regional	Gestionar con entendido en la materia para que constituyan derechos a una comunidad
Profesional independiente	Propietario	Programa riego San Pedro de Atacama

De la misma forma, el 55% habría consultado documentos de títulos de dominio de derechos de aprovechamiento de agua, encontrándose entre ellos tanto técnicos como profesionales del ámbito público y privado.

Gráfico 9. Porcentaje de encuestados que ha consultado documentos de títulos de dominio de derechos de aprovechamiento de agua



El detalle del contexto en el que fue realizada la gestión se presenta a continuación (Tabla 19):

Tabla 19. Contexto en que se ha consultado documentos de títulos de dominio de derechos de aprovechamiento de agua

Institución	En qué contexto ha consultado documentos
Consultora ingeniería y construcción	Para determinar tipo de derecho, caudal, quien es poseedor de los derechos y en qué calidad.
INDAP	Para evaluar parte administrativa de proyectos de INDAP debemos revisar el contenido de los títulos.
SAG	Para declaración de patrimonio, lo exigen por ley.
INDAP	Certificado derechos de agua para proyectos INDAP.
Constructora y consultora R.J.	Formalización proyecto de riego
Consultora contratista independiente	Elaboración de proyectos de riego y concursos de agricultores.
NS/NR	Proyectos INDAP, CNR, CONADI y participación asociación de agricultores.
Particular	Para formular proyectos de riego se revisa la vigencia de los títulos.
INDAP	Evaluación administrativa proyectos riego.
PRODESAL Calama	Para vincular usuarios con proyecto riego INDAP y para carpeta de cada usuario PRODESAL de acreditación derechos de agua.
SEREMI Agricultura Antofagasta	Postulación proyectos Ley 18.450.
Independiente	Postulación proyectos CNRy CONADI
Bioma consultores SA	Para presentación a concursos ley 18.450 y CONADI.
Municipalidad San Pedro	Al generar los proyectos SIRDS-S INDAP.
INDAP	Para evaluar proyectos de riego en el comité de financiamiento.
Profesional independiente	Programa riego en San Pedro.

Al menos un tercio de los encuestados considera que todos los temas consultados en el ámbito derechos de agua son “muy importantes” de considerar en el curso (Tabla 20).

Tabla 20. Importancia de la inclusión en el curso de conceptos y temas derechos de agua.

Temas o conceptos	Muy importante	Importante	Poco importante	Total
Concepto y características Derechos	78,57%	21,43%		100%
Identificación títulos dominio derechos	82,76%	13,79%	3,45%	100%
Perfeccionamiento de derechos	86,21%	10,34%	3,45%	100%
Regularización derechos	79,31%	17,24%	3,45%	100%
Cambio puntos ejercicio y captación	79,31%	17,24%	3,45%	100%
Solicitud derechos	75,86%	13,79%	10,34%	100%
Declaración agotamiento	82,76%	17,24%		100%
Tipos OUA	75,86%	17,24%	6,90%	100%
Conformación OUA	79,31%	17,24%	3,45%	100%
Atribuciones OUA	82,76%	13,79%	3,45%	100%
Facultades DGA	79,31%	17,24%	3,45%	100%
Amparo judicial de aguas	79,31%	17,24%	3,45%	100%
Reforma código de aguas	79,31%	17,24%	3,45%	100%

Se debe agregar que, en este ámbito, surgen como propuestas de temas a incorporar en el curso: infraestructura de riego asociativo y pueblos originarios.

Recomendaciones para el desarrollo del curso

A través de preguntas abiertas, se recogieron recomendaciones para el desarrollo del curso, considerándose temas a incorporar (algunos de los cuales ya fueron mencionados en cada ámbito), recomendaciones de horario y lugar, y recomendaciones generales.

a. Otros temas propuestos para ser incluido en el curso

Otros temas mencionados en las preguntas abiertas se presentan a continuación:

Tabla 21. Otros temas propuestos para incluir en el curso

Tema	Frecuencia con que se menciona
Edafología	1
Hidrología	1
Ley de riego	1
Como formular y postular proyectos CNR	2
Programas computacionales para participar de concursos CNR	1
AUTOCAD	1

b. Horario y lugar

En cuanto al lugar para el desarrollo del curso, la mitad de los encuestados recomienda realizarlo en Calama, mientras otro 27% menciona que es posible realizarlo en Calama u otra comuna (en general, San Pedro de Atacama).

Tabla 22. Porcentaje de encuestados según comuna donde propone realizar el curso

Comuna donde realizar el curso	N	%
Calama	15	51,72
Calama u otra comuna	8	27,58
San Pedro	1	3,44
NS/NR	5	17,24
Total	29	100

En cuanto a los horarios, existen diversas propuestas expuestas a continuación.

Tabla 23. Horarios en que se propone realizar el curso según institución

Horario	N	Instituciones
Días de semana después de jornada laboral	6	4 privados, 1 INDAP 1 Liceo Likan Antay
Día de semana después de jornada laboral, y sábados en la mañana	7	3 privados 3 INDAP 1 SEREMI
Horario laboral	12 (de los cuales 5 prefieren solo en la mañana)	4 SAG 6 INDAP 1 PRODEMU 1 Privado
Indiferente al horario	2	1 SAG 1 INDAP

c. Recomendaciones generales

Las principales recomendaciones de los encuestados tienen que ver con el énfasis en la práctica y el terreno (mencionado por 9 encuestados), así como con la necesidad de pertinencia al contexto y realidad regional (mencionado por 3 encuestados).

Otras recomendaciones mencionadas:

- Considerar pausas durante el curso
- Considerar la entrega de material de apoyo
- Avisar fechas con anticipación
- Profesores con dominio en variedad de temas
- Sala acorde al número de personas y necesidades de luminosidad
- No concentrar todo el curso en una semana

Finalmente, se hará referencia a las recomendaciones entregadas por quien ocupa el cargo de coordinador CNR – SEREMI, quien se extiende especialmente y propone lo siguiente:

- Repasar conceptos básicos y dar énfasis a obras de civiles de conducción y acumulación.
- Considerar que es bajo el riego tecnificado en la región por la mala calidad de agua y el riego tradicional por terrazas
- En obras civiles considerar: topografía, cubicaciones, análisis de precios unitarios, tipos de planos, plano planta, perfil longitudinal y transversal.
- Se sugiere incluir hidrología, caudales medios mensuales, interpretación de datos de estaciones fluviométricas DGA, transpiración de caudales, caudal con 85% regulación, método probabilidad de weibull, diseño de caídas en canales, diseño de dissipadores y desarenadores.

V RESULTADO OBJETIVO ESPECÍFICO 2

DIAGNÓSTICO DE LA OFERTA DE PROGRAMAS FORMATIVOS A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL, EN GESTIÓN EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO.

Para la realización del diagnóstico de la oferta de programas formativos a nivel nacional y regional, en gestión eficiente del recurso hídrico, se realizó un catastro nacional mediante información web.

Se visitó las páginas web de cada institución universitaria así como también de institutos de formación técnica que realizan cursos relacionados con el Recurso Hídrico.

Para aquellas instituciones que no contaban con información en la web se realizaron llamados telefónicos para recabar información.

A partir del catastro web y los llamados telefónicos, se recopiló para cada programa identificado:

- Nombre del curso
- Nombre de la institución oferente
- Lugar de ejecución
- Contenidos
- Valor
- A quienes está dirigido el programa
- Perfil del egresado

Se realizó la búsqueda de cursos de gestión eficiente del recurso hídrico los resultados fueron los que se describen a continuación:

En modalidad online:

- Nombre del curso: **Planificación y gestión de recursos hídricos**
- Nombre de la institución oferente: Escuela del Agua del grupo Suez (Portal chileno del Agua)
- Lugar de ejecución: online
- Contenidos: no informada
- Valor: 290 euros.
- Duración: 4 semanas.
- A quienes está dirigido el programa: Profesionales y técnicos del área.

En modalidad presencial:

- Nombre del curso: **Diplomado en Gestión del Agua y el Ambiente, en la sociedad del siglo XXI**
- Nombre de la institución oferente: Universidad de Chile
- Lugar de ejecución: Facultad de Ciencias Agronómicas
- Contenidos:
- Módulo I – Institucionalidad y Derechos de Agua (4 semanas)
 - Introducción a la institucionalidad respecto del recurso hídrico en Chile
 - Código de Aguas, derechos de aprovechamiento y otras legislaciones relacionadas
 - Organizaciones de usuarios de agua
 - Fiscalización uso del agua y cauces, usurpación de aguas y daño ambiental
 - Ecohidrología y caudal ambiental
 - Estudios de caso: conflictos ambientales en Chile y Latinoamérica
- Módulo II - Manejo y Gestión Integrada de Cuencas (4 semanas)
 - Concepto de Gestión Integrada, discusión internacional, casos en Chile
 - Experiencias internacionales
 - Programas de desarrollo y transferencia tecnológica
 - Virtudes y debilidades del modelo chileno
 - Uso conjunto superficial y subterráneo
- Módulo III - Economía, Ambiente y Recursos Naturales (4 semanas)
 - Economía aplicada al uso del agua
 - Instrumentos económicos utilizables en la gestión del agua
- Módulo IV - Sistemas de Soporte para la Toma de Decisiones (4 semanas)
Desde la modelación a la toma de decisiones. Una mirada general al problema
 - Distintos tipos de modelos aplicables. Datos, información y conocimiento
 - La información espacialmente distribuida. La variabilidad espacial y su impacto en la planificación del uso del agua
- Módulo V - Políticas Públicas (4 semanas)
El Contexto de la Política pública en la Gestión del Recurso Hídrico
 - Políticas, Lineamientos, Normativas y Regulaciones de la gestión del agua
 - Políticas y Estrategias orientadas a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
- Valor: \$1.600.000.-
- Duración: 312 horas (20 semanas)
- A quienes está dirigido el programa: El diplomado está dirigido a todos los profesionales que se desempeñan en el ámbito público y privado de la gestión de los recursos hídricos, la agricultura y el medio ambiente.

- Nombre del curso: **Diplomado en Hidrología y Gestión Integrada de Recursos Hídricos**
- Nombre de la institución oferente: Universidad de Chile
- Lugar de ejecución: Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza
- Contenidos:
- Módulo I – La cuenca Hidrográfica (4 semanas)
 - Introducción a la hidrología de cuencas
 - Suelos
 - Geología y geomorfología I
 - Manejo de Recursos Naturales I
 - Climatología I
 - Manejo de Recursos Naturales II
- Módulo II – Hidrología de Cuencas (7 semanas)
 - Hidrología Superficial I
 - Hidrología Superficial II
 - Hidrometría
 - Estadística Hidrológica
 - Modelación Hidrológica
 - Hidrología subterránea
 - Ecohidrología
 - Hidrología de glaciares
- Módulo III – Gestión Integrada de Cuencas (7 semanas)
 - Gestión Integrada de Cuencas
 - Técnicas de restauración Hidrológica
 - Recuperación de suelos degradados
 - Prácticas de conservación de suelos
 - Control de torrentes
 - Manejo de zonas áridas
 - Legislación del agua en Chile I
 - Legislación del agua en Chile II
- Valor: Matrícula \$50.000 Arancel \$1.700.000.-
- Duración: 120 horas (18 semanas)
- A quienes está dirigido el programa: El diplomado está dirigido a todos los profesionales y técnicos afines.

Al ampliar la búsqueda de cursos de manejo eficiente del recurso hídrico hacia algo más general encontramos varios programas que desde la perspectiva del manejo del riego permiten el uso eficiente del recurso. A continuación se detalla dicha búsqueda:

- Nombre del curso: **Manejo de Riego Intrapredial**
 - Nombre de la institución oferente: Instituto de Estudios, Asesorías y Capacitación Ltda. (IEAC Ltda.)
 - Lugar de ejecución: online y en terreno Buin, Santiago.
 - Duración: 24 horas.
 - Código SENCE: 1237929239
 - Término de vigencia: 01/10/2018
 - A quienes está dirigido el programa: Profesionales y técnicos del área
-
- Nombre del curso: **Técnicas de manejo de riego**
 - Nombre de la institución oferente: Henríquez y Riquelme Ltda. (Insecap Capacitación Ltda.)
 - Lugar de ejecución: online y en terreno Calama, Antofagasta.
 - Duración: 32 horas.
 - Código SENCE: 1237946809
 - Término de vigencia: 28/02/2020
 - A quienes está dirigido el programa: Profesionales y técnicos del área
-
- Nombre del curso: **Programación y manejo de Riego para Nogal y Ciruelo**
 - Nombre de la institución oferente: Universidad Mayor
 - Lugar de ejecución: online y en terreno Providencia, Santiago.
 - Duración: 32 horas.
 - Código SENCE: 1237950172
 - Término de vigencia: 23/05/2020
 - A quienes está dirigido el programa: Profesionales y técnicos del área.
-
- Nombre del curso: **Manejo de Riego Tecnificado y Fertirrigación**
 - Nombre de la institución oferente: Bio-Gestión Servicios de Capacitación Ltda. (Bio-Gestión Ltda.)
 - Lugar de ejecución: online y en terreno Rancagua.
 - Duración: 20 horas.
 - Código SENCE: 1237954973
 - Término de vigencia: 10/08/2020
 - A quienes está dirigido el programa: Profesionales y técnicos del área.

- Nombre del curso: **Programación y manejo de Riego en Vides Viníferas**
 - Nombre de la institución oferente: Universidad Mayor
 - Lugar de ejecución: online y en terreno Providencia, Santiago.
 - Duración: 16 horas.
 - Código SENCE: 1237958839
 - Término de vigencia: 21/11/2020
 - A quienes está dirigido el programa: Profesionales y técnicos del área.
-
- Nombre del curso: **Sistema modular en el manejo del Riego Localizado, Control y Monitoreo del Riego Localizado en el marco de gestión de riego intrapredial**
 - Nombre de la institución oferente: Pontificia Universidad Católica de Chile
 - Lugar de ejecución: Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
 - Contenidos:
 - Sensores humedad de suelo y estado hídrico de las plantas
 - Captura, registro e interpretación de monitores de humedad del suelo.
 - Confección y lectura de calicatas
 - Instalación y mantención de tensiómetros y trabajo con sensores
 - Valor: \$160.000.-
 - Duración: 16 horas
 - A quienes está dirigido el programa: Profesionales Agrónomos, Ingenieros Forestales y administradores de predios encargados del riego
-
- Nombre del curso: **Diplomado en Sistemas de Riego Tecnificado**
 - Nombre de la institución oferente: Universidad Mayor
 - Lugar de ejecución: Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias
 - Contenidos:
 - Sensores humedad de suelo y estado hídrico de las plantas
 - Captura, registro e interpretación de monitores de humedad del suelo.
 - Confección y lectura de calicatas
 - Instalación y mantención de tensiómetros y trabajo con sensores
 - Valor: \$1.800.000.-
 - Duración: 175 horas

- A quienes está dirigido el programa: Técnicos, empresarios, licenciados, y profesionales universitarios con vocación empresarial y gerencial que ocupan u ocuparán cargos de producción en empresas agrícolas, agroindustriales, servicios de consultoría, proveedores de insumos especializados, laboratorios agrícolas y organismos públicos como el INDAP, INIA, SAG y Municipalidades.

Se solicitó que el programa se dirija a obtener perfiles como Chilevalora, en relación al riego existen 3 perfiles ya descritos que pueden ser mejorados o adaptarse y crear nuevos perfiles posteriores a la realización del presente programa de capacitación, estos pueden ser revisados en Anexo 3.

VI RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 3

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

En base a los resultados y lo anteriormente expuesto se reestructuró el Programa de Capacitación, la propuesta tiene el siguiente detalle:

Tabla 24. Tópicos del Módulo Legislación de Aguas.

Modulo Legislación de Aguas	
1 Tópicos	2 Tópicos
Concepto y características Derechos Identificación títulos dominio derechos	Tipos OUA Conformación OUA
Perfeccionamiento de derechos Regularización derechos	Atribuciones OUA Facultades DGA
Cambio puntos ejercicio y captación Solicitud derechos	Amparo judicial de aguas Reforma código de aguas
Declaración agotamiento	Reforma código de aguas

Tabla 25. Tópicos del Módulo Química de Aguas.

Modulo Química de Aguas
1 Tópicos
PH y salinidad de agua interpretación y usos interpretación y usos Calidad de agua para riego Metales Pesados Consecuencia de altos niveles Ejercicios

Tabla 26. Tópicos del Módulo Determinación de Requerimiento Hídrico.

Modulo Requerimiento Hídrico		
1 Tópicos	2 Tópicos	3 Tópicos
Cultivos Balance Energético, transpiración, temperatura Estimación de ET con métodos aerodinámicos Continuación/Ejercicios Ejercicios Ejercicios	ETo Penman-Monteith ETo Correcciones, simplificaciones, advección Eto método FAO tradicional Etc método FAO de dos coeficientes Continuación/Ejercicios Ejercicios Ejercicios	Etc efecto de la disponibilidad de agua en el suelo, correcciones Sensores de agua en el suelo. Virtudes y debilidades. Determinación de la demanda hídrica con el uso de sensores de humedad de suelo. Experiencia práctica. Continuación/Ejercicios Ejercicios Ejercicios

Tabla 27. Tópicos del Módulo Riego Localizado de Alta Frecuencia.

Modulo diseño RLAF		
1 Tópicos	2 Tópicos	3 Tópicos
Caracterización Plano, Perfiles, escala	Diseño Hidráulico	Estimación , diseño y caracterización de cabezal
Caracterización Plano, Perfiles, escala	Diseño Hidráulico	Estimación , diseño y caracterización de cabezal
Diseño agronómico	Diseño Hidráulico	Estimación , diseño y caracterización de cabezal
Diseño Agronómico		Estimación , diseño y caracterización de cabezal
Continuación/Ejercicios Ejercicios	Continuación/Ejercicios Ejercicios	Continuación/Ejercicios Ejercicios
Ejercicios	Ejercicios	Ejercicios

Tabla 28. Tópicos del Módulo Flujo en Canales Abiertos y Estructuras de Acumulación.

Modulo Flujo en Canales Abiertos y Estructuras de Acumulación			
1 Tópicos	2 Tópicos	3 Tópicos	4 Tópicos
Ecuación de Energía	Número de Froude	Flujo Permanente (Manning, Chezy)	Estimación de necesidades para acumulación
Bernoulli/ Energía específica	Caracterización del Flujo Crítico	Estructuras de Control de Flujo	Estimación de necesidades para acumulación
Bernoulli/ Energía específica	Caracterización de flujos	Estructuras de Control de Flujo	Tipos de estructuras de acumulación
Curvas de Control (Energía)	Flujo Permanente (Manning, Chezy)	Estructuras de Control de Flujo	Tipos de estructuras de acumulación
Continuación/Ejercicios Ejercicios	Continuación/Ejercicios Ejercicios	Continuación/Ejercicios Ejercicios	Diseño y cubicación de obras Diseño y cubicación de obras
Ejercicios	Ejercicios	Ejercicios	Ejercicios

VII RESULTADO OBJETIVO ESPECÍFICO 4

1. Módulo: Legislación de Aguas

Fecha realización: 7 y 8 de Marzo de 2018

Profesor: Paula Valenzuela

El módulo de Legislación de Aguas a cargo de la Licenciada en Derecho Paula Valenzuela fue la primera charla del programa de capacitación. A continuación un listado de los temas tratados y material entregado:

- ✓ Derecho de Aprovechamiento de Aguas
- ✓ Derecho de Propiedad
- ✓ Sistema Registral
- ✓ Solicitud de derecho de Aprovechamiento de Aguas
- ✓ Regularizaciones
- ✓ Perfeccionamiento de Derechos
- ✓ Derechos y deberes de los titulares de derechos de Aprovechamiento
- ✓ Tipos de Organizaciones de Usuarios de Aguas
- ✓ Derechos de aguas subterráneas
- ✓ Cambio de punto de captación y punto de ejercicio.
- ✓ Medios de Protección
- ✓ Atribuciones de DGA en fiscalización de obras de riego.
- ✓ Modificaciones al código de agua.

A continuación se presenta diaporama del módulo y lista de asistencia.

Derecho de aprovechamiento de aguas

1. Derecho de aprovechamiento de aguas

* Aguas, bienes nacionales de uso público. Art. 589 CC

"Se llaman bienes nacionales aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda.

Si además su uso pertenece a todos los habitantes de la nación, como el de calles, plazas, puentes y caminos, el mar adyacente y sus playas, se llaman bienes nacionales de uso público o bienes públicos".

Art. 595 CC: "Todas las aguas son bienes nacionales de uso público".

Art. 5 CA: "Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas..."

* Regla general para uso particular bienes nacionales de uso público: CONCESIÓN (plazo, contraprestación)

Derecho de aprovechamiento: derecho real que otorga el Estado a usuarios particulares, recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas (art.6 CA)

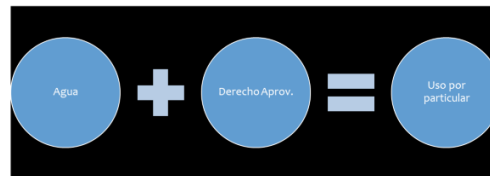
Art. 19 No 24, inciso 11 de la Constitución Política de la República establece que los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos.

Nadie puede, en caso alguno, ser privado de su propiedad, del bien sobre que recae o de alguno de los atributos o facultades esenciales del dominio, sino en virtud de ley general o especial que autorice la expropiación por causa de utilidad pública o de interés nacional, calificada por el legislador.

Derecho de propiedad: contenido esencial es la potencia jurídica que otorga a su titular para gozar y disponer arbitrariamente de la cosa corporal sobre la que tal derecho recae, no siendo contra ley o contra derecho ajeno (art. 582 CC).

Art. 583 CC: "Sobre las cosas incorporales, entre las que se encuentra incluido el derecho de aprovechamiento de aguas, hay también una especie de propiedad".

Derecho real: DERECHO DE PROPIEDAD.



Código de aguas: separación fundamental entre agua y tierra como bienes jurídicos y económicos diversos. Relación agua-persona (registro de titulares: dueños).

Agua y Tierra → **bienes distintos, distintas inscripciones**

Sistema privatista y mercantilista, estableciendo una máxima liberalización y permisividad, al punto de minimizar, en la práctica, la naturaleza jurídica de bien nacional de uso público del agua:

- Fortalecimiento derecho de aprovechamiento de aguas
- Separación del terreno
- Separación del destino/uso
- Autonomía privada en gestión y manejo
- Inexistencia de usos preferentes
- Obligatoriedad constitución si se cumplen requisitos
- Escasa o nula capacidad de planificación por parte del Estado

Es dueño quien tiene inscrito - Derecho vigente

Concepto:

Es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código. El derecho de aprovechamiento sobre las aguas es de dominio de su titular, quien podrá usar, gozar y disponer de él en conformidad a la ley"(Art 6 CA).

Características:

Derecho real, mueble por naturaleza (salvo destinado a uso, cultivo o beneficio de un inmueble), recae sobre un bien nacional de uso público, se expresa en volumen por unidad de tiempo, impone cargas y responsabilidades, es un derecho principal, puede hipotecarse y embargarse, protección derecho de propiedad, concesión de terrenos de dominio público necesarios, facultad de imponer servidumbres necesarias para ejercerlo, constitución originaria por el Estado y gratuita

Clasificación		Aguas:	
· Marítimas	y	terrestres*	
· Superficiales	y	subterráneas	
·		Pluviales	

Elementos esenciales derecho de aprovechamiento:

- Fuente natural desde la que se extraen las aguas
- Caudal o volumen autorizado a extraer
- Tipología o características

Características:

- Uso consuntivo o no consuntivo (desde 1981. Art. 13 y 14 CA. Presunciones art. 313CA)
- Ejercicio permanente o eventual (Art. 16+312 CA y Art. 18 CA)
- Ejercicio continuo, discontinuo o alternado (desde 1981. Art. 19+24 CA; 19 inc 2º CA; 19 inc 3º +24 CA)

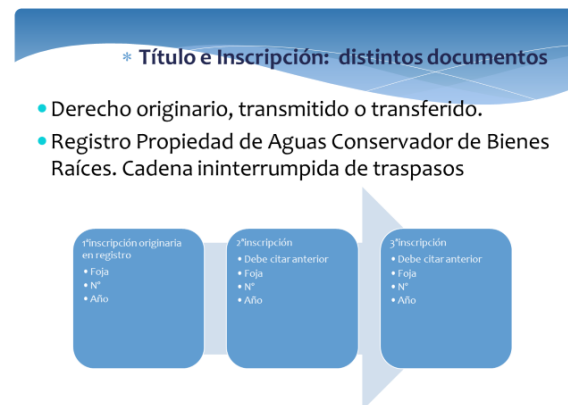
Sistema registral

Título y modo de adquirir: antecedente jurídico y forma jurídica taxativa de incorporar un bien al patrimonio. (2 actos, dos documentos).

- * Títulos diversos: compraventa, cesión de derechos, prescripción adquisitiva, herencia.
- * Modos de adquirir: originarios y derivativos.
 - a) originarios: acto de autoridad, ley, prescripción adquisitiva
 - b) derivativos: sucesión por causa de muerte, tradición

Sistema de inscripción de la propiedad raíz: CBR, Registro de Propiedad de Aguas (competente: lugar en que se encuentre bocatomas del canal matriz en fuente natural o punto de captación).

Análisis documental: Valores probatorios distintos.			
Inscripciones:	Copias	con Copia	vigencia
Escrituras:	Copias		auténticas
públicas	Copias		autorizadas
	Fotocopia		legalizada
Documentos:	Protocolizados	ante	notario
privados	Autorizado	ante Simple	notario
Resoluciones:	Copia	otorgada	por
	Fotocopia		servicio
			autorizada
Otros:	Resoluciones		SAG
	Comunidades		Agrícolas
	Procesos Cora		



3. Solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas

Preparación expediente y presentación solicitud ante DGA:

Artículo 140.- La solicitud para adquirir el derecho de aprovechamiento deberá contener:

- 1.El nombre y demás antecedentes para individualizar al solicitante. El nombre del álveo de las aguas que se necesita aprovechar, su naturaleza, esto es, si son superficiales o subterráneas, corrientes o detenidas, y la provincia en que estén ubicadas o que recorren. Tratándose de aguas subterráneas, se precisará la comuna en que se ubicará la captación y el área de protección que se solicita;
- 2.La cantidad de agua que se necesita extraer, expresada en medidas métricas y de tiempo. Tratándose de aguas subterráneas, deberá indicarse el caudal máximo que se necesita extraer en un instante dado, expresado en medidas métricas y de tiempo, y el volumen total anual que se desea extraer desde el acuífero, expresado en metros cúbicos;

- 3.El o los puntos donde se desea captar el agua. Si la captación se efectúa mediante un embalse o barrera ubicado en el álveo, se entenderá por punto de captación aquél que corresponda a la intersección del nivel de aguas máximas de dicha obra con la corriente natural. En el caso de los derechos no consuntivos, se indicará, además, el punto de restitución de las aguas y la distancia y desnivel entre la captación y la restitución;
4. El modo de extraer las aguas;
- 5.La naturaleza del derecho que se solicita, esto es, si es consuntivo o no consuntivo, de ejercicio permanente o eventual, continuo o discontinuo o alternado con otras personas, y
- 6.En el caso que se solicite, en una o más presentaciones, un volumen de agua superior a las cantidades indicadas en los incisos finales de los artículos 129 bis 4 y 129 bis 5, el solicitante deberá acompañar una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para estos efectos, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen".

- * Publicaciones. Respuestas a eventuales oposiciones
- * Informe técnico DGA
- * Resolución (recurso de reconsideración, recurso de reclamación)
- * Reducción a EP e inscripción en CBR

4. Regularizaciones

1. Genéricos: Herencias
2. Específicas: Artículos transitorios Código de Aguas.
 - * Art. 1º: reconstitución de historia registral (derechos inscritos)
 - * Art. 2º: uso anterior a 1976 (derechos no inscritos)
 - * Art. 5º: predios CORA sin estudio de distribución de derechos-SAG)

* **OJO:** No requieren inscribirse :

- 1) Norias destinadas a uso doméstico. Aplicación varía de acuerdo a la zona en que se ubica la extracción.
- 2) Aguas que nacen y mueren dentro del mismo predio

Regularización	1º	transitorio	CA:
Derechos que alguna vez estuvieron inscritos, interrumpiéndose cadena registral. Permite actualizar a nombre de titular actual, y reconocer los derechos ya adquiridos. Requisitos:			
·Derechos de aprovechamiento de aguas inscritos en el Registro de Aguas			
· En posteriores transferencias o transmisiones no se inscribieron			
Podrán regularizarse mediante la inscripción de los títulos correspondientes desde su actual dueño hasta llegar a la inscripción de la cual proceden. Si CBR se niega, y derechos están vinculados a una OUA el interesado podrá solicitar al Juez que ordene la inscripción al Conservador			
Documentos: copia autorizada de la inscripción de dominio del inmueble en que se aprovechen las aguas, con certificado de vigencia de no más de 30 días de expedido, y comprobantes (ej. recibos de pago de cuotas de la respectiva Asociación de Canalistas o Comunidad de Aguas).			

Regularización	2º	transitorio	CA:
Establece un procedimiento encaminado a regularizar derechos de aprovechamiento no inscritos, como también derechos inscritos a nombre de un tercero, cuando el solicitante ha utilizado estos derechos por un determinado período, cumpliendo también con los demás requisitos establecidos en la ley.			
Requisitos			fundamentales:
a) que las aguas hayan estado siendo utilizadas al menos desde 1976, por personas distintas de los titulares formales del derecho de aprovechamiento			
b) uso debe haber durado más de cinco años, ininterrumpidos y sin reconocer dominio ajeno			
c) no se haya efectuado en forma clandestina o mediante el uso de la violencia.			

Cualquier persona que se sienta perjudicada puede oponerse a la solicitud de regularización. Dicha solicitud se resuelve de acuerdo a un procedimiento mixto, en que interviene la Dirección General de Aguas y el Juzgado Civil competente.

Tramitación	DGA:
·Solicitud (DGA o Gobernación).	
·Publicación días 1 o 15 en DO, diario Santiago y Provincia, y radiodifusión. Plazo fatal 30 días desde presentación	
·Oposición: hasta 30 días desde última publicación.	
·Visita técnica Informe DGA	
·Remisión de antecedentes JL	
·Juicio Sumario: Sentencia	
·Reducción sentencia a EP	
·Inscripción CBR	

Regularización	Art.	5º	transitorio	CA:
Predios expropiados, total o parcialmente, por alguna de las leyes de Reforma Agraria que se aplicaron en el país. Corresponde al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) determinar, en forma proporcional a la extensión regada, los derechos de aprovechamiento de aguas que corresponde a cada predio asignado, a la reserva, a la parte que se ubiese excluido de la expropiación y a las que se hubiese segregado por cualquier causa. Para determinar los derechos de cada cual, el SAG dictará una Resolución y los propietarios de las parcelas y predios comprendidos en dicha Resolución podrán inscribir, a su nombre, los derechos de aprovechamiento establecidos para tales predios, con la sola presentación de la inscripción de dominio del inmueble.				

5. Perfeccionamiento de derechos.

Procedimiento judicial, demandado es DGA. Consiste en dotar de las **características esenciales a derechos inscritos** que no las posean (consuntivo/no consuntivo, etc).

Además, establece la **equivalencia del derecho en litros por segundo**.

CA establece varias presunciones que facilitan la prueba.

Sólo perfeccionado puede inscribirse en el Catastro Público de Aguas de DGA.

6. DERECHOS Y DEBERES DE LOS TITULARES DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUA.

DERECHOS Y DEBERES: CA está construido desde un paradigma específico, dando preponderancia a las aguas superficiales y ordenando el ejercicio de los derechos sobre la participación en una organización particular de titulares de derechos, eminentemente patrimonial.

Tipos de Organizaciones de Usuarios de Aguas



Principales deberes de los titulares:

Artículo 212 del Código de Aguas.

- Asistir a las Juntas de Comuneros. Los inasistentes pagarán una multa siempre que no haya sala. Si los estatutos nada dijeren, la multa será determinada por el directorio;
- Costear la construcción y reparación del dispositivo por el que extraen sus aguas del canal principal; si fueren varios los interesados en el dispositivo, pagarán la obra a prorrata de sus derechos.
- Concurrir a los gastos de mantención de la comunidad, a prorrata de sus derechos, y
- Las demás que impongan los estatutos.
- Responden por todo daño

Principales derechos:

- Recibir la totalidad del agua que le corresponde de acuerdo con los derechos de aprovechamiento que dispone.
- Emitir juicios y votar (voz y voto) en las asambleas generales de comuneros.
- Reclamar ante la directiva de la comunidad, por cualquier problema en que se sienta afectado y que esté relacionado a la organización.
- Proponer ante la comunidad actividades que signifiquen un mejoramiento en el uso del agua o en la administración de la organización.

7. Derechos de aguas subterráneas

Son aguas subterráneas aquellas que están ocultas en el seno de la tierra y no han sido alumbradas

- * Resolución DGA 425 de 2007
- * Exploración y explotación
- * Solicitud: sistema de disponibilidad y preferencia de presentación
- * Zonas de restricción y prohibición
- * Radio de protección. Autorización del afectado
- * Uso doméstico: protección frente a extracciones autorizadas

Explotación:

1. **Derechos por ministerio de la ley:** aguas para bebida y uso doméstico; agua del minero.
 2. **Normas constitucionales:** derecho a desarrollar cualquier actividad económica; derecho a adquirir toda clase de bienes; Estado no puede participar en actividades reservadas generalmente a particulares salvo Ley de Quorum Calificado.
 3. **Requisitos para acceder a la solicitud de constitución:**
 - a) Comprobación de la existencia de las aguas subterráneas
 - b) Disponibilidad de las aguas subterráneas
 - c) Que el interesado presente una solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas a la DGA: comuna captación, coordenadas UTM, caudal máximo instantáneo y volumen total anual, área de protección (RG: 200 m)
- *Prohibición de construir a menos de 200 m
- *Prohibición de constituir derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en sectores próximos a afloramientos

- *Peticionario deberá acreditar el dominio sobre el inmueble donde se encuentra ubicada la extracción, o la autorización de su dueño
- * Informe previo de la Dirección de Fronteras y Límites del Estado*
- *Informe de la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.
- * Casos en que se requiere de un Estudio de Impacto Ambiental
- e) Relación existente entre las aguas subterráneas y las aguas superficiales
4. **Limitaciones a la explotación de aguas subterráneas**
- Reducción temporal del ejercicio de los derechos de aprovechamiento:

DGA, a petición de uno o más afectados, se encuentra facultada para establecer la reducción temporal del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, a prorrata de ellos. Fundamento: explotación de aguas subterráneas por algunos usuarios, ocasiona perjuicios a los otros titulares de derechos.

-Declaración de Art. 63 CA: zonas de prohibición DGA podrá declarar zonas de prohibición para nuevas explotaciones, mediante resolución fundada en la protección del acuífero, publicada en DO. Dará origen a una comunidad de aguas. DGA o particulares interesados.

Finalidades: protección acuífero; protección de contaminación; protección de derechos de aprovechamiento constituidos; no se pueden otorgar nuevos derechos.

Condiciones:

- Descensos generalizados provoquen el agotamiento de algunas zonas del acuífero imposibilitando la extracción de aguas subterráneas de derechos de aprovechamiento existentes
- Recarga del acuífero sea superada, produciendo descensos sostenidos de sus niveles, al grado que provoque reducciones superiores al 5% de volumen almacenado en un plazo de 50 años.
- Afección a los caudales de los cursos de aguas superficiales y vertientes en más de 10% del caudal medio de estiaje, afectando derechos de aprovechamiento existentes.
- Contaminación del acuífero por desplazamiento de aguas contaminadas o de la interfase agua dulce-salada en sectores próximos a aguas salobres, comprometiendo las captaciones existentes.
- Afección al medio ambiente en los sectores protegidos indicados en el

-Áreas de restricción Art. 65 CA: sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que exista el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él. Publicación DO.

Da origen a comunidad de aguas

Finalidad: Carácter preventivo, existe riesgo de sobreexplotación (DGA de oficio o a petición de parte)

Condiciones:

- Delimitarse en forma precisa el sector hidrogeológico que solicita que se declare área de restricción*.
- Antecedentes históricos de explotación de sus obras de captación, que demuestren la conveniencia de restringir el acceso al sector *.
- Descensos generalizados ... (idem)
- Que se produzca afección a los caudales de los cursos de aguas superficiales y vertientes en más de un diez por ciento del caudal medio de estiaje del año con un 85% de probabilidad de excedencia, afectando derechos de aprovechamiento existentes.

Derechos provisionales: 5 años (excepto uso doméstico). Pueden transformarse en definitivos (5 años+sin perjuicio terceros).

TODAS LAS MEDIDAS SE PUEDEN REVERTIR

8. Cambio de punto de captación y punto de ejercicio.

- * Captación para aguas subterráneas, ejercicio para aguas superficiales.
- * Requieren autorización por la DGA. Dentro de misma fuente natural. Puede ser total o parcial.
- * Art. 163 inc 2º: Si la solicitud fuera legalmente procedente, no se afectan derechos de terceros y existe disponibilidad del recurso en el nuevo punto de captación, la Dirección General de Aguas deberá autorizar el traslado.
- * DGA podrá autorizar el cambio del punto de captación de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en un mismo acuífero, siempre que exista disponibilidad del recurso, que no se perjudiquen derechos de terceros.

9. Medios de protección. Procedimientos.

Ejemplos: Extracción Ilegal-intervención De Cauce Natural- cegamiento-servidumbres

- Reclamación Administrativa. Facultades DGA
- Reclamación Judicial: Denuncia, Acusación Penal. Amparo Judicial De Aguas. Juicios Posesorios (Tipo De Procedimiento: Juicio Sumario).

Medios de defensa.

¿Qué hacer cuando le roban su agua o por alguna razón le impiden ejercer su derecho?

Tratar de dejar una constancia del robo o del entorpecimiento causado y del presunto causante, ya sea a través de fotografías, testigos oculares, denuncia a carabineros o mediante la presencia de un notario.

Acudir al celador del canal y en caso que no se cuente con este funcionario, se debe dirigir a la directiva de la comunidad y plantear el problema.

**Prefiera realizar estas constancias por escrito, guardando una copia*

Amparo judicial de aguas

Si un comunero con derecho de aprovechamiento de Aguas o quien goce de la presunción de tener derecho estimare estar siendo perjudicado en el aprovechamiento de sus aguas, por obras o hechos recientes, podrá concurrir ante el juez competente a fin de que se le ampare en su derecho.

La solicitud debe contener la identificación del recurrente, la descripción del problema, el daño que éste causa, los presuntos responsables, las medidas solicitadas y la organización de usuarios a que pertenece el recurrente. Deben acompañarse antecedentes que justifiquen el derecho.

Dentro de 24 horas, el Juez debe ordenar notificar y solicitar informes, disponiendo inspección ocular y si lo estima conveniente, requerir informe de la DGA.

Art. 182 C. de A. :

1. Individualización recurrente.
 2. Entorpecimientos que impiden ejercer el derecho.
 3. Daño.
 4. Presuntos responsables.
 5. Medidas que se solicitan.
 6. OUA a que pertenece el recurrente.
- + antecedentes que justifiquen el derecho de aprovechamiento.



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas

Capacitación 7 de marzo 2018			
Nombre	Firma	Institución o Empresa	Correo electrónico
Jannette Araya			
Sergio Bravo			
Antonio Cruz		POTI	varant24@hotmail.com
Henry Cárcamo			
Kathyna Gunaris			
Iván Huerta		PRODESAL	ihuertac@yahoo.es
Cristian Matus		MASLAB	crisla.matus@maslab.cl
Roger Ibacache		CO-SECONA	ribacache@co-secona.cl
Jaime Mora		POTI y Prodesal	jaime.mora@synta.cl
Carlos Muñoz			
Gustavo Morán			gustavo.agrop@gmail.com
Roberto Nuñez		MH Global	rnunez@mhglobal.cl
Ricardo Sáez		Indep	SAEZ.NAVARRO@GMAIL.COM
Alejandro Tapia		CONSULTOR R.I.	AlejandroTapia@consultorri.cl
Alexis Triviño			
Jorge Trujillo		CHR-Seremi	enranta@trujillo.cl
Hugo Urrutia		SAG	hugo.urrutia@sag.gob.cl
Angélica Vivallo			
Claudio Silva		SAS	claudio.silva@sas.gob.cl

Módulo III: Organizaciones de usuarios de aguas

- * Tipos, características, función de ellas.
- * Aspectos sobre constitución de la organización y su gestión y administración.
- * Deberes y derechos de sus miembros

Tipos, características, función.

- * **Juntas de Vigilancia:** fuente natural
- * **Asociación de Canalistas:** régimen especial adicional, con tramitación que incluye la intervención del Estado
- * **Comunidades de Aguas:** CA regula extensamente. Normas rigen supletoriamente en silencio de Estatutos. Normativa rige también a las otras organizaciones.

Características:

Entidades de carácter enteramente privado que, sin embargo, cumplen funciones públicas: distribuir aguas entre sus miembros; resolver conflictos, desempeñando, a este respecto, una verdadera función jurisdiccional; solicitar el auxilio de la fuerza pública.

- * Se deja poco margen a los interesados para que puedan acordar en los estatutos de la respectiva organización, las normas que estimaren convenientes.

Características:

Autoridad administrativa y, excepcionalmente, la judicial, tienen muy pocas atribuciones. Pueden ejercerlas, excepcionalmente, en períodos de sequía; faltas graves o abusos en la distribución de las aguas o, cuando algún interesado solicita investigar la gestión económica.

- * Los derechos de los miembros se expresan en acciones y, análogamente a lo que ocurre en las sociedades anónimas, cada acción representa una parte alícuota o proporcional de los derechos totales que forman la respectiva organización.

Funciones:

- * Administran las fuentes o cauces sujetas a su competencia
- * Distribuyen las aguas entre sus miembros conforme a derecho
- * Resuelven conflictos entre usuarios o entre estos y la misma organización
- * Toda la gestión del agua que administra pertenece casi en exclusiva a la OUA

Aspectos sobre constitución de la organización.

- * La formalización u organización de una OUA responde al reconocimiento de una realidad preexistente: dos o más personas comparten un cauce u obra en común
- * El proceso de formalización puede ser por vía voluntaria o judicial.
- * Doble registro: CBR y DGA. (Ojo: siempre deben existir inscripciones individuales de dominio).
- * OUA es un ente eminentemente patrimonial, similar a una sociedad por acciones
- * JV: proceso puede iniciarse por vía voluntaria con mayoría absoluta

Vía judicial de formalización:

Requiere solicitud de al menos dos comuneros al JL civil competente. Se tramita como juicio sumario.

- * Comparendo:
 - a.- Quiénes son todos los comuneros.
 - b.- Cuáles son las aguas y las obras comunes.
 - c.- A cuánto ascienden y qué calidad tienen los derechos que a ellos les corresponden en las aguas y en las obras comunes.
 - d.- Aprobar los estatutos por los cuales ha de regirse la C. de A.
 - e.- Designar al primer directorio, el que tiene el carácter de provisional, hasta que se efectúe la primera junta general ordinaria de comuneros.
- * Sentencia: se reduce a EP.
- * Inscripción en DGA y CBR

Aspectos sobre gestión y administración.

- * Órganos de la OUA
- * Principales funciones administrativas como ente: registro de usuarios
- * Facultades de fiscalización DGA: a petición de interesado
 1. En la distribución de las aguas.
 2. En su gestión económica.

Órganos:

1. Asamblea

- * Órgano supremo de administración. Pueden ser ordinarias o extraordinarias.
- * Las **juntas ordinarias** son fundamentales, por cuanto en ellas se toman las decisiones fundamentales relativas a la administración de la C. de A. Así se desprende del artículo 226 del Código de Aguas, que señala entre las materias que son de competencia de las juntas ordinarias de comuneros, la elección del directorio o administradores; la aprobación del presupuesto y de las cuotas que deben aportar los comuneros y de gastos, tanto ordinarios como extraordinarios.
- * Las **juntas extraordinarias**, por su parte, por expresa disposición del artículo 227 del Código de Aguas sólo podrán ocuparse de los asuntos para las cuales han sido convocadas.

Órganos:

2. Directorio

- * Si comuneros son más de cinco. Si, por el contrario, éstos son cinco o menos, se eligen solamente administradores.
- * Artículo 241 del Código de Aguas: atribuciones que se le confieren al directorio tienden a facilitar y permitir que la administración y manejo de la OUA, y que la conservación, mantención y reparación del canal y demás obras sometidas a su jurisdicción, sean ágiles y expeditas.
- * Artículo 210: traslado de punto de ejercicio.

Órganos:

3. Presidente

- * Velar por el cumplimiento de los acuerdos del directorio.
- * Le corresponde la representación extrajudicial de la comunidad.
- * Le corresponde la representación judicial de la comunidad, en la forma que dispone el artículo 8o del Código de Procedimiento Civil.

4. Secretario

- * Actuar como ministro de fe. Título ejecutivo para cobro.
- * Llevar el Registro

Deberes y derechos usuarios.

Artículo 212 del Código de Aguas.

- * Asistir a las Juntas de Comuneros. Los inasistentes pagarán una multa siempre que no haya sala. Si los estatutos nada dijeren, la multa será determinada por el directorio;
- * Costear la construcción y reparación del dispositivo por el que extraen sus aguas del canal principal; si fueren varios los interesados en el dispositivo, pagarán la obra a prorrata de sus derechos.
- * Concurrir a los gastos de mantención de la comunidad, a prorrata de sus derechos, y
- * Las demás que impongan los estatutos.
- * Responden por todo daño

Deberes y derechos.

Recibir la totalidad del agua que le corresponde de acuerdo con los derechos de aprovechamiento que dispone.

- * Emitir juicios y votar (voz y voto) en las asambleas generales de comuneros.
- * Reclamar ante la directiva de la comunidad, por cualquier problema en que se sienta afectado y que esté relacionado a la organización.
- * Proponer ante la comunidad actividades que signifiquen un mejoramiento en el uso del agua o en la administración de la organización.

Módulo IV: Atribuciones de DGA en fiscalización de obras de riego.

- * Vigilancia de las obras de toma en cauces naturales con el objeto de evitar perjuicio en las obras de defensa, inundaciones o el aumento del riesgo de futuras crecidas. Puede también, ordenar que las bocatomas de los canales permanezcan cerradas ante el peligro de grandes avenidas (artículos 304 y 306). Podrá igualmente adoptar dichas medidas cuando por el manejo de las obras indicadas se ponga en peligro la vida o bienes de terceros.

Con tal objeto podrá ordenar también la construcción de las compuertas de cierre y descarga a que se refiere el artículo 38

Atribuciones de DGA:

Exigir la instalación de sistemas de medida en las obras de captación de aguas subterráneas y requerir la información que se obtenga (artículo 68 del Código de Aguas).

- * Inspeccionar las obras hidráulicas mayores y establecer normas de operación transitorias o permanentes en aquellos casos en que el deterioro o destrucción de dichas obras pueda afectar a terceros (artículo 307 del Código de Aguas).

Atribuciones de DGA:

Ordenar la modificación o demolición de las obras que entorpezcan el libre escurrimiento de las aguas o signifiquen peligro para la vida o salud de los habitantes, cuando hayan sido construidas sin la autorización de la autoridad (art. 172).

- * Aprobar los proyectos de las modificaciones que personas naturales o jurídicas desearan efectuar en cauces naturales o artificiales (artículos 41, 171 y 172 del Código de Aguas).

Atribuciones de DGA:

- * Exigir a los propietarios de los canales la construcción de las obras necesarias para proteger caminos, poblaciones u otros terrenos de interés general, de los desbordamientos que sean imputables a defectos de construcción o mala operación de ellos (artículos 305 y 306 del Código de Aguas).

Atribuciones de DGA:

- Exigir a las organizaciones de usuarios o al propietario exclusivo de un acueducto que extraiga aguas de una corriente natural, la construcción de bocatomas con compuerta de cierre y descarga y un canal que permita devolver las aguas o su exceso al cauce de origen, además de los dispositivos que permitan controlar y aforar el agua que se extrae (artículo 38 del Código de Aguas).
- * Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación (artículo 299, letra c) del Código de Aguas).

Atribuciones de DGA:

- * Supervigilar el funcionamiento de las juntas de vigilancia (art. 299, letra d) del Código de Aguas).
- * Supervigilar el funcionamiento de las organizaciones de usuarios a que se refiere el Código de Aguas (artículos 283 a 293 del Código de Aguas).

Módulo V: Modificaciones al Código de Aguas.

- * Etapas de tramitación del proyecto. Estado actual.
- * Ejes temáticos. Principales propuestas.
- * Discusiones actores relevantes.
- * Principales críticas.

Etapas de tramitación y estado actual.

- * Iniciativa de ley: mensaje o moción.
- * Urgencias
- * Discusión parlamentaria: primer trámite constitucional, 2º, 3º, etc.
- 1. Cámara de origen:
 - ① Comisiones
 - ① Cuenta
 - ① Indicaciones
 - ① Votación en sala: general o particular. Reserva de constitucionalidad.
- 2. Cámara revisora:
 - ① Comisiones, etc...
- * Aprobación. Posibilidad de veto. Tribunal constitucional.
- * Promulgación y publicación.

Actualmente:

- * Segundo trámite constitucional. Senado.
- * Suma urgencia.
- * Comisiones: Recursos hídricos, desertificación y sequía; Constitución, Legislación, Justicia y Reglamento

Ejes temáticos. Principales propuestas.

CA 1981: Sistema privatista y mercantilista, estableciendo una máxima liberalización y permisividad, al punto de minimizar, en la práctica, la naturaleza jurídica de bien nacional de uso público del agua:

- Fortalecimiento derecho de aprovechamiento de aguas
- Separación del terreno
- Separación del destino/uso
- Autonomía privada en gestión y manejo
- Inexistencia de usos preferentes
- Obligatoriedad constitución si se cumplen requisitos
- Escasa o nula capacidad de planificación por parte del Estado

Propuestas principales:

Agua como bien nacional de uso público y se consigna el derecho humano

- * Se cambia la categoría de derechos de aprovechamiento de aguas perpetuos a concesiones temporales de 30 años para derechos consuntivos y 20 años para derechos no consuntivos
- * Prelación de usos del agua en situaciones de escasez, que hace primar el consumo humano y saneamiento, la preservación ecosistémica y las actividades de subsistencia (importancia del uso en transferencias)
- * Caducidad derechos de aprovechamiento “ociosos”

Discusiones actores relevantes.

- * Orientación “expropiatoria”
- * Falta de certeza jurídica
- * Agua en Chile no es privada
- * Beneficio de sectores económicos por sobre otros: sanitarias y minería
- * Desde la agricultura:
 - * Pérdida de valor de terrenos agrícolas
 - * Dificultad de financiamiento.
 - * Razón: falta de certeza jurídica y pérdida de relevancia como propiedad del derecho de aprovechamiento

Principales críticas.

No se altera lo medular del modelo de gestión del agua que rige en nuestro país: carácter privado y mercantil. Art. 19 N° 24 de la Constitución no se modifica

- * **Reforma no será retroactiva**, por lo que registrará solo en los derechos que quedan por otorgar (10% de las aguas disponibles, posibilidad de reserva mínima). No soluciona sobreexplotación y sobreotorgamiento.
- * Prelación de usos del agua en situaciones de escasez, tiene poca validez si **infraestructura y tecnología están concentradas en las grandes empresas** de los distintos rubros.
- * Caducar derechos de aprovechamiento “ociosos” busca incentivar las transacciones de derechos de agua hacia usos efectivos: principal objetivo sería **perfeccionar el mercado del agua**, cerrando la posibilidad a un modelo distinto de gestión integrada del recurso.



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas

Capacitación 8 de marzo 2018			
Nombre	Firma	Institución o Empresa	Correo electrónico
Jannette Araya		Indap	jaraaya@indap.cl
Sergio Bravo			
Antonio Cruz		PDTI	varant2@hotmanil.com
Henry Cárcamo			
Kathyna Gunaris			
Iván Huerta		MODESA	ihuerta@paho.es
Cristian Matus		MH Global	Cristian.Matus@mhglobal.cl
Roger Ibacache			
Jaime Mora		PDTI y Redish	jaime.mora@YMAEIR4.cl
Carlos Muñoz			
Gustavo Morán			gustavo.moran@gmail.com
Roberto Nuñez		MH Global	roberto.nunez@mhglobal.cl
Ricardo Sáez		Trabajo	RSABEZ@MAYCL
Alejandro Tapia		Consultor	alejandro.tapia@gmail.com
Alexis Triviño			
Jorge Trujillo		CHC-Jeremi	cnr2mhfapata@gmail.com
Hugo Urrutia		S&S	hugo.urrutia@say.gov.cl
Angélica Vivallo			
Claudia Pérez	Claudia	Fundación Agraria	perezquiver@gmail.com
Claudia Silva		S&S	Claudia.Silva@say.gov.cl

2. Módulo: Química de Aguas

Fecha realización: 9 Marzo de 2018

Profesor: Yasna Tapia

En este módulo la profesora Dra. Yasna Tapia desarrolló los temas que se enuncian a continuación:

- ✓ pH y Salinidad del agua
- ✓ El origen de las sales disueltas en el agua
- ✓ Calidad de agua de riego
- ✓ Calidad química del agua
- ✓ Propiedades físicas y químicas de los suelos
- ✓ Cationes y aniones comúnmente presentes en el agua
- ✓ Metales en el agua
- ✓ Infiltración
- ✓ Toxicidad
- ✓ Consecuencia de los niveles altos de metales pesados para la salud humana y las plantas
- ✓ Índice de Scott

A continuación se presenta diaporama del módulo y lista de asistencia.



Química de Aguas

Yasna Tapia Fernández
Ing. Alimentos, Dra. Química Agrícola
yasnatapiafernandez@uchile.cl

Calama, 09 de marzo 2018

Contenido

- pH y salinidad de agua
- Calidad de agua de riego
- Metales en el agua. Consecuencia de niveles altos para salud humana y las plantas.

Calidad agronómica del agua

La evaluación de la calidad de un agua para riego se basa inicialmente en su composición química.

Debido a que los problemas que se pueden presentar en los suelos de regadío no se deben exclusivamente a la composición química del agua, se utiliza el concepto de calidad agronómica del agua que tiene en cuenta las interacciones agua-suelo (Porta et al., 2003).



Problemas relacionados con la calidad del agua de riego

- El principal problema relacionado con la calidad del agua de riego es la salinidad del agua. La salinidad del agua se refiere a la cantidad total de sales disueltas en el agua.

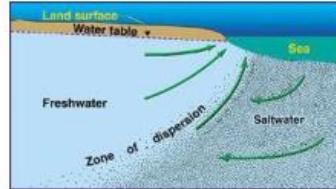
El nivel alto de sales en el agua de riego reduce la disponibilidad del agua para el cultivo (debido a la presión osmótica) y causa la reducción del rendimiento.

Por encima de cierto umbral, la reducción en el rendimiento de los cultivos es proporcional al aumento en el nivel de salinidad. Los distintos cultivos varían en su tolerancia a la salinidad y por tanto tienen diferentes umbrales y diferentes tasas de reducción del rendimiento.

El origen de las sales disueltas en el agua de riego

La principal fuente natural de las sales minerales en el agua es:

- Meteorización de las rocas y minerales
- Otras fuentes secundarias incluyen
 - Deposition atmosférica de sales oceánicas y sales del agua de lluvia
 - Aumento de la intrusión de agua de mar en los acuíferos de las aguas subterráneas
 - Productos químicos de fertilizantes, que lixivian a las fuentes de agua subterránea.



Características a considerar para evaluar la calidad del agua de riego

1. Calidad química del agua:

- Conductividad eléctrica y pH
- Contenido de cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ (relación de adsorción de sodio: SAR)
- Contenido de aniones: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}

2. Propiedades físicas y químicas de los suelos

- Textura, conductividad hidráulica, morfología del perfil
- pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, SAR, Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

3. Cultivo

- Tolerancia a la salinidad, al sodio y a elementos tóxicos de los cultivos.

4. Clima

- Precipitaciones: distribución anual
- Evapotranspiración
- Vientos dominantes en la zona

5. Método de riego y manejo de agua

- De gran importancia, en especial si se requiere una fracción de esta agua para el lavado de sales o de requerimiento para la lixiviación.

6. Condiciones de drenaje

Los excedentes de agua después de un lavado requieren un buen drenaje para evitar que las sales se acumulen en la zona de la raíz. Por lo tanto, el manejo del riego y el drenaje deben ser tratado en forma conjunta.

Riesgos en el agua de riego

Los riesgos más comunes, según los cuales se evalúan los efectos de la calidad del agua para uso agrícola están relacionados con:

1. Salinidad (conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales)
2. Problemas de infiltración (indicador: SAR)
3. Toxicidad de iones específicos (boro, cloruros)
4. Contaminación biológica



CATIONES Y ANIONES PRESENTES COMUNMENTE EN EL AGUA

• Cationes

- Calcio (Ca^{2+})
- Sodio (Na^+)
- Magnesio (Mg^{2+})
- Potasio (K^+)

• Aniones

- Cloruro (Cl^-)
- Sulfato (SO_4^{2-})
- Bicarbonato (HCO_3^-)
- Carbonato (CO_3^{2-})

2. Infiltración

Las características químicas que influyen en la infiltración del agua en el suelo son:

a) El contenido de sales

b) El contenido de sodio en relación a las concentraciones presentes de calcio y magnesio.

Los problemas más frecuentes relacionados con una baja infiltración suelen producirse cuando el sodio se incorpora al suelo y deteriora su estructura; los agregados del suelo se dispersan en partículas pequeñas que tapan o sellan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad.

3. Toxicidad de iones específicos en el agua de riego

Los problemas de toxicidad en las plantas se deben a la absorción y acumulación de iones como Cl, Na y B.

En las plantas pueden producir daños como quemaduras foliares, necrosis, defoliación, corrugación foliar, manchas foliares y reducción de rendimientos de cultivo.

El riego por aspersión con aguas salinas puede complicar debido a que el Na y Cl se pueden absorber a través de las hojas.



Salt (sodium) toxicity thickens and scorches leaf margins. Photo credit: Peter Magawir

3. Toxicidad de iones específicos en el agua de riego

Situaciones especiales incluyen alta concentración de nitratos y amonio en las aguas de riego, que pueden causar excesivo desarrollo vegetativo o detenimiento o retraso en la madurez.

Caso de nitratos y fosfatos en las aguas

Nitratos. Preocupación mundial por el aumento de niveles de nitratos en las aguas. Los nitratos puede formar nitritos, que con otros compuestos aminados forma nitrosaminas, compuestos altamente cancerígenos. El nivel límite normado en agua potable de nitratos es de hasta 10 mg/L

Fosfatos. Preocupación por su daño a los ecosistemas acuáticos al causar fenómeno denominado eutrofización causado por el excesivo crecimiento de algas, disminución de oxígeno y luz y el desarrollo de microorganismos anaeróbicos. El nivel límite normado en agua potable es de menor a 10 mg/L



Laguna Sausalito, Chile, 2012



Lago Rapel, Chile



Clase de agua según la concentración de boro y límites tolerables por las plantas en el agua de riego

Clase respecto al boro	Cultivos sensibles mg L ⁻¹	Cultivos semitolerantes mg L ⁻¹	Cultivos tolerantes mg L ⁻¹
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

U.S. Salinity Laboratory, 1954

Norma Chilena Oficial Nch 1333.0f78 respecto a concentraciones máximas de elementos químicos en las aguas de riego

NCh1333

Tabla 1 - Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego

Elemento	Unidad	Límite máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Borilo (Br)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cianuro (C)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (litrato)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na ₂ O)	%	35,00
Sulfato (SO ₄)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

$$\text{Sodio porcentual } Na (\%) = \frac{Na}{Na + Ca + Mg + K} \times 100 \quad \text{Unidades en mmol L}^{-1}$$

4. Contaminantes biológicos

Es de vital importancia incluir análisis biológicos cuando se utilizan aguas residuales para el riego.

Entre los microorganismos patógenos que se pueden encontrar en las aguas están los protozoos, bacterias, hongos, algas y virus.

Nch 1333 (Norma Chilena)

El agua de riego utilizada en el cultivo de verduras y frutas que se desarrollen a ras de suelo o que sean regadas por aspersión y que habitualmente se consumen en estado crudo no deben contener más de 1000 coliformes fecales/100 mL, aceptándose una tolerancia de un 20% de muestras que sobrepasen este valor, en un mínimo de 5 muestras consecutivas distribuidas durante un periodo de 30 días.



<http://www.prensa.de/imagenes-de-noticias-de-hoy/>

Indicadores de la calidad de aguas para riego

- Salinidad: para evaluar la salinidad del agua se utiliza:

1. Determinación de sólidos totales disueltos, salinidad total (mg L^{-1} o g L^{-1}) TSD

2. Conductividad eléctrica (dS m^{-1})

- Infiltración:

- Radio o relación de adsorción de sodio (RAS)

- Carbonato sódico residual (CSR)

- Relación Ca y Mg en el agua (dureza)

- Índice de Scott (coeficiente alcalimétrico)

1. Sólidos totales disueltos en el agua (TDS) mg L^{-1}

El término TDS describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular, que contienen los líquidos.

La TDS y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionadas. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica.

La determinación en laboratorio de sólidos disueltos totales se basa en filtrar un volumen de agua conocido para luego evaporarlo a 105°C , hasta que alcance un peso constante. Se pesa el residuo filtrable que permanece luego de la evaporación. Dicho valor representa la concentración de sólidos disueltos totales.

TSD = sales disueltas + sólidos en suspensión

Sales disueltas = $CE \times 0.64$

- Sales disueltas (g L^{-1})

- CE = Conductividad eléctrica (dS m^{-1})



2. Conductividad eléctrica del agua

La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí.

El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo, el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad.

En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad. Todos los valores de conductividad están referidos a una temperatura de referencia de 25°C .

Equivalencias

$\text{dS/m} = \text{mS/cm}$

$\text{dS/m} = 100 \text{ mS/m}$

$\text{mS/cm} = 1000 \mu\text{S/cm}$



Conductividad eléctrica de distintas aguas

Tipo de agua	Coductividad eléctrica dS m ⁻¹ 25°C
Agua pura	0,00004
Agua destilada	0,0005-0,0050
Agua de lluvia	0,005-0,05
Agua potable	<2,5
Aguas salinas	2,5-20
Agua de mar	45-55

<http://www.emsa.cl/web/agua-calidad-contaminacion-12/parametros-fisico-quimicos/aguas-conductividad-temperatura>

Agua para análisis químicos 0,002 dS m⁻¹ = 2 μS cm

Norma Chilena Oficial Nch 1333.0f78 respecto a conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos en agua de riego

NCh1333

Tabla 2 - Clasificación de aguas para riego según su salinidad

Clasificación	Conductividad específica, c, μ mhos/cm a 25°C	Sólidos disueltos totales, s, mg/l a 105°C
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales	c ≤ 750	s ≤ 500
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	750 < c ≤ 1 500	500 < s ≤ 1 000
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos	1 500 < c ≤ 3 000	1 000 < s ≤ 2 000
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos	3 000 < c ≤ 7 500	2 000 < s ≤ 5 000

1000 micromho/cm = 1 dS/m

RAS: relación de adsorción de sodio

Se refiere concentración de sodio en el agua de riego en relación a los iones calcio y magnesio

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ : concentraciones en mmol/L en el agua de riego

Importancia del pH. Distribución de la especies H_2CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} en sistemas acuosos

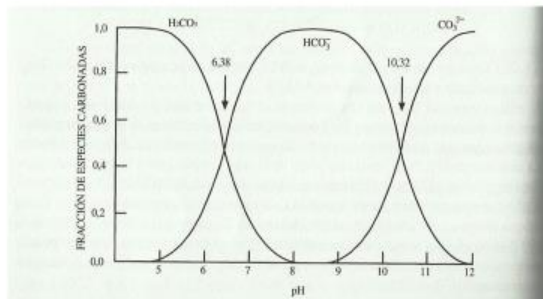
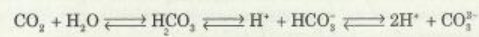


Figura 2.12. Distribución de H_2CO_3 , HCO_3^- y CO_3^{2-} según variación de pH, para la reacción de CO_2 con agua.

Trangbala, 1999



Contenido de Ca y Mg en aguas

Un índice relacionado con la concentración de Ca y Mg en las aguas es el llamado grado de dureza (Catalán et al., 2000)

En general las aguas con alto grado de dureza son recomendables para el riego de suelos sódicos.

La unidad que expresa la dureza se denomina hidrotimétricos franceses y se calcula:

$$\text{Dureza} = \frac{2.5\text{Ca} + 4.12\text{Mg}}{10}$$

(Catalán et al., 2000)

Donde la concentración de Ca y Mg están expresadas en mg L^{-1}

Índice de la concentración de Ca y Mg en aguas

Clasificación de aguas de riego según grados hidrotimétricos franceses

Tipo de agua	Grados hidrotimétricos franceses
Muy blanda	Menor de 7
Blanda	7 - 14
Semiblanda	14 - 22
Semidura	22 - 32
Dura	32 - 54
Muy dura	Más de 54

(Catalán et al., 2000)

Índice de Scott

El coeficiente alcalimétrico o índice de Scott (K) valora la calidad del agua en función de las concentraciones de cloruros, sulfato y sodio.

El índice K representa la altura en pulgadas (1 pulgada=2,4 cm) que después de la evaporación dejaría el suelo de cuatro pies de espesor (1 pie = 30,48 cm) una concentración de sales que imposibilitan el desarrollo normal de las especies más sensibles.

Índice de Scott	
(mmol e L^{-1})	mg/l
1.º caso: $\text{Cl}^- \geq \text{Na}^+$	$K_1 = \frac{2\,040}{\text{Cl}^-}$
2.º caso: $\text{Cl}^- < \text{Na}^+ \leq (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$	$K_2 = \frac{6\,620}{2,6 \text{ Cl}^- + \text{Na}^+}$
3.º caso: $\text{Na}^+ > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$	$K_3 = \frac{662}{\text{Na}^+ - 0,32 \text{ Cl}^- - 0,43 \text{ SO}_4^{2-}}$

Cadefra et al., 2000

Interpretación del Índice de Scott

- $K_1 \geq 18$ *Agua buena:* No es necesario tomar precauciones.
- $6 \leq K_1 < 18$ *Agua tolerable:* Emplear con precauciones.
- $1,2 \leq K_1 < 6$ *Agua peligrosa:* Emplear solamente en suelos con muy buenas condiciones de drenaje
- $K_1 < 1,2$ *Agua no utilizable.*

Cadefra et al., 2000

El peligro de sodificación del suelo por acción del agua de riego se puede evitar:

–Pre-tratando el agua con yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) u otra fuente de Ca soluble, o

–Aumentando frecuencia del riego





**Directrices para interpretar la calidad de las aguas para el riego
(Universidad de California 1974, FAO 1988)**

Problema Potencial		Unidades	Grado de restricción de uso		
			Ninguna	Ligera a Moderada	Severo
Salinidad					
CE		dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
TDS		mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltración (RAS, CE)					
RAS =	0 – 3 y CE =	dS/m	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
=	3 – 6 y CE =	dS/m	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
=	6 – 12 y CE =	dS/m	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
=	12 – 20 y CE =	dS/m	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
=	20 – 40 y CE =	dS/m	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidad de Iones Específicos (afecta cultivos sensibles)					
Sodio (Na)					
	riego por superficie	mmol _c L ⁻¹	< 3	3 – 9	> 9
	riego por aspersión	mmol _c L ⁻¹	< 3	> 3	-
Cloro (Cl)					
	riego por superficie	mmol _c L ⁻¹	< 4	4 – 10	> 10
	riego por aspersión	mmol _c L ⁻¹	< 3	> 3	-
Boro (B)		mg/l	< 0,7	0,7 – 3	> 3
pH			Rango normal: 6,5 – 8,4		

Metales en aguas

Metales traza más estudiados : Cd, Cu, Cr, Hg, Mn, Ni, Pb y Zn

Metaloides : As y Se

Características de los elementos traza metálicos

-Baja concentración. Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%.

- Presentan toxicidad

- Acumulativos

Elementos traza metálicos y metaloides como micronutrientes para plantas y animales

Elementos traza metálicos que son oligoelementos o micronutrientes, son requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza **por plantas y animales**. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Dentro de este grupo están: Cu, Mn, Mo, Ni y Zn. En algunas plantas y animales son micronutrientes: Cr, Se. (el As en algunos organismos marinos)

Elementos traza metálicos **sin función biológica conocida**, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejadas disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son, principalmente: **As, Cd, Hg y Pb**.

1. Origen de los metales en suelos y aguas

-Origen natural

-Origen antrópico



Contaminación de suelos Plomo (España)

- Origen natural de los elementos traza metálicos

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo por elementos traza metálicos, debida principalmente a:

1. **Procesos de meteorización**. Transformación parcial o total de las rocas y minerales de las rocas al entrar en contacto con la atmósfera para dar origen al suelo.

Relacionada con la composición de la rocas (origen litológico).



arsenopirita



Colapinita

2. Erupciones volcánicas

Un volcán activo puede aportar mayores cantidades de sustancias externas y contaminantes, como cenizas, elementos traza metálicos, H^+ y SO_4^{2-} , que varias centrales térmicas de carbón.



San Pedro y San Pablo, ChiuChiu, 2012



Chaiten, 2008

- Contaminación de origen antrópico

El contenido de elementos traza metálicos en suelos y aguas, debería ser únicamente función de la composición del material original y de los procesos edafogénicos que dan lugar al suelo. Pero la actividad humana incrementa el contenido de estos metales en el suelo en cantidades considerables, siendo esta, sin duda, la causa más frecuente de las concentraciones tóxicas.

Fuentes de ETM: Actividades agrícolas, mineras, generación de energía eléctrica, actividades industriales y residuos domésticos (lodos de depuradora de aguas).



Relaves mineros, Chuquibambilla



Codeico, Ventanas

Elementos químicos en aguas para riego

La Norma chilena de agua para diferentes usos (riego): (NCh 1333. Of78)

Elemento	Unidad	Límite máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (citrícos)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato ($SO_4 =$)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Arsénico	Exposición prolongada puede causar lesiones en la piel, cáncer a la piel, cáncer de vejiga, cáncer de pulmón, efectos neurológicos, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, enfermedades pulmonares, enfermedad vascular periférica y diabetes mellitus.	La absorción excesiva es tóxica para las plantas. Reacciona con varias enzimas, interrumpiendo el flujo de energía celular e inhibiendo el crecimiento de raíces.
Cadmio	Es tóxico para el riñón, causando insuficiencia renal con el tiempo. Puede causar desmineralización ósea. Su presencia en sangre y orina se ha asociado con enfermedades cardiovasculares, incluyendo infartos al miocardio, accidentes cerebrovasculares, insuficiencia cardíaca e hipertensión.	Tiene un efecto tóxico en el metabolismo de las plantas. Reduce los niveles de ascorbato y glutatión, inhibe la formación de clorofila y fotosíntesis, perturba la permeabilidad de las membranas celulares. Puede retardar el crecimiento, producir daño a raíces, causar clorosis.
Cobre	El cobre es un elemento necesario en la nutrición humana, debido a su importancia en el metabolismo del hierro y formación de células sanguíneas, además de ser componente de varias enzimas y proteínas. En animales se ha reportado que el consumo en exceso de cobre puede causar envenenamiento. Sin embargo, la toxicidad en humanos es poco común.	Es un metal esencial para las plantas y tiene un rol en varios procesos fisiológicos, tales como respiración, fotosíntesis, metabolismo de proteínas, entre otros. La mayoría de las plantas son tolerantes a altas concentraciones de cobre. Sin embargo, en exceso puede ser tóxico, causando disminución de la eficiencia fotosintética, daño al ADN y daño en la permeabilidad de las membranas celulares, entre otros síntomas.

38

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Cromo	El cromo se considera un elemento esencial para los seres humanos, ya que participa en varios procesos metabólicos. Sin embargo, se ha demostrado que en su forma oxidada (Cr+6) representa un riesgo significativo, pudiendo causar cáncer de pulmón o producir efectos sobre la piel y mucosas. También se han observado enfermedades del tracto respiratorio.	El efecto fitotóxico del cromo ha sido observado y descrito por varios autores. El exceso de cromo afecta la formación de proteínas, debido a la alteración en el metabolismo del nitrógeno, además de disminuir los procesos fotosintéticos.
Manganeso	Es un mineral esencial, siendo componente y activador de diversas enzimas. La sobreexposición a manganeso puede causar efectos adversos en la salud, siendo relacionado con desórdenes neurodegenerativos, tales como Alzheimer, Parkinson, esclerosis lateral amiotrófica y manganismo.	Es un elemento esencial para las plantas, siendo importante debido a su participación en procesos de oxido-reducción. Es componente de las enzimas arginasa y fosfotransferasa, y tiene un importante rol en la fotosíntesis. Las plantas pueden tolerar altas concentraciones de manganeso en el suelo. Un exceso de manganeso puede ser tóxico, produciendo manchas marrones en hojas y pardeamiento de raíces.
Molibdeno	Es un elemento esencial, siendo relativamente baja la toxicidad en humanos. Sin embargo, una prolongada exposición a molibdeno puede causar irritación de ojos y piel, dolores articulares, dolores de espalda y dolores de cabeza.	Es un elemento esencial para las plantas, aunque el requerimiento de este elemento es relativamente bajo. Es componente esencial de varias enzimas, tales como nitrato reductasa, xantina deshidrogenasa, entre otras. En altas concentraciones puede ser tóxico, provocando coloración rojiza de los márgenes de la hoja.

39

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Níquel	La exposición a altos niveles puede causar efectos adversos para la salud. Exposición aguda a níquel se ha asociado con trastornos gastrointestinales, alteración de la visión, dolor de cabeza, mareos y otros síntomas.	No hay evidencia que indique un rol esencial en el metabolismo de las plantas, aunque se ha sugerido que puede ser necesitado. Es considerado esencial para leguminosas, participando en el metabolismo de la ureasa. Un exceso de níquel puede retardar la absorción de nutrientes, procesos metabólicos y el desarrollo radical. En leguminosas, los procesos de fotosíntesis y transpiración, así como también la fijación de nitrógeno puede ser inhibida.
Plomo	La mayoría de los casos de intoxicación por plomo se deben a la ingestión oral y absorción a través del intestino. El sistema nervioso central es el principal órgano afectado por el plomo. En niños, la ingestión de plomo desde el ambiente se ha relacionado con una inteligencia reducida y deterioro en la función motora, siendo más vulnerables, en comparación con adultos, a los efectos tóxicos del plomo.	Es un elemento no esencial para las plantas. Bajas concentraciones de plomo pueden inhibir algunos procesos vitales, siendo altamente tóxico para las plantas. El exceso de plomo conduce a una inhibición de la biosíntesis de clorofila, disminución en la producción de biomasa y una menor elongación de brotes y raíces.
Zinc	El zinc es uno de los elementos traza más abundantes en humanos. Tiene un rol catalítico y estructural en enzimas, así como también en otras proteínas y biomembranas. Un exceso de zinc puede provocar una disminución en la absorción de cobre. En incidentes de intoxicación por zinc se ha observado malestar gastrointestinal, náuseas y diarrea.	Es un elemento esencial para las plantas. Las funciones del zinc están relacionadas con el metabolismo de varios compuestos: proteínas, carbohidratos, fosfatos, ribosomas y RNA. Además, promueve hormonas de crecimiento y la formación de almidón. En altas concentraciones son tóxicas, causando lesiones necróticas en hojas y afectando el crecimiento radical.

40



Química de Aguas para riego

Yasna Tapia Fernández
Ing. Alimentos, Dra. Química Agrícola
yasnatapiafernandez@uchile.cl

Calama, 09 de marzo 2018

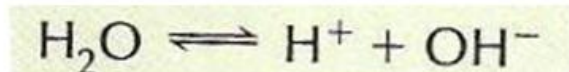


Contenido

- pH y salinidad de agua
- Calidad de agua de riego
- Metales en el agua. Consecuencias de niveles altos para salud humana y de las plantas.

Concepto de pH

Si un medio (aguas, suelos) es **ácido, neutro o alcalino** se determina por la concentración comparativa de iones H^+ y OH^- .



El pH: potencial de H

$$pH = -\log [H^+]$$

Introducción

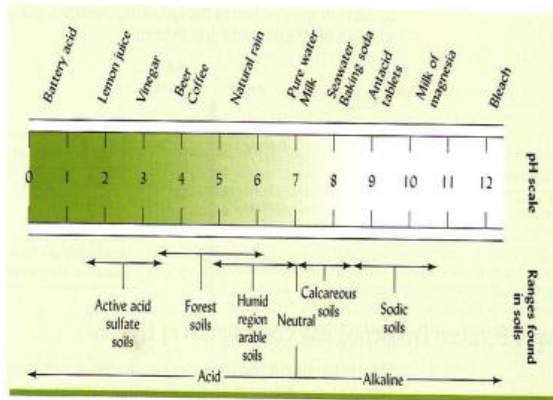
1. Alcalinidad: Predominio de iones hidroxilos (OH^-) sobre los iones hidrógeno (H^+)

2. Acidez: Predominio de iones H^+ sobre los iones OH^- .

El grado de alcalinidad es expresado como $pH > 7.0$

El grado de acidez es expresado como $pH < 7.0$

pH de sustancias comunes comparado con el pH de varios tipos de suelos



Source: APB, 2000.

Importancia del pH en las aguas

- Para los agricultores el pH, es el principal factor que influye en el buen crecimiento de la planta.
- El pH es el principal factor que influye en la absorción por parte de las plantas de varios elementos incluyendo macronutrientes, metales traza y toxinas; y también afecta la actividad de los microorganismos.
- El pH del medio puede estimar la probabilidad de contaminación del suelo, agua y la cadena alimentaria. **El pH natural de las aguas está entorno al neutro a alcalino.**
- Las comunidades de plantas que dominan un paisaje en condiciones naturales es a menudo el **reflejo del pH del agua-suelo.**

Salinidad. Conductividad eléctrica del agua.

La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí.

El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo, el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad.

- Conductividad eléctrica : indicador de salinidad

Sales {

- Contenido de cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ ,
- Contenido de aniones : Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , B(OH)_4^-

- **Cationes**
 - Calcio (Ca^{2+})
 - Sodio (Na^+)
 - Magnesio (Mg^{2+})
 - Potasio (K^+)
- **Aniones**
 - Cloruro (Cl^-)
 - Sulfato (SO_4^{2-})
 - Bicarbonato (HCO_3^-)
 - Carbonato (CO_3^{2-})

Sales solubles comunes presentes en aguas y suelos

a) **Cloruros (de Na, Mg, Ca, K)** : junto con los sulfatos son los responsables más frecuentes de la formación de suelos salinos, de las propiedades que éstos presentan y del estrés sobre las plantas. Los cloruros son sales muy solubles y con una toxicidad alta.

Cloruro de sodio

A close-up photograph showing a person's hand touching a dry, cracked, and light-colored soil surface, illustrating the effects of salinity. The soil is heavily fissured into irregular polygonal shapes, and the hand is positioned on the left side of the frame, with fingers spread across the cracks.

<https://www.k12.sd.us/601/teachers/jean000/jean000005.htm>

b) Sulfatos (de Na, Mg, K):

Sulfato de sodio

Sulfato de magnesio

Sulfato de potasio

Sulfato de calcio (yeso) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Constituye la forma más común de sulfatos y de solubilidad relativamente alta en aguas y en suelos. Se encuentra en condiciones de semiaridez y aridez. El yeso puede provenir de depósitos sedimentarios o de precipitación durante el proceso de salinización.

Carbonato de calcio (calcita) CaCO_3

Es poco soluble en agua pura, pero se disuelven fácilmente en agua que contenga anhídrido carbónico (CO_2).

Debido a la variabilidad de actividad biológica en el suelo, existen cantidades variables de CO_2 el cual facilita la movilización y disolución de carbonatos.

En general el agua tiende a tener cierta alcalinidad debido a la disolución del carbonato de calcio, y la acidez no es común, excepto en caso de contaminación severa.

La acidez en el agua generalmente resulta de la presencia de ácidos débiles, H_2CO_3 y también por H_2PO_4 , H_2S , proteínas y ácidos grasos. Cationes como el Al^{3+} o Fe^{3+} también pueden contribuir a la acidez del agua.

Dióxido de carbono en el agua

El ácido más importante en el agua es el H_2CO_3 . Debido a la presencia de CO_2 en el aire y su generación, por la degradación de la materia orgánica, el CO_2 disuelto está presente en todas las aguas naturales y residuales.

Las precipitaciones, de incluso una atmósfera no contaminada, son ligeramente ácidas debido a la presencia de CO_2 disuelto (H_2CO_3).

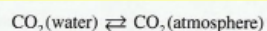
La disolución del CO_2 en el mar es un importante mecanismo para disminuir su concentración de la atmósfera; ya que este gas es parte de los gases invernadero y que contribuye significativamente al calentamiento global.



El CO_2 y sus formas ionizadas, HCO_3^- y CO_3^{2-} tienen una **extremadamente importancia en la química del agua**. Muchos minerales forman sales con el carbonato. Los microorganismos utilizan el CO_2 disuelto en la síntesis de biomasa.

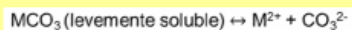
Dos equilibrios tienen un fuerte efecto buffer sobre el pH del agua:

1) El equilibrio del CO_2 disuelto en el agua con el CO_2 gaseoso presente en la atmósfera



A 25°C, el agua en equilibrio con el aire, contiene 0,039% de CO_2 aq

2) El equilibrio de CO_3^{2-} entre la solución y los minerales de carbonato (MCO_3)



Distribución de la especies H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} en sistemas acuosos

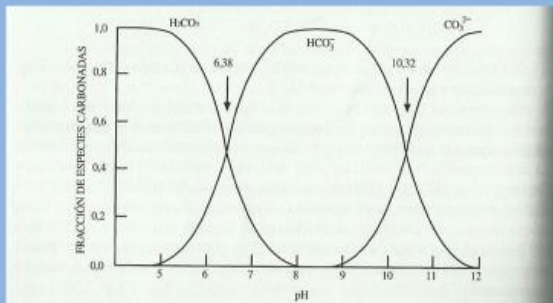
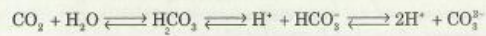


Figura 2.12. Distribución de H_2CO_3 , HCO_3^- y CO_3^{2-} según variación de pH, para la reacción de CO_2 con agua.

Zorogian, 1950



d) Nitratos

El nitrato sódico NaNO_3 es muy poco frecuente en los suelos salinos. Se ha citado en suelos muy áridos de Chile, Perú e India. Es una sal muy soluble.

b) Boro

La adsorción de boro en el suelo depende fuertemente del pH y forma complejos de esfera interna con la superficie de intercambio del suelo. En suelo se comporta como anión formando boratos $\text{B}(\text{OH})_4^-$.

Consecuencias agronómicas de aguas salinas

Disminución en el crecimiento de las plantas y síntomas de toxicidad

Alteración de las propiedades físicas del suelo (dispersión de las arcillas y materia orgánica)

Dispersión de las arcillas conduce a la reducción de la macroporosidad de suelo, aireación, percolación del agua, y sellado de la superficie del suelo.



Hojas de citricos

http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=4929



Nogal



Jazmin



eucaliptus

<http://www.saltstomagement.org/Salinity%20Management%20Outline.pdf>

Salinidad en
plantas
ornamentales





Chiu Chiu, Calama (2012)

Conductividad eléctrica de distintas aguas

Tipo de agua	Coductividad eléctrica $\text{mS cm}^{-1} 25^\circ\text{C}$
Agua pura	0,00004
Agua destilada	0,0005-0,0050
Agua de lluvia	0,005-0,05
Agua potable	<2,5
Aguas salinas	2,5-20
Agua de mar	45-55

<http://www.arsanor.uchile.cl/agua-calidad-conductividad-12386.html>
<http://www.arsanor.uchile.cl/agua-calidad-conductividad-12386.html>

Calidad agronómica del agua

La evaluación de la calidad de un agua para riego se basa inicialmente en su composición química.

La calidad agronómica del agua relaciona las interacciones agua-suelo (Porta et al., 2003)



Cultivo de zarzadoras en Chiu Chiu, Calama (2012)

Problemas relacionados con la calidad del agua de riego

•El principal problema relacionado con la calidad del agua de riego es la salinidad del agua. La salinidad del agua se refiere a la cantidad total de sales disueltas en el agua.

El nivel alto de sales en el agua de riego reduce la disponibilidad del agua para el cultivo (debido a la presión osmótica) y causa la reducción del rendimiento.

Por encima de cierto umbral, la reducción en el rendimiento de los cultivos es proporcional al aumento en el nivel de salinidad. Los distintos cultivos varían en su tolerancia a la salinidad y por tanto tienen diferentes umbrales y diferentes tasas de reducción del rendimiento.



Origen de las sales disueltas en el agua de riego

La principal fuente natural de las sales minerales en el agua es:

- **Meteorización de las rocas y minerales**



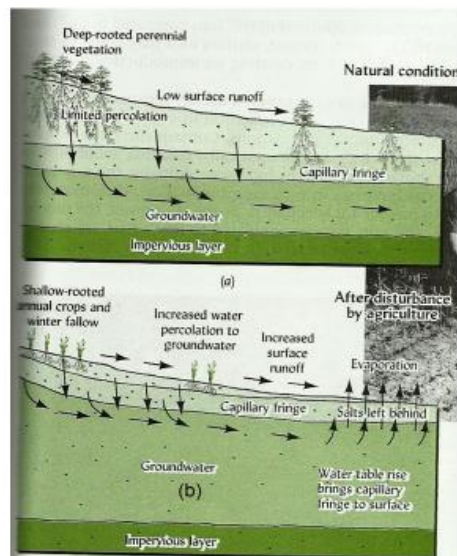
Cultivo de zanahorias en Chilo Chilo,
Calama (2012)

Origen de las sales disueltas en el agua de riego

Otras fuentes secundarias incluyen

- Deposición atmosférica de sales oceánicas y sales del agua de lluvia
- Aumento de la intrusión de agua de mar en los acuíferos de las aguas subterráneas
- Productos químicos de fertilizantes, que lixivian a las fuentes de agua subterránea.
- Cultivos intensivos

Factores
Antrópicos
Aumento de salinidad



Características a considerar para evaluar la calidad del agua de riego

1. Calidad química del agua:

- Conductividad eléctrica : indicador de salinidad

- RAS

Relación de adsorción de sodio

- Contenido de cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+

- pH : potencial del hidrógeno. Indicador de acidez

3. Cultivo

- Tolerancia a la salinidad, al sodio y a elementos tóxicos de los cultivos.

4. Clima

- Precipitaciones: distribución anual
- Evapotranspiración
- Vientos dominantes en la zona

5. Método de riego y manejo de agua

- De gran importancia, en especial si se requiere una fracción de esta agua para el lavado de sales o de requerimiento para la lixiviación.

6. Condiciones de drenaje

Los excedentes de agua después de un lavado requieren un buen drenaje para evitar que las sales se acumulen en la zona de la raíz. Por lo tanto, el manejo del riego y el drenaje deben ser tratado en forma conjunta.

3. Cultivo

- Tolerancia a la salinidad, al sodio y a elementos tóxicos de los cultivos.

Ejemplo de cultivos adaptados al agua de riego Rio Loa,
Pueblo de Chiu Chiu

- Zanahoria
- Betarraga
- Cebollin
- Alfalfa
- Quinoa**



Riesgos en el agua de riego

Los riesgos más comunes, según los cuales se evalúan los efectos de la calidad del agua para uso agrícola están relacionados con:

1. Salinidad (conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales)

2. Problemas de infiltración
(indicador: RAS)

3. Toxicidad de iones específicos
(boro, cloruros)

4. Contaminación biológica



2. Infiltración

Las características químicas que influyen en la infiltración del agua en el suelo son:

a) El contenido de sales

b) El contenido de sodio en relación a las concentraciones presentes de calcio y magnesio .

Los problemas más frecuentes relacionados con una baja infiltración suelen producirse cuando el sodio se incorpora al suelo y deteriora su estructura; los agregados del suelo se dispersan en partículas pequeñas que tapan o sellan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad.

3. Toxicidad de iones específicos en el agua de riego

Los problemas de toxicidad en las plantas se deben a la absorción y acumulación de iones como Cl, Na y B.

En las plantas pueden producir daños como quemaduras foliares, necrosis, defoliación, corrugación foliar, manchas foliares y reducción de rendimientos de cultivo.

El riego por aspersión con aguas salinas puede complicar debido a que el Na y Cl se pueden absorber a través de las hojas.



Salt (sodium) toxicity blackens and scorches leaf margins. Photo credit: Peter Magwey

3. Toxicidad de iones específicos en el agua de riego

Situaciones especiales incluyen alta concentración de nitratos y amonio en las aguas de riego, que pueden causar excesivo desarrollo vegetativo o detenimiento o retraso en la madurez.

Caso de nitratos y fosfatos en las aguas

Nitratos. Preocupación mundial por el aumento de niveles de nitratos en las aguas. Los nitratos puede formar nitritos, que con otros compuestos aminados forma nitrosaminas, compuestos altamente cancerígenos. El nivel límite normado en agua potable de nitratos es de hasta 10 mg/L

Fosfatos. Preocupación por su daño a los ecosistemas acuáticos al causar fenómeno denominado eutrofización causado por el excesivo crecimiento de algas, disminución de oxígeno y luz y el desarrollo de microorganismos anaeróbicos. El nivel límite normado en agua potable es de menor a 10 mg/L

Clase de agua según la concentración de **boro** y límites tolerables por las plantas en el agua de riego

Clase respecto al boro	Cultivos sensibles mg L ⁻¹	Cultivos semitolerantes mg L ⁻¹	Cultivos tolerantes mg L ⁻¹
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

U.S. Salinity Laboratory, 1954

Norma Chilena Oficial Nch 1333.0f78 respecto a concentraciones máximas de elementos químicos en las aguas de riego

NCh1333

Tabla 1 - Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego

Elemento	Unidad	Límite máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (cloruro) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

Sodio porcentual
$$Na (\%) = \frac{Na}{Na + Ca + Mg + K} \times 100$$
 Unidades en mmol_e L⁻¹

4. Contaminantes biológicos

Es de vital importancia incluir análisis biológicos cuando se utilizan aguas residuales para el riego.

Entre los microorganismos patógenos que se pueden encontrar en las aguas están los protozoos, bacterias, hongos, algas y virus.

Nch 1333 (Norma Chilena)

Coliformes



<http://www.cinvestav.mx/atmos-de-biofocos-en-biol>

Indicadores de la calidad de aguas para riego

- Salinidad: para evaluar la salinidad del agua se utiliza:

1. Determinación de sólidos totales disueltos, salinidad total (mg L^{-1} o g L^{-1}) TSD

2. Conductividad eléctrica (dS m^{-1})

- Infiltración:

- Radio o relación de adsorción de sodio (RAS)

- Toxicidad por iones específicos

- Otros

- Carbonato sódico residual (CSR)

- Relación Ca y Mg en el agua (dureza)

- Índice de Scott (coeficiente alcalimétrico)

1. Sólidos totales disueltos en el agua (TDS) mg L^{-1}

El término TDS describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular, que contienen los líquidos.

La TDS y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionadas. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica.

La determinación en laboratorio de sólidos disueltos totales se basa en filtrar un volumen de agua conocido para luego evaporarlo a 105°C , hasta que alcance un peso constante. Se pesa el residuo filtrable que permanece luego de la evaporación. Dicho valor representa la concentración de sólidos disueltos totales.

TSD = sales disueltas + sólidos en suspensión

Sales disueltas = $\text{CE} \times 0.64$

- Sales disueltas (g L^{-1})

- CE = Conductividad eléctrica (dS m^{-1})



2. Conductividad eléctrica del agua



En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad. Todos los valores de conductividad están referidos a una temperatura de referencia de 25°C .

Equivalencias

$\text{dS/m} = \text{mS/cm}$

$\text{dS/m} = 100 \text{ mS/m}$

$\text{mS/cm} = 1000 \mu\text{S/cm}$

$\Sigma \text{ cationes} = 10 \times \text{CE}$

$\Sigma \text{ cationes} \cong \Sigma \text{ aniones}$

mmol/L

Norma Chilena Oficial Nch 1333.0f78 respecto a conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos en agua de riego

NCh1333

Tabla 2 - Clasificación de aguas para riego según su salinidad

Clasificación	Conductividad específica, c , $\mu\text{ mhos/cm a } 25^\circ\text{C}$	Sólidos disueltos totales, s , $\text{mg/l a } 105^\circ\text{C}$
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales	$c \leq 750$	$s \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < c \leq 1\,500$	$500 < s \leq 1\,000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos	$1\,500 < c \leq 3\,000$	$1\,000 < s \leq 2\,000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permisibles con métodos de manejo cuidadosos	$3\,000 < c \leq 7\,500$	$2\,000 < s \leq 5\,000$

0,750 mS/cm

RAS: relación de adsorción de sodio

Se refiere concentración de sodio en el agua de riego en relación a los iones calcio y magnesio

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} : concentraciones en $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ en el agua de riego

Contenido de Ca y Mg en aguas

Un índice relacionado con la concentración de Ca y Mg en las aguas es el llamado grado de dureza (Castaño et al., 2000)

En general las aguas con alto grado de dureza son recomendables para el riego de suelos sódicos.

La unidad que expresa la dureza se denomina hidrotimétricos franceses y se calcula:

$$Dureza = \frac{2.5Ca + 4.12Mg}{10}$$

(Castaño et al., 2000)

Donde la concentración de Ca y Mg están expresadas en mg L^{-1}

Índice de la concentración de Ca y Mg en aguas

Clasificación de aguas de riego según grados hidrotimétricos franceses

Tipo de agua	Grados hidrotimétricos franceses
Muy blanda	Menor de 7
Blanda	7 - 14
Semiblanda	14 - 22
Semidura	22 - 32
Dura	32 - 54
Muy dura	Más de 54

(Cadenís et al., 2000)

Índice de Scott

El coeficiente alcalimétrico o índice de Scott (K) valora la calidad del agua en función de las concentraciones de cloruros, sulfato y sodio.

Índice de Scott

(mmol c L ⁻¹)	mg/l
1.º caso: $\text{Cl}^- \geq \text{Na}^+$	$K_1 = \frac{2\,040}{\text{Cl}^-}$
2.º caso: $\text{Cl}^- < \text{Na}^+ \leq (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$	$K_2 = \frac{6\,620}{2,6 \text{Cl}^- + \text{Na}^+}$
3.º caso: $\text{Na}^+ > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$	$K_3 = \frac{662}{\text{Na}^+ - 0,32 \text{Cl}^- - 0,43 \text{SO}_4^{2-}}$

Cadenís et al., 2000

Interpretación del Índice de Scott

- $K_1 \geq 18$ Agua buena: No es necesario tomar precauciones.
- $6 \leq K_1 < 18$ Agua tolerable: Emplear con precauciones.
- $1,2 \leq K_1 < 6$ Agua peligrosa: Emplear solamente en suelos con muy buenas condiciones de drenaje
- $K_1 < 1,2$ Agua no utilizable.

Cadenís et al., 2000



Diagnóstico de la calidad de aguas de riego

- Método de la Universidad de California 1974, FAO 1988

Directrices para interpretar la calidad de las aguas para el riego (Universidad de California 1974, FAO 1988)

Problema Potencial		Unidades	Grado de restricción de uso		
			Ninguna	Ligera a Moderada	Severo
Salinidad					
CE		dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
TDS		mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltración (RAS, CE)					
RAS = 0 – 3	y CE =	dS/m	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
= 3 – 6	y CE =	dS/m	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
= 6 – 12	y CE =	dS/m	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
= 12 – 20	y CE =	dS/m	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
= 20 – 40	y CE =	dS/m	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidad de Iones Específicos (afecta cultivos sensibles)					
Sodio (Na)					
riego por superficie		mg L ⁻¹	< 69	69 – 207	> 207
riego por aspersión		mg L ⁻¹	< 69	> 69	-
Cloro (Cl)					
riego por superficie		mg L ⁻¹	< 142	142 – 354	> 354
riego por aspersión		mg L ⁻¹	< 106	> 106	-
Boro (B)		mg/l	< 0,7	0,7 - 3	> 3
pH					
Rango normal: 6,5 – 8,4					




Calama 09 de marzo 2018.
 Módulo de Ejercicios. Interpretar calidad de agua de riego según directrices de la FAO

Unidad	Valor	Peso equivalente	mmol/L
pH	8,5		
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	1,70		
Sólidos totales disueltos (mg/L)	600		
	mg L ⁻¹		
Ca ²⁺	200	20	10
Mg ²⁺	48	12	4,0
Na ⁺	60	23	2,6
Cl ⁻	140	35	4,0
CO ₃ ²⁻	60	30	2,0
HCO ₃ ⁻	104	61	1,7
SO ₄ ²⁻	350	48	7,2

1. Comprobaciones de calidad del análisis de aguas
 1) $10 < \text{RAS} < 16,7$ - 14,9. Faltó algún anión que evaluar.
 2) $\Sigma \text{ cationes} = 10 \times \text{CE}$ $\text{CE} = 16,73/10 = 1,67$. Aceptable.

1. Conductividad eléctrica Interpretación: _____
 2. Sólidos totales disueltos Interpretación: _____

$$\text{RAS} = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{100 + 100} = 1,0$$

3. Infiltración del agua. Interpretación: _____

4. Toxicidad de iones específicos Interpretación: _____

5. $\text{Dureza} = \frac{2,5[\text{Ca}^{2+}] + 4,12[\text{Mg}^{2+}]}{10} = 70 \text{ mg L}^{-1}$ Interpretación: _____

6. Índice Scott $K = \frac{2040}{140}$ Interpretación: _____

7. CSR = $[1,7 + 2,0] - [10 + 4,0] = -10,3$ Interpretación: _____

FORMULARIO

Relación de absorción de sodio

(RAS) $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$:

$$\text{RAS} = \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}$$

$$\text{Dureza} = 2.5 \frac{[\text{Ca}^{2+}] + 4.1 [\text{Mg}^{2+}]}{10} \text{ mg } \text{L}^{-1}$$

Índice de Scott (K)

$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{mg } \text{L}^{-1}$
$\text{Cl} \geq 20$	$\text{Cl} = \frac{3540}{\text{Cl}}$
$\text{Cl} < 20$	$\text{Cl} = \frac{6620}{2.8 \text{ Cl} - 36}$
$\text{Na}^+ > (\text{Cl} + \text{SO}_4^{2-})$	$\text{Cl} = \frac{662}{\text{Na} - 5.32 \text{ Cl} - 0.45 \text{ SO}_4^{2-}}$

Carbonato de sodio residual (CSR)

$$\text{CSR} = [\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}] - [\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]$$

CSR $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	Diagnóstico de agua según
< 1.25	Recomendable
$1.25 - 2.5$	Poco recomendable
> 2.5	No recomendable

Tipo de	Unidad
Aguas hidrocloricas	
NaCl/1000	< 0.0
Sulfato	7-24
Seminar	14-21
Seminar	22-32
Cloruro	32-54
NaCl/1000	> 54

1000	Agua buena
600-1000	Agua tibia
1,200-1,500	Agua peligrosa
1,500-1,800	Agua peligrosa

Metales traza en aguas

Metales traza más estudiados : Cd, Cu, Cr, Hg, Mn, Ni, Pb y Zn

Metales : As y Se

Características de los elementos traza metálicos

-Baja concentración. Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%.

- Presentan toxicidad

-Acumulativos

Elementos traza metálicos y metaloides como micronutrientes para plantas y animales

Elementos traza metálicos que son micronutrientes, son requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza **por plantas y animales**. Cuando pasan ciertas concentraciones vuelven tóxicos. Dentro de este grupo están: **Cu, Mn, Mo, Ni y Zn**. En algunas plantas y animales son micronutrientes: Cr, Se.

Elementos traza metálicos **sin función biológica conocida**, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejadas disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son, principalmente: **As, Cd, Hg y Pb**. (el As forma parte de pigmentos en organismos marinos)

1. Origen de los metales en suelos y aguas

-Origen natural

-Origen antrópico



Contaminación de suelos Plomo (España)

- Origen natural de los elementos traza metálicos

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo por elementos traza metálicos, debida principalmente a:

1. **Procesos de meteorización.** Transformación parcial o total de las rocas y minerales de las rocas al entrar en contacto con la atmósfera para dar origen al suelo.

Relacionada con la composición de la rocas (origen litológico).



arsenopirita



Colapinita

2. Erupciones volcánicas

Un volcán activo puede aportar mayores cantidades de sustancias externas y contaminantes, como cenizas, elementos traza metálicos, H^+ y SO_4^{2-} , que varias centrales térmicas de carbón.



San Pedro y San Pablo, ChiuChiu, 2012



Chaiten, 2008

- Contaminación de origen antrópico

El contenido de elementos traza metálicos en suelos y aguas, debería ser únicamente función de la composición del material original y de los procesos edafogenéticos que dan lugar al suelo. Pero la actividad humana incrementa el contenido de estos metales en el suelo en cantidades considerables, siendo esta, sin duda, la causa más frecuente de las concentraciones tóxicas.



Fuentes de ETM: Actividades agrícolas, mineras, generación de energía eléctrica, actividades industriales y residuos domésticos (lodos de depuradora de aguas).

Relaves mineros, Colombia

Elementos químicos en aguas para riego

La Norma chilena de agua para diferentes usos (riego): (NCh 1333. Of78)

Elemento	Unidad	Límite máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (clóricos) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato (SO ₄ =)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Arsénico	Exposición prolongada puede causar lesiones en la piel, cáncer a la piel, cáncer de vejiga, cáncer de pulmón, efectos neurológicos, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, enfermedades pulmonares, enfermedad vascular periférica y diabetes mellitus.	La absorción excesiva es tóxica para las plantas. Reacciona con varias enzimas, interrumpiendo el flujo de energía celular e inhibiendo el crecimiento de raíces. Compite con el fósforo.

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Cadmio	Es tóxico para el riñón, causando insuficiencia renal con el tiempo. Puede causar desmineralización ósea. Su presencia en sangre y orina se ha asociado con enfermedades cardiovasculares, incluyendo infartos al miocardio, accidentes cerebro vasculares, insuficiencia cardíaca e hipertensión.	Tiene un efectotóxico en el metabolismo de las plantas. Reduce los niveles de ascorbato y glutatión, inhibe la formación de clorofila y fotosíntesis, perturba la permeabilidad de las membranas celulares. Puede retardar el crecimiento, producir daño a raíces, causar clorosis. Compite con el zinc.

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Cobre	El cobre es un elemento necesario en la nutrición humana, debido a su importancia en el metabolismo del hierro y formación de células sanguíneas, además de ser componente de varias enzimas y proteínas. En animales se ha reportado que el consumo en exceso de cobre puede causar envenenamiento. Sin embargo, la toxicidad en humanos es poco común.	Es un metal esencial para las plantas y tiene un rol en varios procesos fisiológicos, tales como respiración, fotosíntesis, metabolismo de proteínas, entre otros. La mayoría de las plantas son tolerantes a altas concentraciones de cobre. Sin embargo, en exceso puede ser tóxico, causando disminución de la eficiencia fotosintética, daño al ADN y daño en la permeabilidad de las membranas celulares, entre otros síntomas.

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Cromo	El cromo se considera un elemento esencial para los seres humanos, ya que participa en varios procesos metabólicos. Sin embargo, se ha demostrado que en su forma oxidada (Cr+6) representa un riesgo significativo, pudiendo causar cáncer de pulmón o producir efectos sobre la piel y mucosas. También se han observado enfermedades del tracto respiratorio.	El efecto fitotóxico del cromo ha sido observado y descrito por varios autores. El exceso de cromo afecta la formación de proteínas, debido a la alteración en el metabolismo del nitrógeno, además de disminuir los procesos fotosintéticos.

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Manganeso	Es un mineral esencial, siendo componente y activador de diversas enzimas. La sobreexposición a manganeso puede causar efectos adversos en la salud, siendo relacionado con desórdenes neurodegenerativos, tales como Alzheimer, Parkinson y esclerosis lateral amiotrófica.	Es un elemento esencial para las plantas, siendo importante debido a su participación en procesos de oxido-reducción. Es componente de las enzimas arginasa y fosfotransferasa, y tiene un importante rol en la fotosíntesis. Las plantas pueden tolerar altas concentraciones de manganeso en el suelo. Un exceso de manganeso puede ser tóxico, produciendo manchas marrones en hojas y pardeamiento de raíces.

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Molibdeno	Es un elemento esencial, siendo relativamente baja la toxicidad en humanos. Sin embargo, una prolongada exposición a molibdeno puede causar irritación de ojos y piel, dolores articulares, dolores de espalda y dolores de cabeza.	Es un elemento esencial para las plantas, aunque el requerimiento de este elemento es relativamente bajo. Es componente esencial de varias enzimas, tales como nitrato reductasa y xantina deshidrogenasa. En altas concentraciones puede ser tóxico, provocando coloración rojiza de los márgenes de la hoja.

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Níquel	La exposición a altos niveles puede causar efectos adversos para la salud. Exposición aguda a níquel se ha asociado con trastornos gastrointestinales, alteración de la visión, dolor de cabeza, mareos y otros síntomas.	No hay evidencia que indique un rol esencial en el metabolismo de las plantas, aunque se ha sugerido que puede ser necesitado. Es considerado esencial para leguminosas, participando en el metabolismo de la ureasa. Un exceso de níquel puede retardar la absorción de nutrientes, procesos metabólicos y el desarrollo radical. En leguminosas, los procesos de fotosíntesis y transpiración, así como también la fijación de nitrógeno puede ser inhibida.

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Plomo	La mayoría de los casos de intoxicación por plomo se deben a la ingestión oral y absorción a través del intestino. El sistema nervioso central es el principal órgano afectado por el plomo. En niños, la ingestión de plomo desde el ambiente se ha relacionado con una inteligencia reducida y deterioro en la función motora, siendo más vulnerables, en comparación con adultos, a los efectos tóxicos del plomo.	Es un elemento no esencial para las plantas. Bajas concentraciones de plomo pueden inhibir algunos procesos vitales, siendo altamente tóxico para las plantas. El exceso de plomo conduce a una inhibición de la biosíntesis de clorofila, disminución en la producción de biomasa y una menor elongación de brotes y raíces.

Elemento	Importancia en Humanos	Importancia en Plantas
Zinc	El zinc es uno de los elementos traza más abundantes en humanos. Tiene un rol catalítico y estructural en enzimas, así como también en otras proteínas y biomembranas. Un exceso de zinc puede provocar una disminución en la absorción de cobre. En incidentes de intoxicación por zinc se ha observado malestar gastrointestinal, náuseas y diarrea.	Es un elemento esencial para las plantas. Las funciones del zinc están relacionadas con el metabolismo de varios compuestos: proteínas, carbohidratos, fosfatos, ribosomas y RNA. Además, promueve hormonas de crecimiento y la formación de almidón. Las altas concentraciones son tóxicas, causando lesiones necróticas en hojas y afectando el crecimiento radical.



Fundación para la
Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas

Capacitación 9 de marzo 2018			
Nombre	Firma	Institución o Empresa	Correo electrónico
Jannette Araya			
Sergio Bravo			
Antonio Cruz		PDTI	varant2@hotmail.com
Henry Cárcamo			
Kathyna Gunaris			
Iván Huerta		Prodesa	ihuerta@yahoo.es
Cristian Matus		MHGlobal	Cristian.Matus@mhglobal.cl
Roger Ibacache			
Jaime Mora		PDTI y Prodesa	jaime.mora@stmaeira.cl
Carlos Muñoz			
Gustavo Morán			gustavo.agrop@gmail.com
Roberto Nuñez		MHGlobal	
Ricardo Sáez		trubut	saes.ricardo@trubut.cl
Alejandro Tapia		R.I. Cultivos	alejandrotapia@ri-cultivos.cl
Alexis Triviño			
Jorge Trujillo			enrante@apais.com.ve
Hugo Urrutia		ESG	hugo.urrutia@esg.cl
Angélica Vivallo			
Luis Hernández		DAohen	luis.hernandez@daohen.cl
Quenia Pérez		Fundación Agri	perezquenia@gmail.com
Carlos Silva		AS	carlos.silva@as.cl

3. Módulo: Determinación de Requerimiento Hídrico

Fecha realización: 4, 5 y 6 de Abril de 2018

Profesores: Cristián Kremer y Victor Beyá

El módulo de Determinación de Requerimiento Hídrico estuvo a cargo del Dr. Cristián Kremer y del Ingeniero Agrónomo Msc. Victor Beyá. A continuación un listado de los temas tratados:

- ✓ Cultivos Balance Energético, transpiración, Temperatura
- ✓ Estimación de ET con métodos aerodinámicos
- ✓ ETo Penman-Monteith
- ✓ ETo correcciones simplificaciones, advección
- ✓ ETo método FAO tradicional
- ✓ ETo método FAO de dos coeficientes
- ✓ Sensores de agua en el suelo
- ✓ Determinación de la demanda hídrica con el uso de sensores de humedad de suelo
- ✓ Estimación de la demanda hídrica con sensores de planta
- ✓ Ejercicios prácticos
- ✓ Estudio de casos.

A continuación se presenta diaporama del módulo.

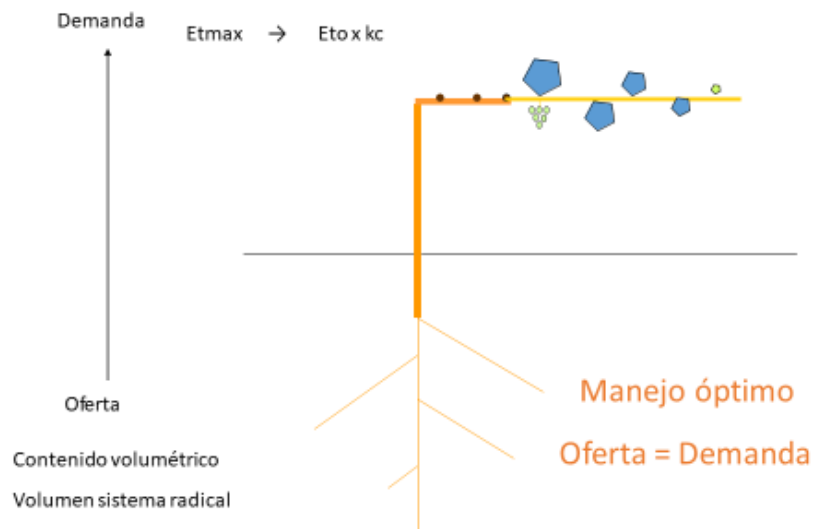
“FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA”

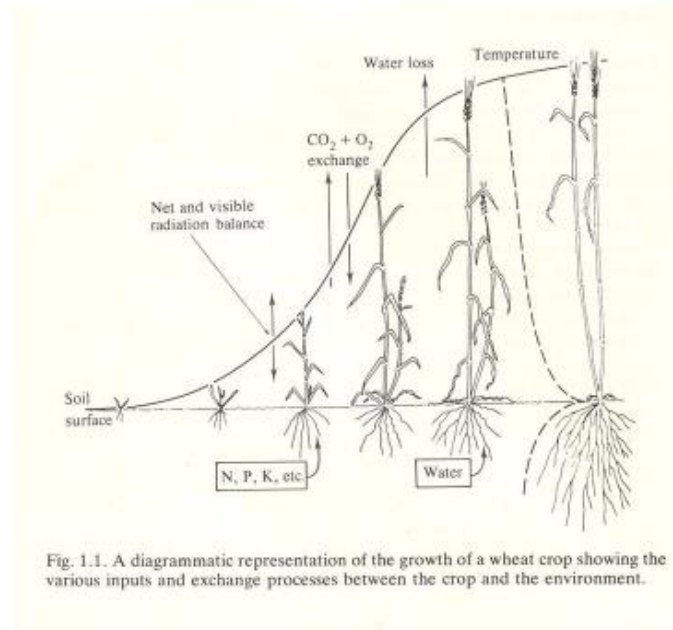
Modulo: Determinación de requerimientos hídricos

Calama, 2018

Cristián Kremer F. Ing. Agr.

INTRODUCCIÓN : AGUA





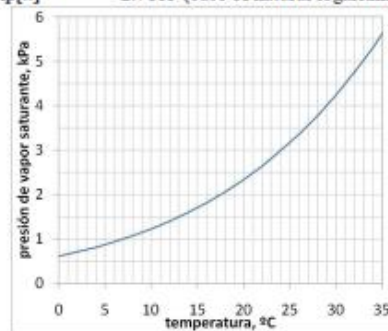
Variables climáticas: Presión de vapor a saturación

$$e^{\circ}(T) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27 T}{T + 237.3} \right] \quad (11)$$

where

$e^{\circ}(T)$
 T
 $\exp[...]$

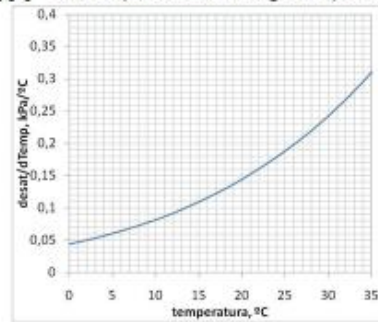
saturation vapour pressure at the air temperature T [kPa],
air temperature [$^{\circ}\text{C}$].
2.7183 (base of natural logarithm) raised to the power [...].



Derivada de la ecuación anterior

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp \left(\frac{17.27 T}{T + 237.3} \right) \right]}{(T + 237.3)^2} \quad (13)$$

where Δ slope of saturation vapour pressure curve at air temperature T [kPa °C⁻¹],
 T air temperature [°C],
 exp[...] 2.7183 (base of natural logarithm) raised to the power [...].



Presión de atmosférica en función de la altura,
 kPa

$$P_a = 101.3 e^{\left(\frac{-A}{8200} \right)} \quad \text{— Altura en m}$$

Presión de vapor real, kPa

$$e = esat * \frac{\% HR}{100}$$

Déficit de presión de vapor, kPa

$$DPV = esat - e = esat * \frac{100 - \% HR}{100}$$

Temperatura del punto de rocío, es la temperatura en el cual el aire al enfriarse sin cambiar su contenido de agua se satura. En otras palabras, la presión de vapor a saturación al punto de rocío es igual a la presión de vapor del ambiente.

$$e_s(T_r) = e_a$$

Por lo tanto despejando T en la ecuación de presión de vapor a saturación se puede obtener la temperatura del punto de rocío.

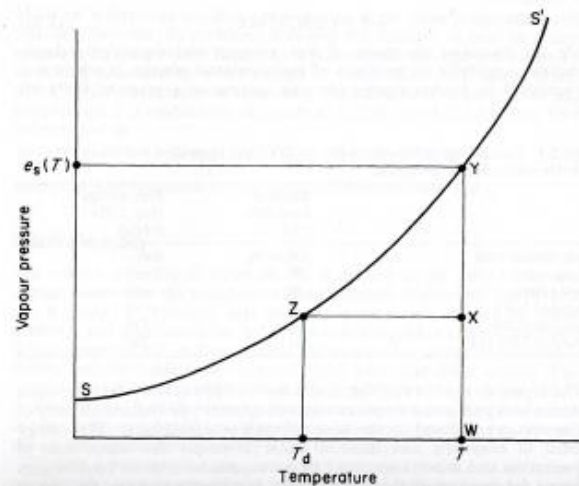


Fig. 2.2 Relation between dew point temperature, saturation vapour pressure deficit and relative humidity of air sample (see text and also Fig. 11.2).

Temperatura del bulbo húmedo (T_w). Para determinarla se obtiene la caída de temperatura que ocurre cuando existe una evaporación de agua al aire en condiciones adiabáticas (sin intercambio de calor). El aire se enfría al evaporar agua, sin embargo la evaporación de agua en el aire eleva su presión de vapor. Desde que el cambio en el contenido de calor en el aire produce un cambio de temperatura esta debe ser igual al calor latente de vaporización del agua evaporada en el aire entonces:

$$c_p (T_a - T_w) = \lambda [e_s(T_w) - e_a] / P_a$$

$$e_a = e_s(T_w) - P_a(T_a - T_w)$$

Donde:

λ = calor latente de vaporización del agua (44 kJ / mol)

$\gamma = c_p / \lambda$, constante psicrométrica ($6.66 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

Humedad absoluta o densidad de vapor:

$$\rho_v = \frac{e_a M_w}{RT}$$

Donde e_a es Pa, M_w masa molar del agua (18 g/mol), R cte. de los gases 8,314 J/molK y T es la temperatura en K. el resultado de la densidad de vapor es en g/m³.

La tasa de transporte de energía o masa es usualmente expresada:

$$\tau = \eta \frac{du}{dz}$$

Ley de Newton de la viscosidad que describe el transporte de momentum.

$$F_j = -D_j \frac{d\rho_j}{dz}$$

Ley de Fick de transporte difusivo

(Difusividad molecular)

$$\frac{kg}{m^2 s} = \frac{m^2}{s} \frac{kg/m^3}{m}$$

$$H = -k \frac{dT}{dz}$$

Ley de Fourier de transporte de calor

(Conductividad térmica)

$$\frac{W}{m^2} = \frac{W}{mK} \frac{K}{m}$$

$$J_w = -K(\psi) \frac{d\psi}{dz}$$

Ley de Darcy para flujo de agua en el suelo

La tasa de transporte de calor y de una sustancia difusiva expresada en flujo molar:

$$F_j = -\hat{\rho}_j D_j \frac{dC_j}{dz}$$

$$\frac{mol}{m^2 s} = \frac{mol}{m^3} \frac{m^2}{s} \frac{mol/mol}{m}$$

(densidad del gas (j) molar del aire)

$$H = -\hat{\rho}_p D_H \frac{dT}{dz}$$

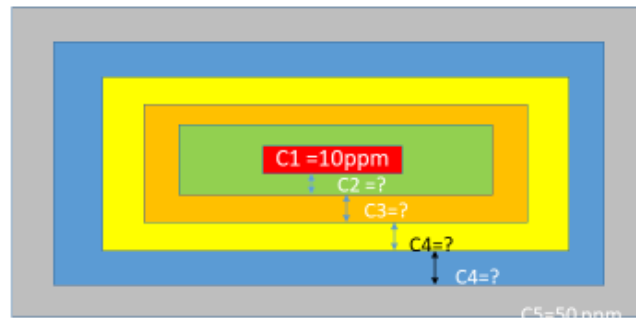
(Difusividad térmica)

$$\frac{W}{m^2} = \frac{mol}{m^3} \frac{J}{mol \text{ } ^\circ C} \frac{m^2}{s} \frac{^\circ C}{m}$$

(calor específico del aire (29.3 J/(mol °C)

NOTA: Para muchas condiciones de interés en la biofísica ambiental las difusividades son proporcionales, por lo tanto si una es conocida la otra es fácilmente obtenible.

En biofísica ambiental, es usualmente posible detallar concentraciones en la superficie de un organismo y la concentración de su entorno cercano, pero usualmente es muy difícil o imposible medir gradientes a una escala micro; como es necesario para el uso de las ecuaciones de transporte que ya hemos mencionado.



Bajo esta condición las ecuaciones de transporte se pueden escribir por analogía como la ley de Ohm (problema similar al de un circuito eléctrico), como una integración macroscópica que expresada para el flujo de calor y masa (concentración) es similar a:

$$F_j = g_j (C_{js} - C_{ja}) = \frac{(C_{js} - C_{ja})}{r_j}$$

Conductancia (mol/(m²s))

$$H = g_H c_p (T_s - T_a) = c_p \frac{(T_s - T_a)}{r_H}$$

Resistencia ((m² s)/mol)

Por analogía en el caso de difusión

$$g \approx \rho \frac{D_f}{\Delta z}$$

Variaciones de la ecuación original

$$J = D \frac{\Delta c}{\Delta x} \quad \begin{matrix} [\text{M L}^{-3}] \\ [\text{M L}^{-2} \text{T}^{-1}] \end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ [\text{L}] \end{matrix}$$

$$J = \frac{\Delta c}{r}$$

resistencia

$$J = g \cdot \Delta c$$

conductancia

Resistencias y conductancias en series:

Considere el flujo de calor desde el cuerpo de un animal hacia al aire de su entorno. Las resistencias al flujo de calor se muestran a continuación.



$$r_T = r_{Ha} + r_p + r_s$$

$$g_T = \frac{1}{r_T}$$

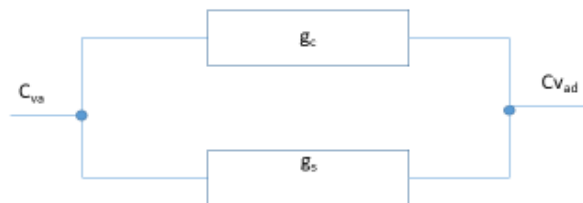
$$g_T = \frac{1}{r_{Ha} + r_p + r_s} = \frac{1}{\frac{1}{g_{Ha}} + \frac{1}{g_p} + \frac{1}{g_s}}$$

Entonces la densidad de flujo de calor:

$$H = g_T (T_a - T_c)$$

Resistencias en paralelo:

Considere el flujo de vapor desde la superficie de una hoja. Agua se puede perder tanto por la cutícula como por el estoma, esto representa caminos paralelos para la perdida de vapor de agua.



$$g_T = g_s + g_c$$

$$r_T = \frac{1}{\frac{1}{r_s} + \frac{1}{r_c}}$$

Entonces la densidad de flujo de vapor:

$$F_j = g_T (C_{va} - C_{vad})$$

Ejercicios:

1. Cuando la temperatura del aire es 23°C y la presión de vapor es de 1.1 kPa. Determine HR, Temperatura del punto de rocío, y Tw.

Resultado: es=2,81 kPa, Tr=8,1 °C, Tw=14,76°C.

2. Encuentre la presión de vapor y la presión molar de vapor en la superficie de una superficie de nieve deritiéndose, a 1300 msnm.

Resultado: es=ea=0,611 kPa; Cv= 0,007 mol/mol

Ejercicios:

3. Si un psychrometro mide una temperatura del aire de 30°C y una temperatura del bulbo húmedo de 19°C , determine HR, Tr, (es-ea). Asuma que la medición de hizo a nivel del mar.

Resultados: HR= 0,66; Tr= $12,7^{\circ}\text{C}$, (es-ea)=2,78 kPa.

4. Usted decide calibrar un sensor de humedad relativa a un valor de 0,5 en un container de $0,1\text{ m}^3$. Cuanta agua debe ser evaporada en el aire seco del container para alcanzar la humedad requerida a una temperatura de 10 y 40°C . Respuesta : $10^{\circ}\text{C}= 4.66 \cdot 10^{-1}\text{ g}$, $40= 2,5\text{ g}$

Ejercicios:

1. Encuentre la tasa de pérdida de agua de un cultivo. Asuma que la temperatura de la canopia es de 30°C , ea=1.0 kPa, la conductancia de la canopia es de $1\text{ mol/m}^2\text{s}$, y la conductancia de la capa límite es de $0,5\text{ mol m}^2/\text{s}$. Exprese el valor en unidades de mol, kg y de energía. Asuma nivel del mar.

Respuesta: $0,011\text{ mol/m}^2\text{s}$; $0,19\text{ g/m}^2\text{s}$; 484 W/m^2

Ejercicios:

Tarea:

1. Encuentre la conductancia al vapor de agua de una papa si, cuando es dejada por 12 horas en el mesón de un laboratorio pierde 3 g de agua. La papa y el laboratorio están a 22°C y la humedad del laboratorio es del 53%. El área superficial de la papa es de 310 cm².

Estimación demanda:

- Distintos metodologías y sensores que permiten estimar los requerimientos de agua de los cultivos, a través de variables climáticas, del contenido de agua en el suelo, y del estado hídrico de la planta, se encuentran disponibles en el mercado.

Métodos de monitoreo

- Estimación de la demanda hídrica
 - **Métodos climáticos**
 - **Métodos asociados al suelo**
 - **Métodos asociados a la planta**

Métodos de Monitoreo

Métodos climáticos

- Son métodos indirectos en los cuales se determina el requerimiento hídrico de las plantas como una relación entre la demanda hídrica de la atmósfera y la respuesta de la planta.



- Balance de energía: Marco teórico

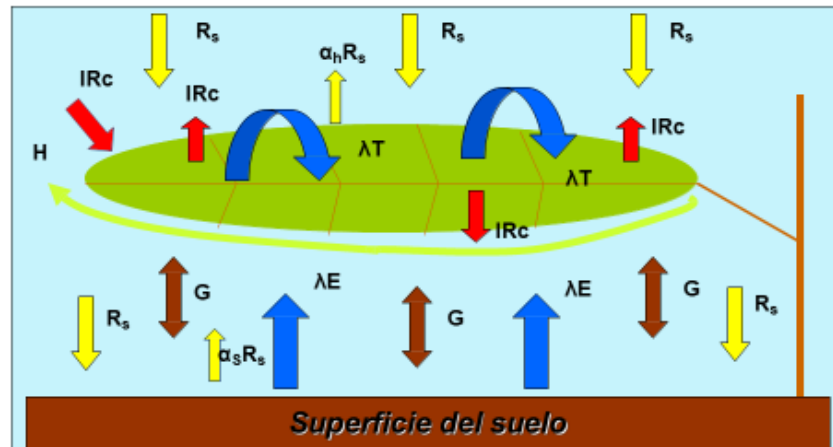
Métodos Climáticos



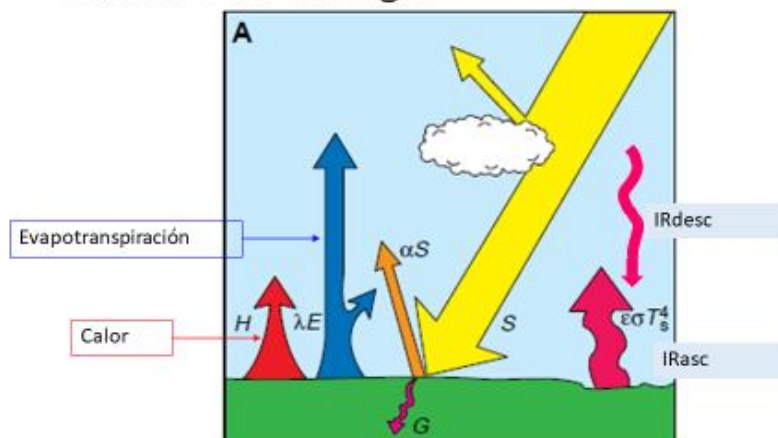
Superficie de Suelo

Balance de energía

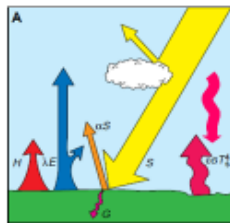
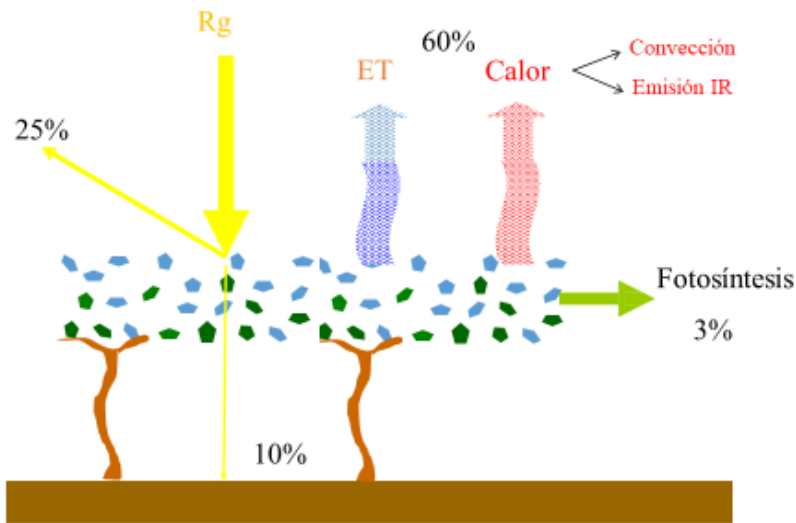
Marco teórico



Balance de energía



Balance de energía típico



Componentes del Balance de Energía

$$R_n = H + LE + G + M$$

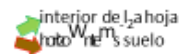
R_n : radiación neta absorbida/perdida por la superficie, $W\ m^{-2}$

H : flujo de calor sensible por convección entre la superficie y el aire, $W\ m^{-2}$

LE : flujo de calor latente por convección entre la superficie y el aire, $W\ m^{-2}$

G : flujo de calor sensible por conducción entre superficie

M : es la cantidad de energía metabólica fijada/liberada, $W\ m^{-2}$



Signos de los flujos:

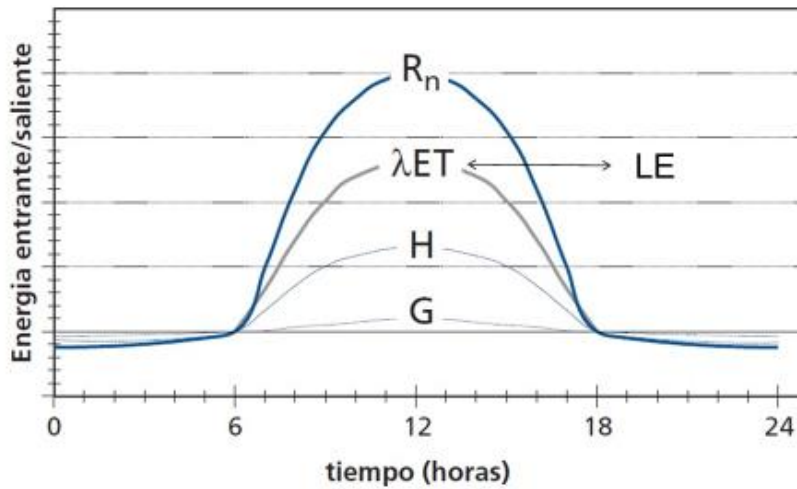
R_n es positiva cuando la superficie gana energía electromagnética

H , LE y G son positivos cuando la energía sale desde la superficie

M es positivo cuando fotosíntesis es mayor que respiración

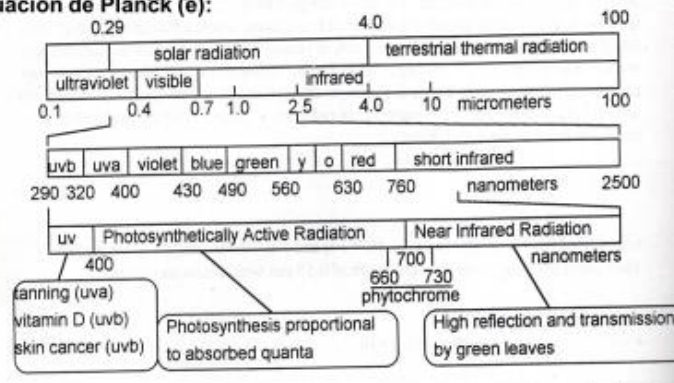
Para hojas individuales se puede simplificar: $R_n = H + LE$

FIGURA 5
Representación esquemática de la variación diurna de los componentes del balance de energía sobre una superficie transpirante con suficiente cantidad de agua en un día soleado



Espectro electromagnético (Radiación)

La energía debido a la radiación es transferida por fotones, en paquetes de energía que viajan a la velocidad de la luz ($c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ en vacío) y se caracterizan ya sea como partículas o ondas. Estos fotones son emitidos o absorbidos por la materia como resultado de pequeños saltos cuánticos a nivel atómico, o a través de cambios en la energía vibracional o de rotación a nivel molecular. La longitud de onda de la radiación está relacionada con la energía del foton a través de la ecuación de Planck (e):



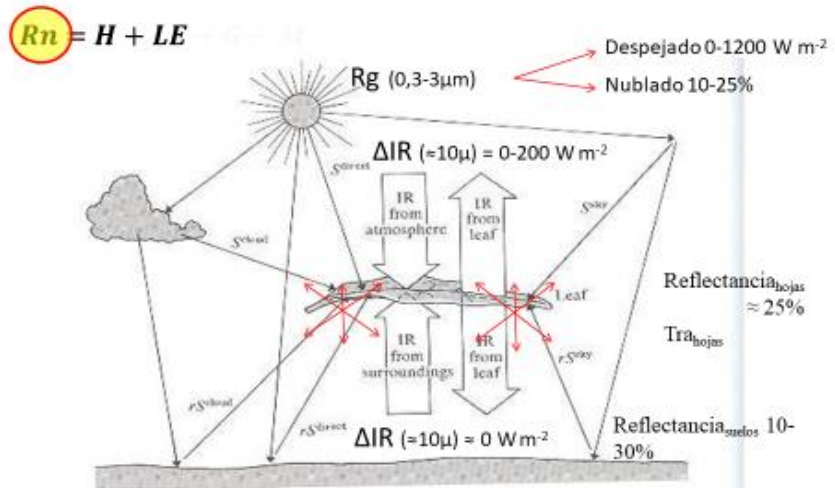
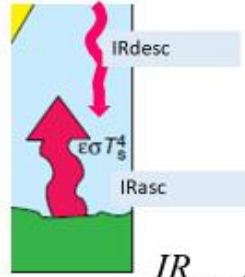


Figure 7-1. Schematic illustration of eight forms of radiant energy incident on an exposed leaf, including six that involve shortwave radiation from the sun and contain the letter S, and of the infrared radiation emitted from the two leaf surfaces.

$\Delta IR = \text{Balance Infrarojo}$

Reflectancia o albedo (onda corta) suelos y vegetación

Surface	Reflectivity	Surface	Reflectivity
Grass	0.24-0.26	Snow, fresh	0.75-0.95
Wheat	0.16-0.26	Snow, old	0.40-0.70
Maize	0.18-0.22	Scil, wet dark	0.08
Beets	0.18	Soil, dry dark	0.13
Potato	0.19	Soil, wet light	0.10
Deciduous forest	0.10-0.20	Soil, dry light	0.18
Coniferous forest	0.05-0.15	Sand, dry white	0.35
Tundra	0.15-0.20	Road, blacktop	0.14
Steppe	0.20	Urban area (average)	0.15

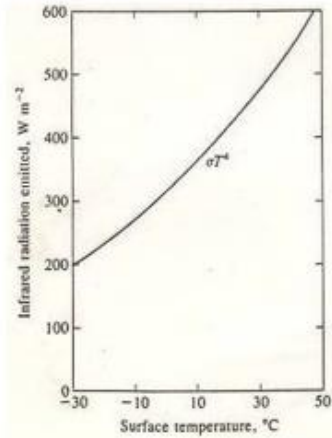


$$IR_{\text{superficie}} = \sigma \epsilon T_s^4 \text{ abs}$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$$

Constante de Stefan-Boltzmann

ϵ = emisividad (0,93-1)



$$\Delta IR = \text{StefBolz} * (\text{tempEquivalenteCielo} + 273)^4 - \text{StefBolz} * (\text{TempSup} + 273)^4$$

$$\text{TempEquivalenteCielo} \begin{cases} \approx T_{\text{aire}} - 20^\circ\text{C} \text{ (despejado)} \\ \approx T_{\text{aire}} - 2^\circ\text{C} \text{ (nublado)} \end{cases}$$

$$\Delta IR (\approx 10\mu) = 0-200 \text{ W m}^{-2}$$

$$Rn = H + LE$$

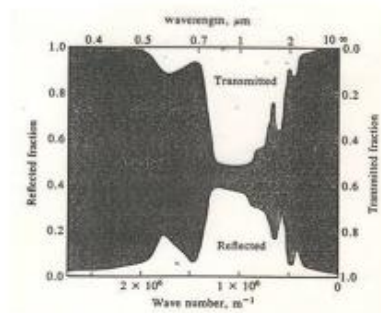
$$Rn = R_{\text{incid}} * \text{absorbancia} + \Delta IR$$

Rn = Radiación neta, W m²

Rincid = Radiación solar (0,3-3 micrones) incidente sobre la superficie, W m²

absorbancia = fracción de la radiación solar que es absorbida por la superficie

ΔIR = Balance de IR (≈ 10 micrones) descendente – ascendente, W m²



$$Rn = \textcolor{red}{H} + LE + G + M$$

Calor sensible es aquel que recibe un cuerpo o un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado.

H = Flujo de calor sensible, $W\ m^{-2}$

transporte de calor por difusión/convección entre una superficie y el aire circundante

proporcional a la diferencia de temperatura superficie-aire y a la turbulencia del aire

Transporte turbulento y difusivo

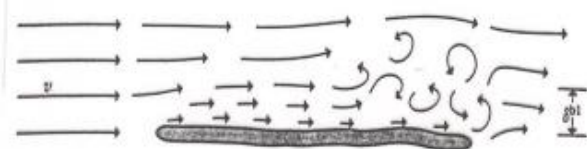
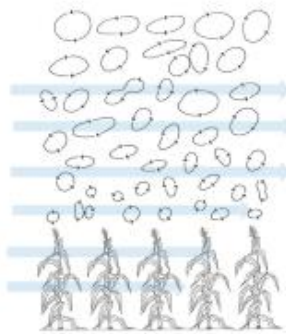


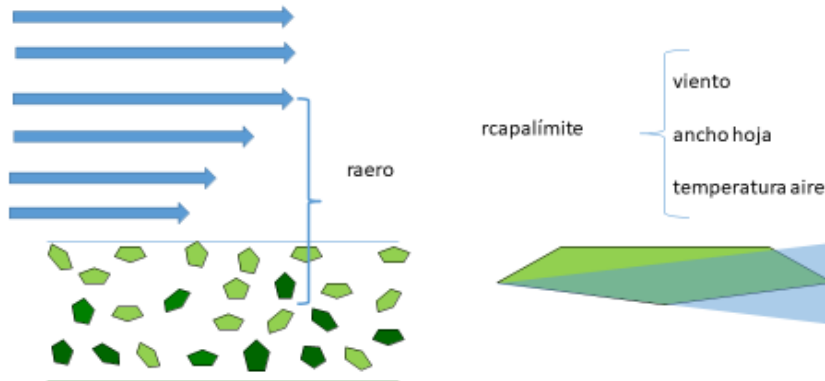
Figure 7.5

Schematic illustration of originally nonturbulent air flowing over the top of a flat leaf, indicating the laminar sublayer (shorter straight arrows), the turbulent region, and the effective boundary layer thickness δ^M . The arrows indicate the relative speed and the direction of the air movement.

$$Rn = \textcircled{H} + LE + G + M$$

Flujo de calor sensible

$$Sensible = \frac{(TempHoja - TempAire) \cdot \rho_o \cdot cp}{raero + r_{capal\acute{im}ite}H}$$



$$Rn = H + \textcircled{LE} + G + M$$

LE = Flujo de calor latente, $W m^{-2}$

transporte de vapor de agua por convección entre una superficie y el aire circundante

es proporcional a:

- la diferencia de concentración de vapor de agua entre superficie-aire
- la turbulencia del aire
- la resistencia "estomática" de la superficie

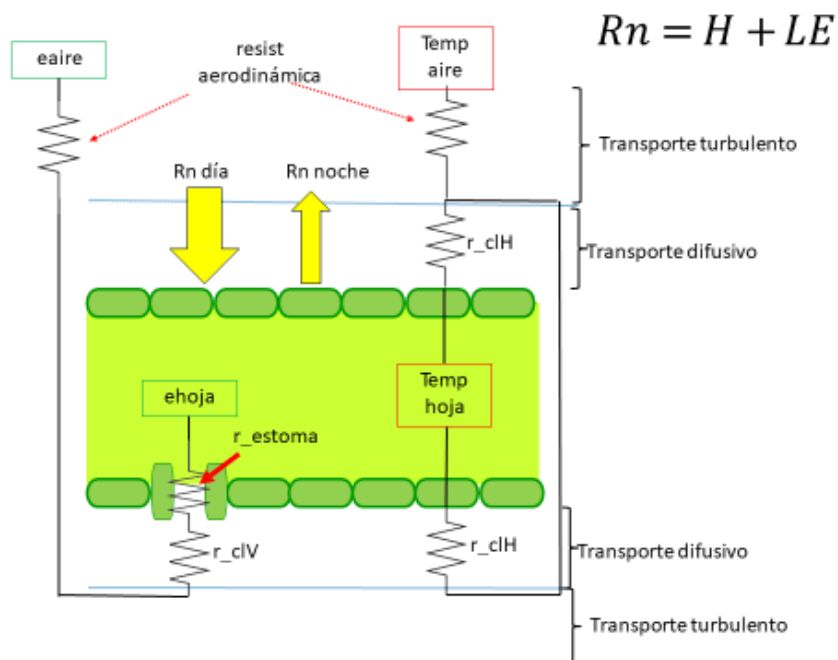
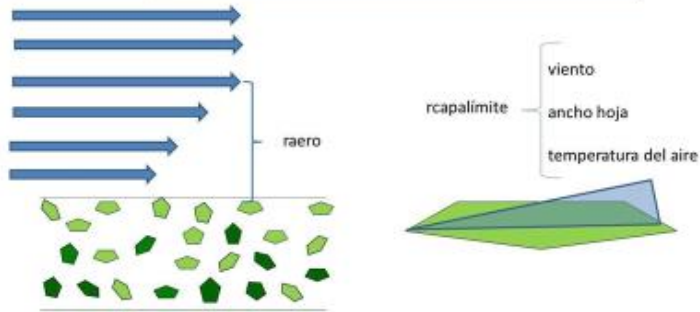
$$Rn = H + LE$$

$$\text{gamaPsicrom} \approx 0,066 \text{ kPa/}^\circ\text{C} = \text{cp}/\lambda = 29,3 \text{ (J/mol}^\circ\text{C)/44 (kJ/mol)}$$

Flujo de calor latente

$$\text{Latente} = \frac{(\text{Pres. vaphoja} - \text{Pres. vapore}) \cdot \rho_o \cdot \text{cp}/\text{gamaPsicrom}}{\text{raero} + 0,89 \cdot 2 \cdot \text{rcapalimiteH} + \text{restoma}}$$

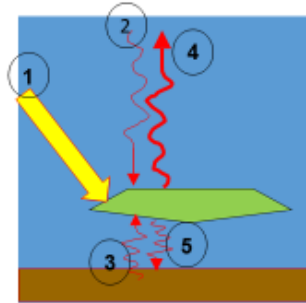
El vapor de agua es más liviano que el aire y sólo fluye por una cara de la hoja típica



Resumen

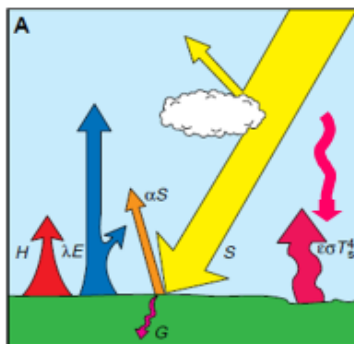
Para hojas individuales: $R_n = H + LE$

unidades $\rightarrow W \cdot m^{-2} = J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$



$$R_n = \underbrace{R_{solar} \cdot absorbancia}_{1} + \underbrace{\sigma \cdot TabsCielo^4}_{2} + \underbrace{\sigma \cdot TabsSuelo^4}_{3} - \underbrace{2 \cdot \sigma \cdot TabsHoja^4}_{4+5}$$

Resumen

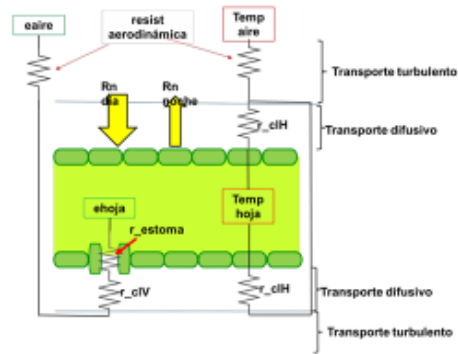


Componentes del Balance de Energía

$$R_n = H + LE + G + M$$

Clase pasada

$$R_n = H + LE$$



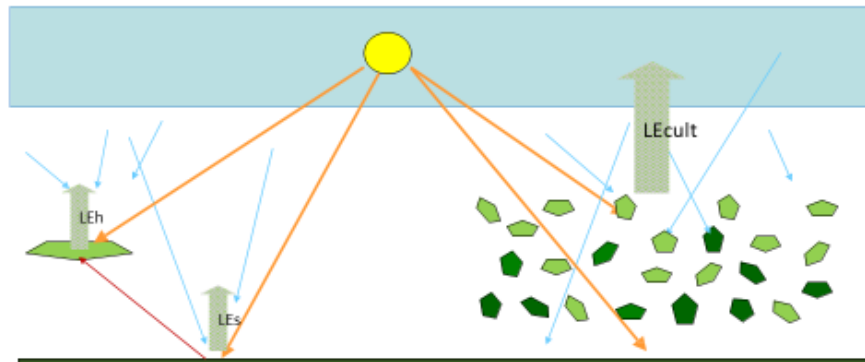
$$H = \frac{(TempHoja - TempAire) \cdot ro \cdot cp}{raero + rclH}$$

$$\frac{J \cdot m^{-3}}{s \cdot m^{-1}} = J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$$

$$LE = \frac{(Pres.vaphoja - Pres.vapaire) \cdot ro \cdot cp / gamaPscrom}{raero + \underbrace{0,89 \cdot 2 \cdot rclH + restoma}_{rclV}}$$

$$\frac{J \cdot m^{-3}}{s \cdot m^{-1}} = J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$$

Paso de hoja individual → Población de hojas



$$LE = f(Transporte, Energia)$$

$$(W m^{-2})$$

$$\frac{\Delta e}{r}$$

$$R_n$$

$$LE_{cult} = LE_s + \sum_{i=1}^{nh} LE_i \cdot dIAF_i$$

$$(W m^{-2})$$

$$nh$$

$$Evap \quad Transp$$

$$ET_{cult} = \frac{LE_{cult}}{\lambda_{vamp}}$$

$$(kg m^{-2} s^{-1})$$

$$(mm s^{-1})$$

$$\lambda_{vamp} \leftarrow \text{calor latente de vaporización, } J kg^{-1}$$

Perfil teórico de parámetros meteo en un cultivo

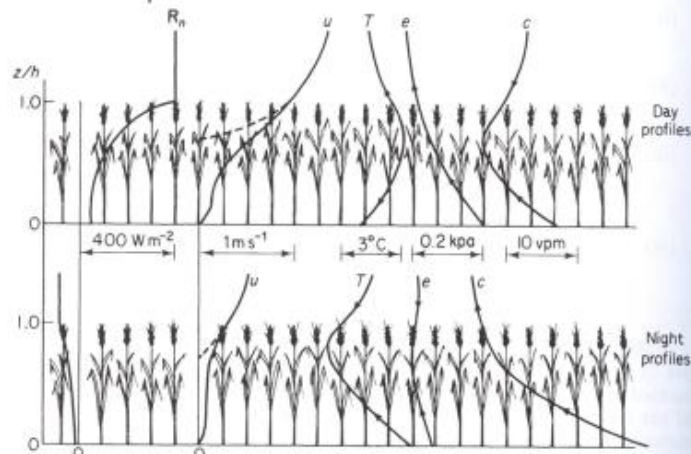
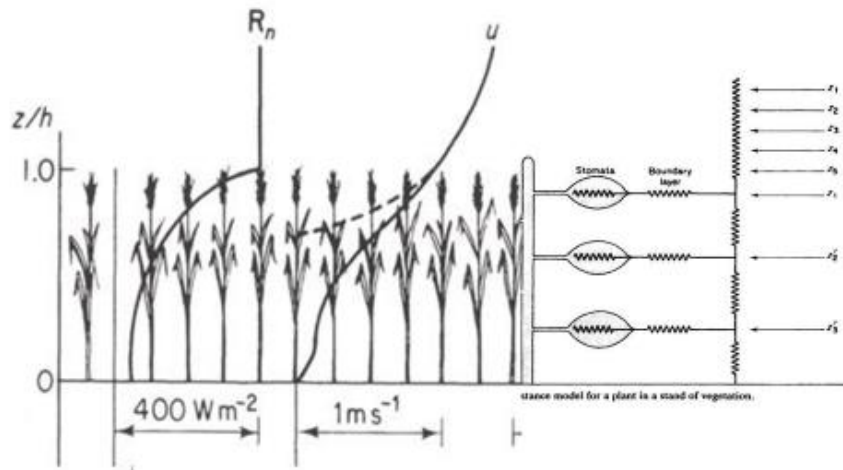
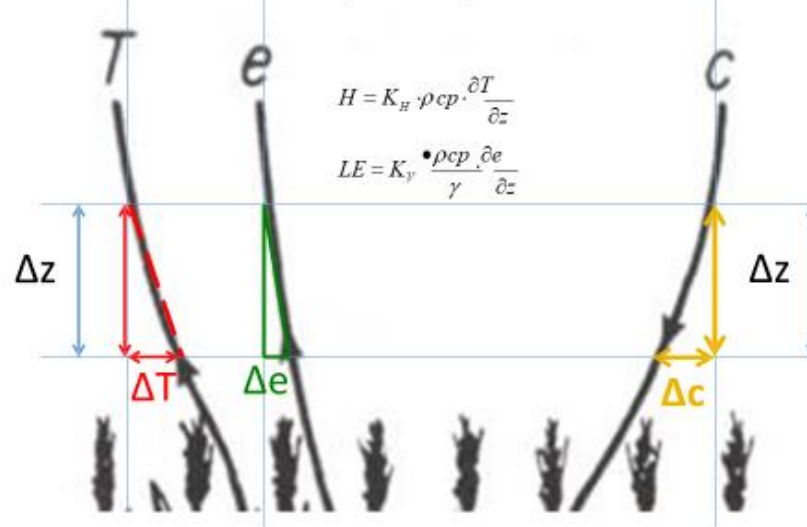


Fig. 14.1 Idealized profiles of net radiation (R_n), windspeed (u), air temperature (T), vapour pressure (e) and CO_2 concentration (c) in a field crop growing to a height h plotted as a function of z/h . The pecked wind profiles represent an extrapolation of the logarithmic relation between u and $(z-d)$ above the canopy (see Chapter 7).

Dentro de la vegetación:
Medición fácil de temp, ea, Rn
Muy difícil estimación de resistencias entre las hojas

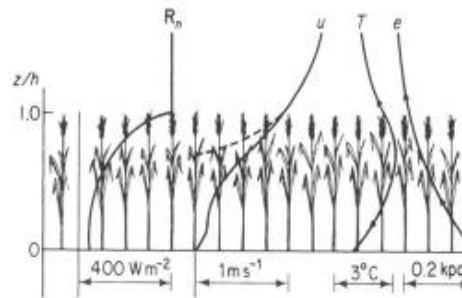


Sobre el cultivo fácil medición de temp, ea, viento y más "fácil" estimar resistencias



$$r_a = - \frac{\ln \left[\frac{z_m - d}{z_{oh}} \right] \ln \left[\frac{z_h - d}{z_{oh}} \right]}{k^2 u_z}$$

- r_a : aerodynamic resistance [$s m^{-1}$],
- z_m : height of wind measurements [m],
- z_h : height of humidity measurements [m],
- d : zero plane displacement height [m],
- z_{oh} : roughness length governing momentum transfer [m],
- z_{oh} : roughness length governing transfer of heat and vapour [m],
- k : von Karman's constant, 0.41 [-],
- u_z : wind speed at height z [$m s^{-1}$].



For a wide range of crops the zero plane displacement height, d [m], and the roughness length governing momentum transfer, z_{oh} [m], can be estimated from the crop height h [m] by the following equations:

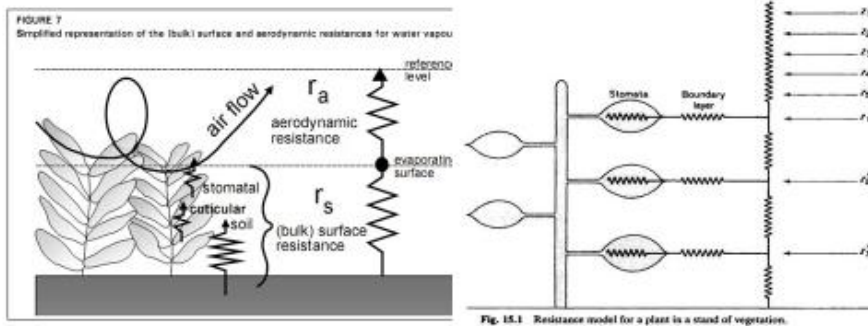
$$d = 2/3 h$$

$$z_{oh} = 0.123 h$$

The roughness length governing transfer of heat and vapour, z_{oh} [m], can be approximated by:

$$z_{oh} = 0.1 z_{oh}$$

Resistencia de superficie

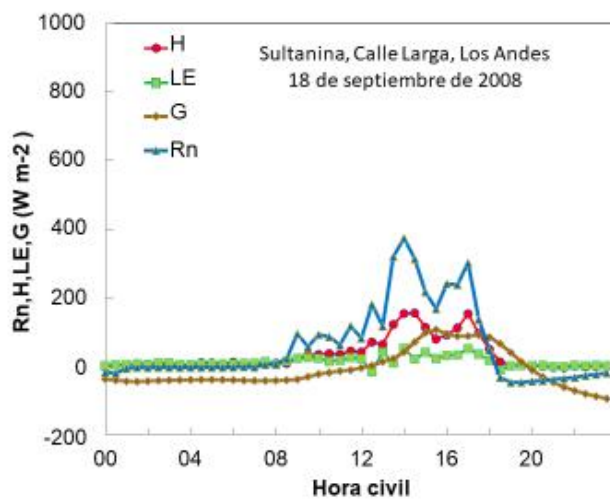


$R_{\text{superficie}} = f(r_{\text{estomas}}, r_{\text{capalímite}}, IAF, \text{humedad superficial del suelo})$

Para cultivos que cubren completamente el suelo:

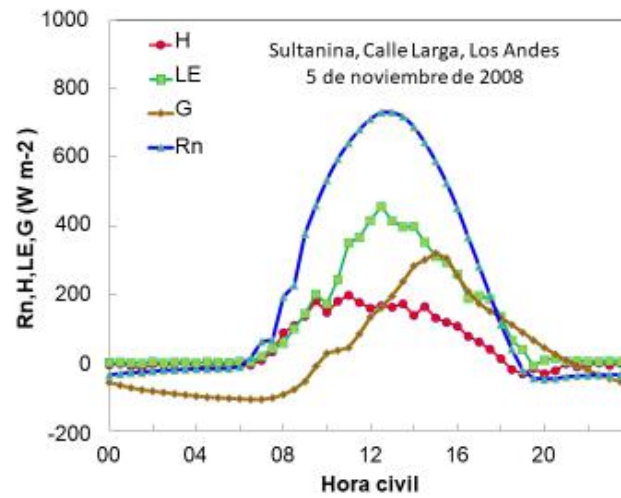
$$r_{\text{sup}} \approx \frac{r_{\text{estoma}} + r_{\text{cl}}}{IAF \text{ al sol}} \quad \text{De una hoja bien iluminada}$$

Variaciones en el día de R_n , H , LE y G



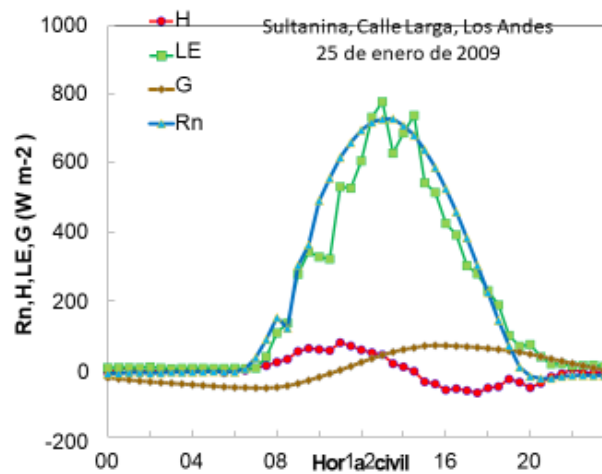
Tesis Magister Paulina Villagra 2011

Variaciones en el día de Rn, H, LE y G



Tesis Magister Paulina Villagra 2011

Variaciones en el día de Rn, H, LE y G

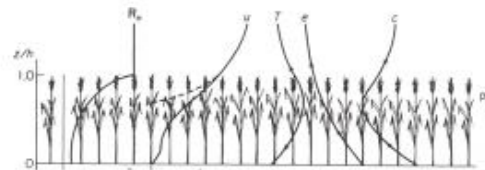


Tesis Magister Paulina Villagra 2011

Cálculo de ET por fórmula de Penman-Monteith
 Evapotranspiración de referencia (ETo)
 Estaciones meteorológicas para estimar ETo
 Bandeja clase A para estimar ETo

ET Penman Monteith

$$ET_t = \frac{\Delta_t (Rn_t - G) + \rho \cdot c_p \cdot \frac{es_t - ea_t}{ra}}{\lambda \left(\Delta_t + \gamma_t \left(1 + \frac{r_{sup,t}}{ra_t} \right) \right)}$$



No se necesita esat del cultivo ni temperatura del cultivo

Funciona muy bien atmósfera neutra

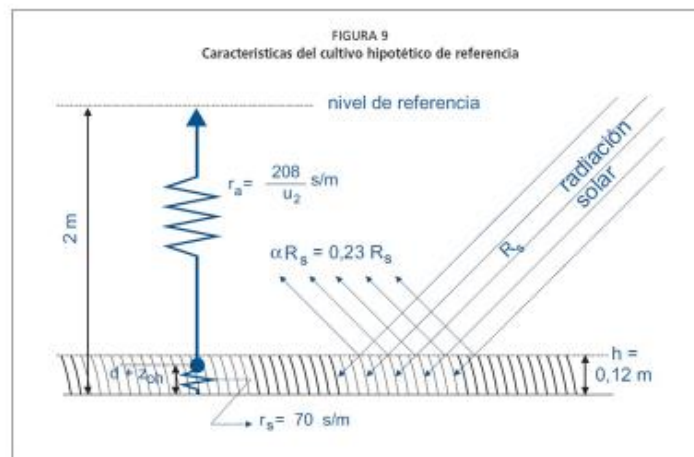
Evapotranspiración de referencia definición antigua

Es la ET de un cultivo bajo, extenso, en activo crecimiento, que cubre completamente el suelo y está en óptimas condiciones hídricas, nutricionales y sanitarias

ej. pradera de trébol + ballica

pero no era suficientemente precisa

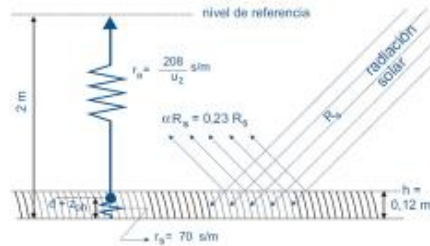
se definió un cultivo hipotético



Para cultivos que cubren completamente el suelo:

$rsup \approx \frac{restoma+rci}{IAF \text{ al sol}}$ donde para el cultivo de referencia se asume que : $IAF \text{ act} = IAF \times 0,5$; $IAF = 24 \times h$, donde $h \text{ (m)}$ es la altura del cultivo y se considera la resistencia de una hoja activa de 100 sm^{-1}

$$ET_e = \frac{\Delta_r (R_n - G) + \rho \cdot c_p \cdot \frac{e_s - e_a}{ra}}{\lambda \left(\Delta + \gamma \left(1 + \left(\frac{r_{sup}}{ra} \right) \right) \right)}$$



Evapotranspiración de referencia (ET0)

ET0 (evapotranspiración de referencia) se define como la ET diaria de un :

- cultivo hipotético de 12 cm de altura que cubre completamente el suelo
- resistencia de superficie de 70 s m⁻¹
- albedo = 0,23
- resistencia aerodinámica se calcula en base a altura de referencia = 2 m
- en óptimas condiciones hídricas, nutricionales, sanitarias

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (6)$$

El valor de Eto provee un estándar para el cual:

- Evapotranspiración en diferentes períodos del año en otras regiones puedan ser comparados.
- Evapotranspiración de otros cultivos se pueda relacionar.
- La ecuación de FAO-PM es una simple y buena representación de los factores físicos y fisiológicos que gobiernan el proceso evapotranspirativo.
- FAO-PM usa mediciones climatológicas estándar de radiación temperatura del aire, humedad y velocidad de viento.
- Para asegurar la calidad de las mediciones deben ser hechas a 2 m. sobre una superficie extensa de pasto que cumple las condiciones antes mencionadas.

Evapotranspiración de referencia método FAO-Penman-Monteith, mm/día

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (6)$$

donde:

ET_o	evapotranspiración de referencia (mm día ⁻¹)
R_n	radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m ⁻² día ⁻¹)
R_s	radiación extraterrestre (mm día ⁻¹)
G	flujo del calor de suelo (MJ m ⁻² día ⁻¹)
T	temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
u_2	velocidad del viento a 2 m de altura (m s ⁻¹)
e_s	presión de vapor de saturación (kPa)
e_a	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
Δ	pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C ⁻¹)
γ	constante psicrométrica (kPa °C ⁻¹)

Estimación de G día

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

G día cultivo referencia ≈ 0

$$G = c_s \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta t} \Delta z \quad (41)$$

donde

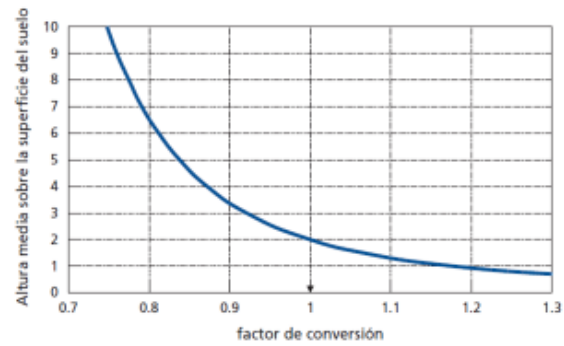
G	flujo de calor del suelo [MJ m ⁻² día ⁻¹],
c_s	capacidad calorífica del suelo [MJ m ⁻³ °C ⁻¹],
T_i	temperatura del aire en el tiempo i [°C],
T_{i-1}	temperatura del aire en el tiempo i-1 [°C],
Δt	intervalo de tiempo considerado [días],
Δz	profundidad efectiva del suelo [m]. —————> (0,1 a 0,2 m)

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} (u_2 e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (6)$$

Corrección por altura de medición de viento

$$u_2 = u_z \frac{4,87}{\ln(67,8 z - 5,42)} \quad (47)$$

u_2 velocidad del viento a 2 m sobre la superficie [$m s^{-1}$],
 u_z velocidad del viento medida a z m sobre la superficie [$m s^{-1}$],
 z altura de medición sobre la superficie [m].





Ubicación ideal:

Al centro de una pradera baja en óptimo estado hídrico en un círculo de 150 m de radio

Ubicación mínima: Cuadrado de 50m x 50 m

Realidad:

Se usan radios bastante más pequeños que pueden llevar a errores de 30-40%

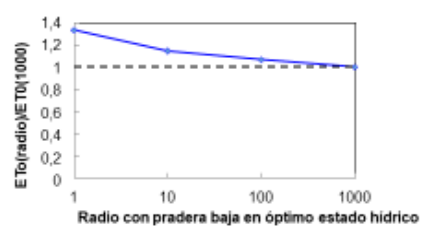
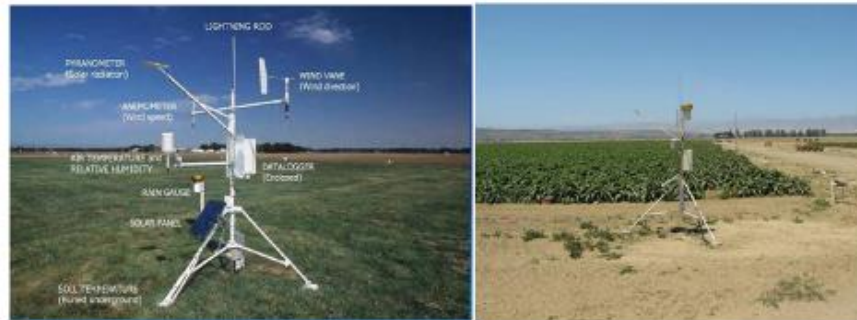


Gráfico a partir de recomendaciones FAO para bandeja evaporativa

Ubicación de estación/bandeja para ETo

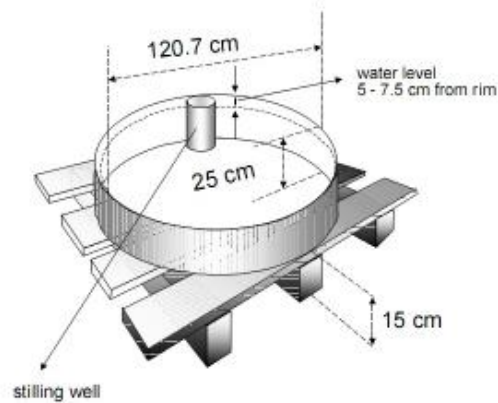


Ideal

Muchos problemas

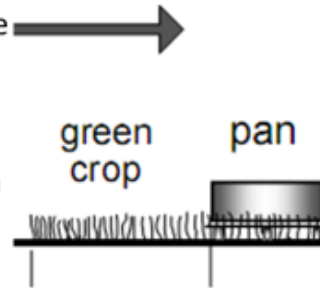
- Radiación solar
 - Temperatura aire
 - HRaire
 - velocidad de viento
- deben ser los mismos que afectan a los cultivos de interés

Estimación de ETo por método de bandeja
(determinar primero E_b y luego corregir por factor apropiado)



Estimación de ETo por método de bandeja

- Ubicación es **crítica**
- Requiere mantención constante
 - nivel de agua
 - limpieza
 - entorno
- Estimación para períodos de 10 días
- Márgenes de error diarios de 15%



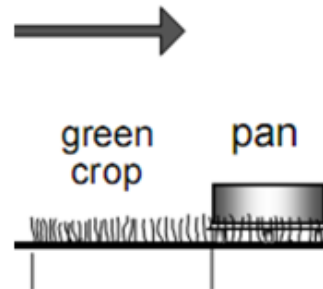
Estimación de ETo por método de bandeja

$$ETo = Eb * kb$$

Eb: evaporación medida en la bandeja, mm/día

kb :coeficiente de bandeja

ETo: evapotranspiración de referencia



Factores que afectan a kb (asumiendo que se instaló correctamente):

- velocidad media del viento
- humedad relativa promedio
- longitud de la "zona verde" antes de llegar a la bandeja

Valores de k_b de acuerdo a velocidad de viento, humedad relativa y longitud de zona de pasto

Tanque Clase A	HR media	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada		
		baja < 40	media 40-70	alta > 70
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Distancia del cultivo a barlovento (m)			
Baja < 2	1	,55	,65	,75
	10	,65	,75	,85
	100	,7	,8	,85
	1 000	,75	,85	,85
Moderada 2-5	1	,5	,6	,65
	10	,6	,7	,75
	100	,65	,75	,8
	1 000	,7	,8	,8
Alta 5-8	1	,45	,5	,6
	10	,55	,6	,65
	100	,6	,65	,7
	1 000	,65	,7	,75

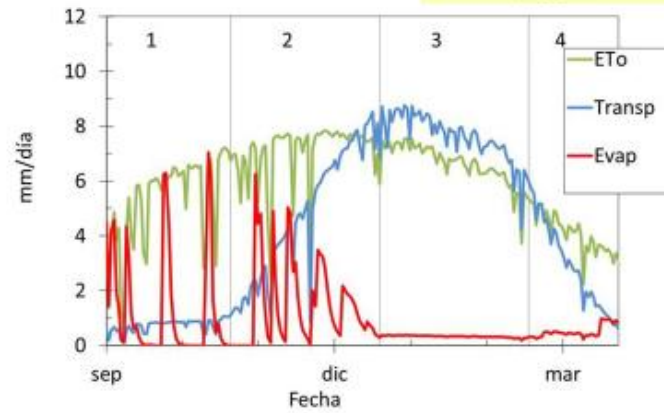
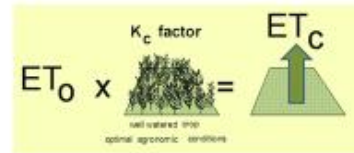
Condiciones esenciales para estación medidora de ETo

- Sin sombreado durante el día los 365 días del año
- Distancia mínima de 8-10 veces la altura de edificación/cortavientos más cercana
- La superficie debe ser uniforme en vegetación y humedad viento arriba
-

2. Tengo ETo ¿Como paso a ETc?

$$k_c = \frac{T + E}{ETo}$$

Simulación de T y E para maíz, RM



Cálculo de ETc por coeficiente simple

$$ETc = k_c * ETo$$

Cálculo de ETc por coeficiente dual

$$ETc = (k_e + k_{cb}) * ETo$$

- mejor predicción a escala diaria para cuartel o predio
- permite incorporar efecto de diversos patrones de mojamiento

Con el coeficiente dual podemos calcular en forma separada la transpiración y la evaporación

$$E = k_e \cdot ETo$$

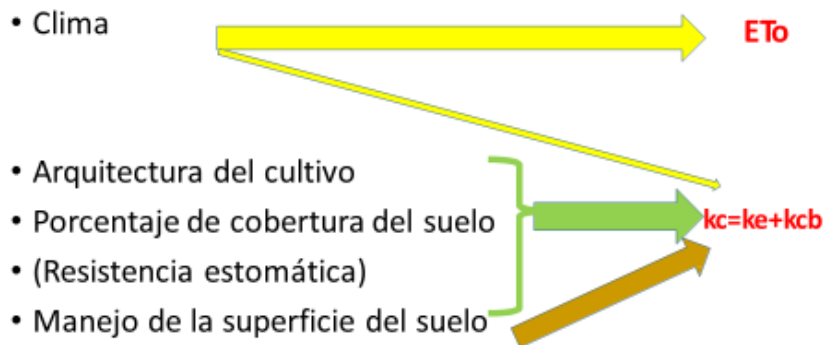
$$T = k_{cb} \cdot ETo$$

$$kc = k_e + k_{cb}$$

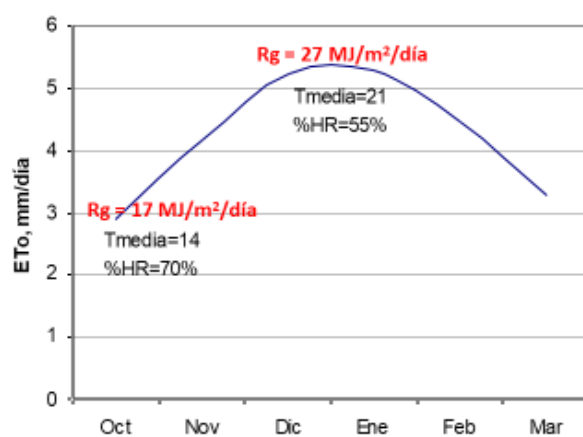
$$ETc = kc \cdot ETo = (k_e + k_{cb}) \cdot ETo$$

El coeficiente basal se define como la relación entre Etc y Eto cuando el suelo superficial esta seco, sin embargo el contenido de agua en el suelo es adecuado para sostener máxima transpiración . El Kcb representa la línea base del valor del kc en la ausencia de efectos adicionales de un suelo superficial húmedo por riego y precipitación.

¿De que depende la magnitud de la demanda del cultivo (ETc)?

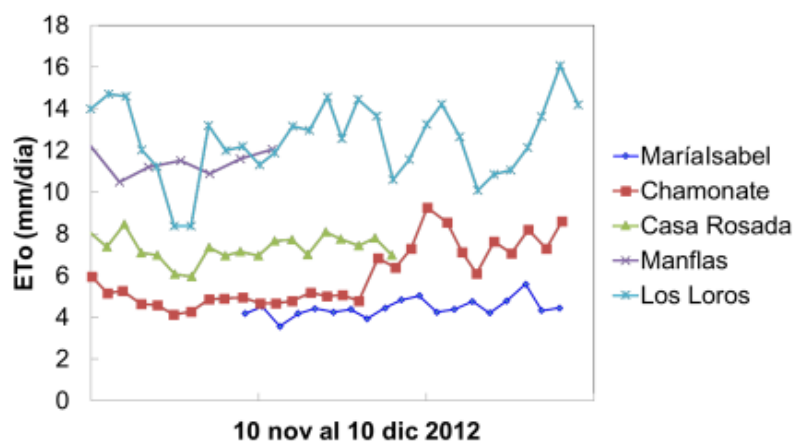


Efecto del Clima



Efecto clima en distintas localidades

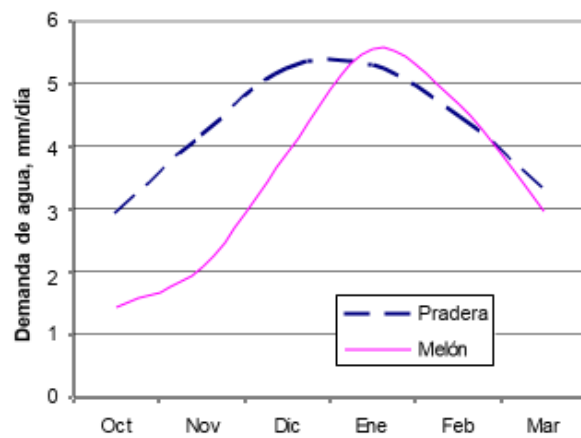
⇒ ETo



Datos sacados de www.agroclima.cl



Efecto planta



Efecto de la superficie del suelo



Efecto de la superficie del suelo

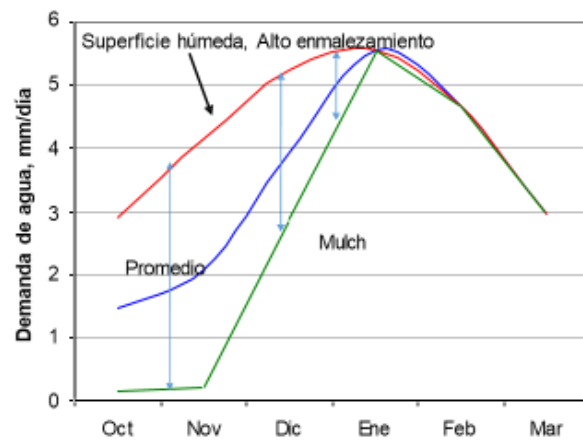


FIGURA 20
Valores típicos de K_c para diferentes cultivos completamente desarrollados

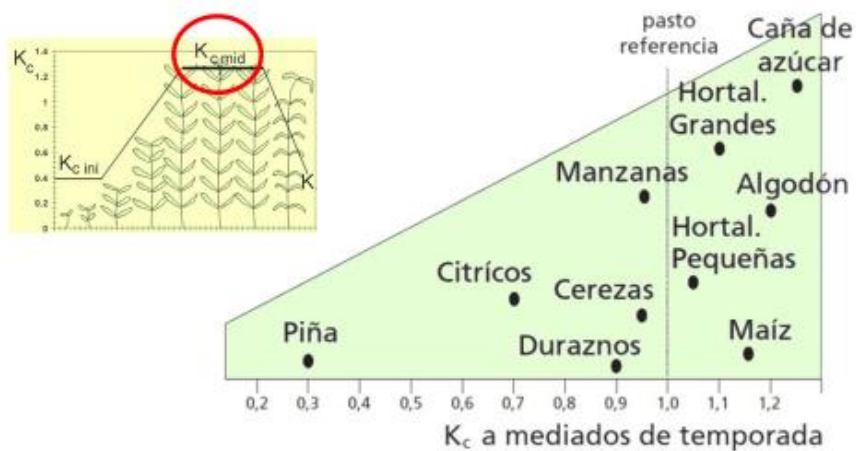
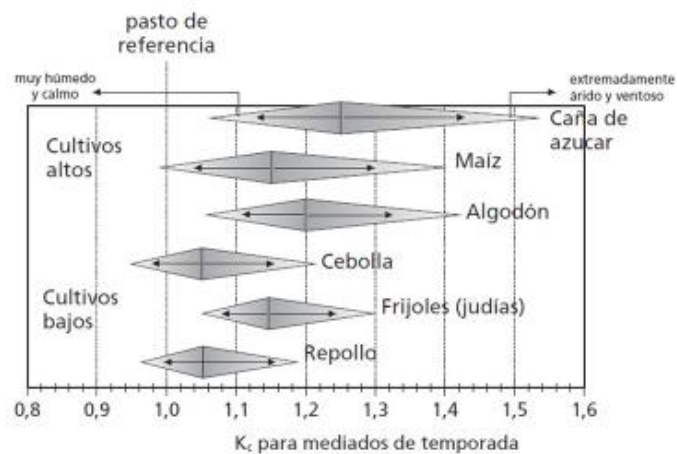


FIGURA 21
Rangos extremos de K_c para cultivos completamente desarrollados, en respuesta a variaciones climáticas y meteorológicas



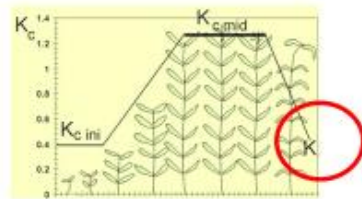
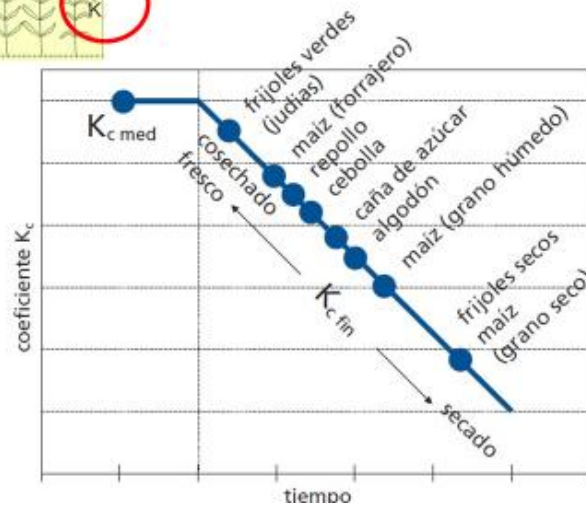


FIGURA 33
Rangos esperados de Kc fin

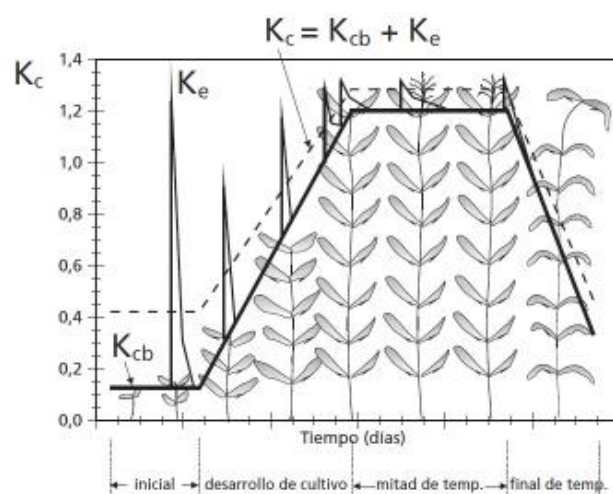


CUADRO 10
Criterios generales de selección para los procedimientos del coeficiente único y dual del cultivo

	Coefficiente único del cultivo K_c	Coefficiente dual del cultivo $K_{so} + K_c$
Propósito del cálculo	- diseño y planificación del riego - manejo del riego - calendarios básicos de riego - calendarios de riego en tiempo real para aplicaciones no frecuentes de agua (riego por superficie y aspersión)	- investigación - calendarios de riego en tiempo real - calendarios de riego para aplicaciones de agua con alta frecuencia (micro-irrigación y riego por aspersión automatizado) - riego suplementario - estudios detallados de balance de agua en hidrología y suelos
Escala temporal	diaria, 10 días, mensual (cálculos y datos)	diaria (cálculos y datos)
Método de cálculo	gráfico calculadora de bolsillo computadora	computadora

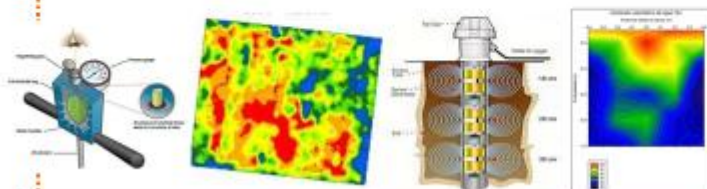
Figura 26

Curvas del coeficiente del cultivo mostrando las curvas de K_s (línea gruesa), de la evaporación en el suelo K_e (línea delgada) y la curva correspondiente de $K_c = K_{cb} + K_e$ (línea punteada)





HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN DEL RIEGO



Jornada de capacitación-Calama- 23 de marzo de 2018



Fortalecimiento y
desarrollo de
competencias en el
uso eficiente del
recurso hídrico
para la Región de
Antofagasta

Victor Beyá Marshall
Ing. Agr. M. Sc.

vbeya@uchile.cl

- ANTECEDENTES DEL RIEGO
- HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS
 - CLIMÁTICAS
 - PLANTA
 - SUELO
- RIEGO DE PRECISIÓN



En la agricultura debemos resolver problemas

- ¿Cuánta agua hay en el suelo?
- ¿Cuánta agua consume la planta diariamente?
- ¿Cuánto tiempo debo regar?
- ¿Cada cuántos días?

Para contestar estas preguntas, podemos usar

Tecnología



Que nos permita

Medir

¿CÓMO TOMAMOS LA DECISIÓN DE CUÁNDO REGAR?

Factores climáticos



Disponibilidad de agua



□ Esta metodología es buena, sin embargo tiene sus contra:

- Subjetiva
- Tiempo para hacerla y para revisarla



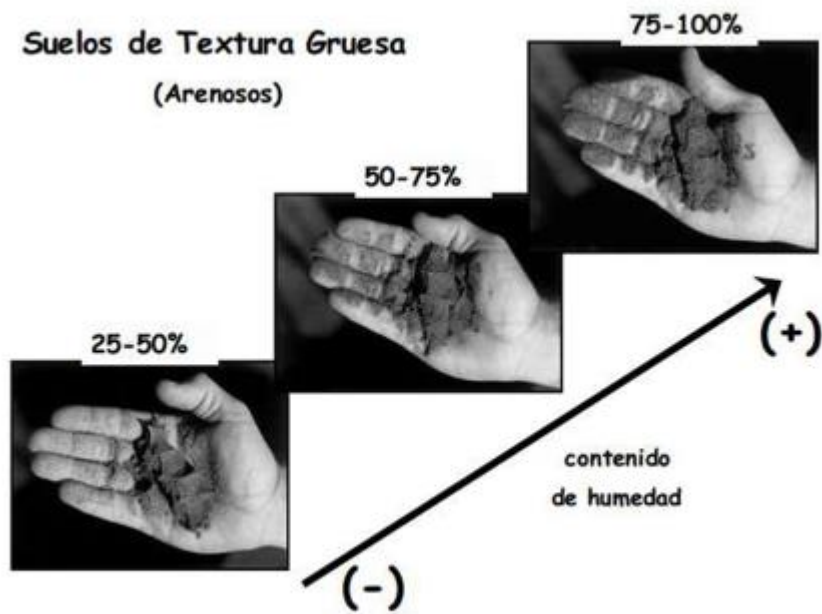
¿Qué herramientas se han utilizado hasta ahora?

Ejemplo: Productores del valle de Copiapó

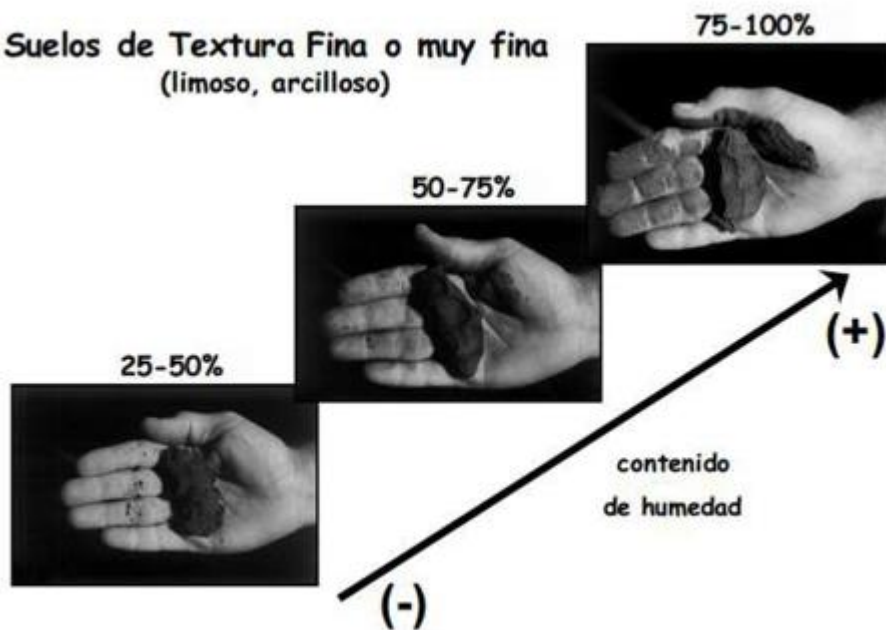
- Calicata (75%)
- Evapotranspiración (ET0) (5%)
 - Estación meteorológica
 - Bandeja de evaporación
- Boca a boca (20%)
 - Asesores que a su vez utilizan calicata
- Tensiómetros
 - Una aproximación tecnológica
 - Requiere de mantenciones periódicas para una correcta obtención de datos



**Suelos de Textura Gruesa
(Arenosos)**



**Suelos de Textura Fina o muy fina
(limoso, arcilloso)**



Determinar el contenido de agua al tacto

• Serias desventajas

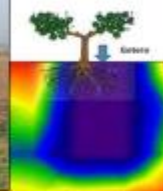
- Ineficiente para determinar IR
 - Favoreciendo pérdidas por percolación
- Recomendaciones basadas en percepciones
 - Diferente sensibilidad de los evaluadores
 - subjetivo
- No existen datos
 - No podemos comparar situaciones
- Uso de asesores
 - Gasto, en ocasiones, innecesario
- Difícil delegar esta tarea
 - No tenemos personal calificado
- Mano de obra escasa



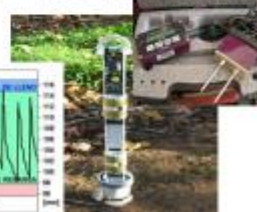
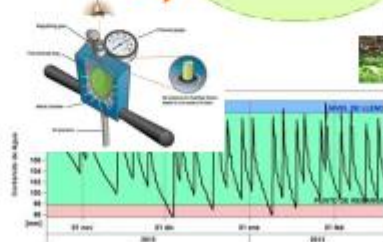
Muy subjetivo

Cómo nos enfrentamos hoy en día ante el..

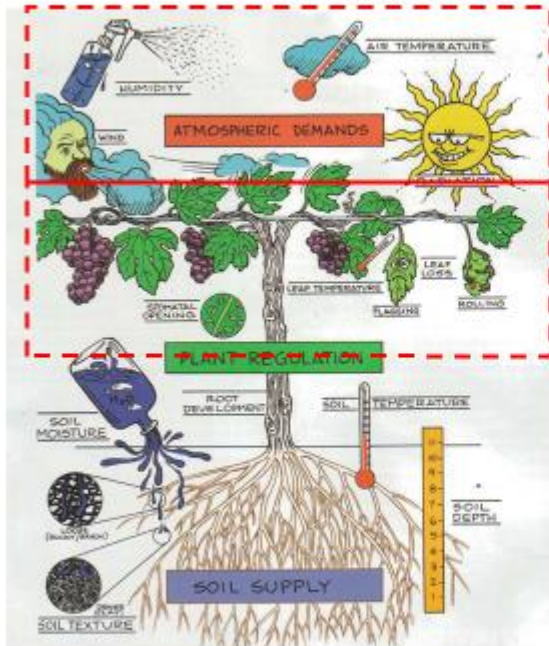
¿CÓMO, CUÁNTO Y CUÁNDO REGAR?



PLATAFORMA
GEOESPACIAL



Métodos para el control del riego



Estación meteorológica
Bandeja de evapotranspiración

Cámara de presión Scholander
Porómetro
Dendrómetro

$$ET_c = ET_o \times k_c \times k_r$$

ET_c = Evapotranspiración de cultivo (cuanto regar)

ET_o = Evapotranspiración de referencia

k_c = coeficiente de cultivo (esta directamente relacionado con el estado de desarrollo del árbol y el momento del ciclo vegetativo).

k_r = factor de cobertura

El k_r es un factor de ajuste definido principalmente para plantaciones nuevas

Métodos para la determinación del momento de riego

Ejemplo en frutales. Métodos basados en la planta

Método	Registro	Validez espacial de la medición	Area cubierta por día
Potencial hídrico hoja	manual	hoja	< 50 plantas
Potencial hídrico tallo	manual	planta	< 50 plantas
Potencial hídrico base	manual	Depende de la variabilidad del suelo	< 50 plantas
Conductancia estomática	manual	hoja (cm ²)	< 50 plantas
Flujo de savia	automático	planta (m ²)	1 planta
Dendrometría	automático	planta (m ²)	1 planta
Temperatura del dosel	automático manual	planta (m ²) o varias plantas	< 100 plantas

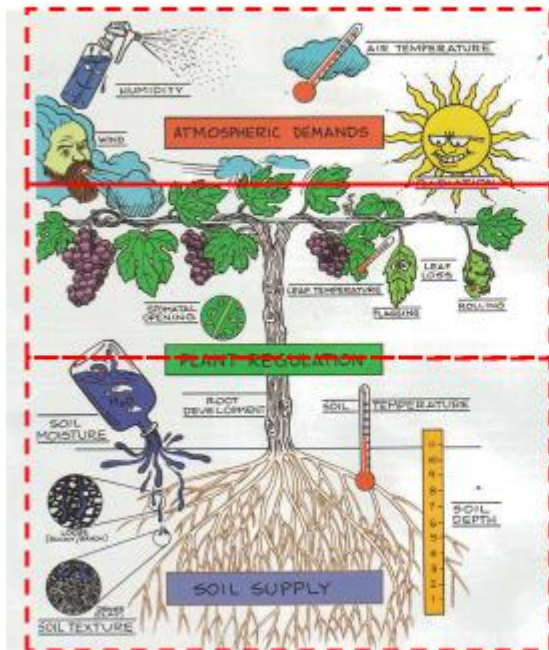
(Adaptado de Acevedo et al. 2008)

Métodos para la determinación del momento de riego

Método	Registro	Validez espacial de la medición	Area cubierta por día
Sensores de humedad de suelo	automático Manual	unidad de suelo	puntual
Conductividad eléctrica del suelo	automático	~ m ²	varias ha.
Imágenes aéreas	Automático	(0 cm ² -3m ²)	varias ha.
Evapotranspiración del cultivo	automático manual	unidad de suelo y clima	varias ha

(Adaptado de Acevedo et al. 2008)

Métodos para el control del riego



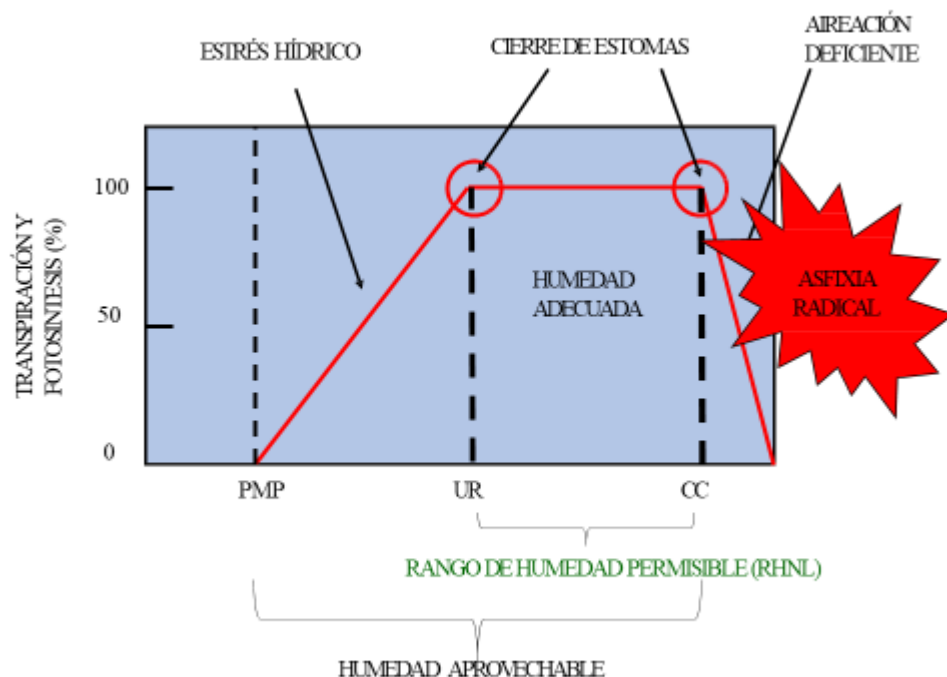
Estación meteorológica
Bandeja de evapotranspiración

Cámara de presión Scholander
Porómetro
Dendrómetro

Tensiometro
TDR
FDR discontinuo y continuo

POROMETRO





Ventajas

- Medición directa de la respuesta fisiológica de la planta.
- Fácil de usar, tienen una función automática que entrega valores en 30 segundos.

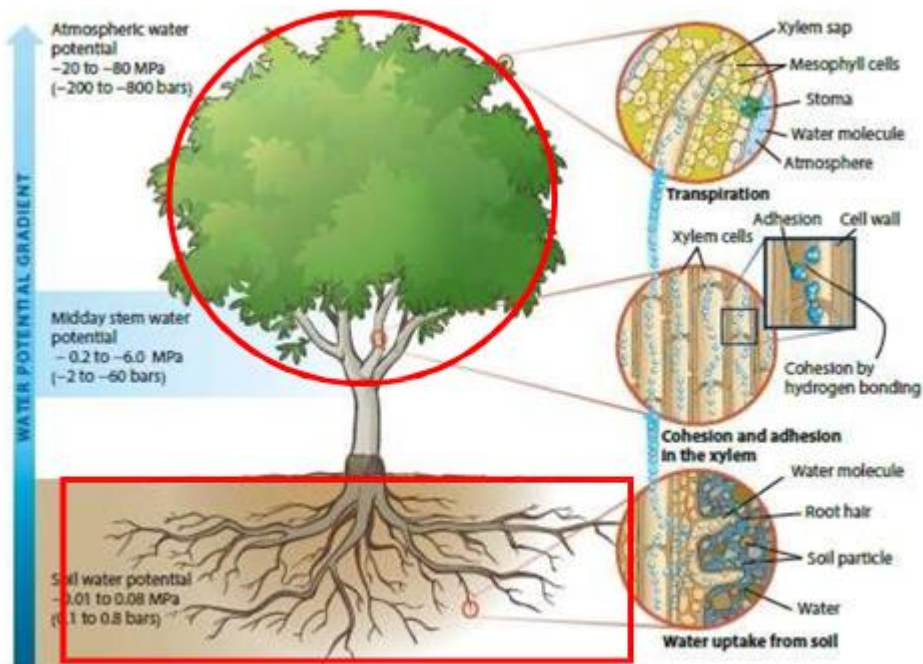
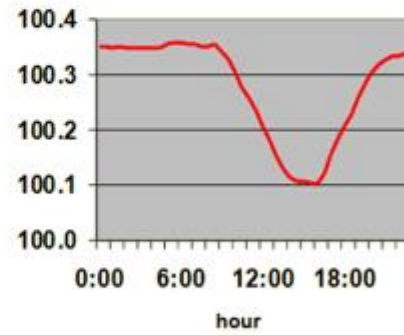
Desventajas

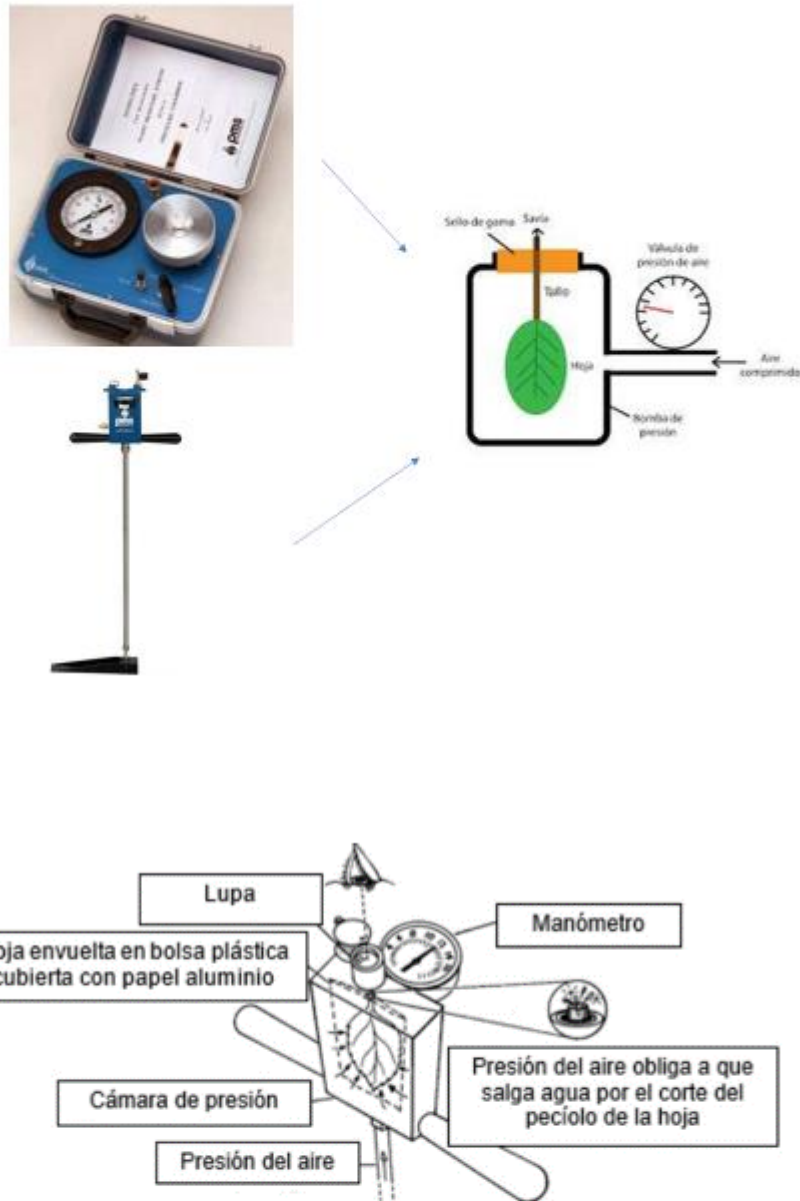
- Sus mediciones son muy dependientes de las condiciones climáticas, porque la conductancia estomática depende de la temperatura, humedad relativa, luz solar y viento.
- En general, se ha utilizado como una herramienta de medición complementaria, aunque existen publicaciones a nivel científico sobre su utilidad para manejar el riego.
- No existen valores absolutos de referencia sino rangos, ya que las plantas tienen distintos tipos de comportamientos y diferentes respuestas al estrés hídrico (deficiencia de agua).

Dendómetro



Cambios en el diámetro del tronco





La cámara de presión modelo Pump-up (PMS Instrument Company, Oregon, USA), fue diseñada con la finalidad de monitorear y/o controlar el riego. Varía con respecto a la cámara de presión tradicional debido a que no requiere de una fuente externa de presión (balón de gas comprimido como el nitrógeno), lo que facilita su manipulación y traslado en terreno. La presión se genera debido a que posee un tubo conectado a la cámara, en el cual se encuentra inserto un pistón que genera la presión cuando se bombea.

Técnica básica para medir potencial hídrico al medio día

- Seleccionar hojas asoleadas
- Envolver en bolsa de aluminio (al menos 1 hora antes de la medición)
Depende de la especie
- Al momento de medir cortar el peciolo con una hoja de afeitar bien afilada.
- Colocar la hoja más el envoltorio en la cámara de presión (~ 10 s después del corte)
- Presurizar la cámara a una tasa constante de entre 0.3 a 0.5 bares por segundo



Cámara de presión Scholander

Ventajas:

- Sistema simple
- Medición rápida y fácil de hacer
- Es una medición de mediana frecuencia (15 días)
- Es una medición directa en la planta
- Medida del grado de estrés de la planta
- Integra el efecto del ambiente de la planta (suelo-clima)
- Lecturas se correlacionan con los procesos metabólicos

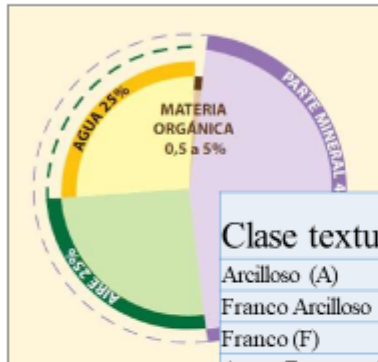


Desventajas:

- Mediciones presentan variaciones durante el día (interpretación de los datos)
- Demandan tiempo
- Instrumento caro
- Requiere personal calificado



Recordemos algunas características del suelo



Pero...
depende del tipo de suelo

Clase textural	SAT (%)	CC (%)	PMP (%)	Aire a CC (%)
Arcilloso (A)	48,8	42	29,9	6,8
Franco Arcilloso (FA)	47,2	35	21,3	12,2
Franco (F)	45,8	26,7	12,6	19,1
Areno Francoso(aF)	45,7	12,1	5,7	33,6
Arenoso (a)	46,3	9,4	5	36,9
Arcilloso arenoso (Aa)	44	37,1	26	6,9
Franco Arcillo arenoso (FAa)	43,2	28,3	18,3	14,9
Franco arenoso (Fa)	45	17,9	8,1	27,1
Limoso (L)	48,2	31,6	6,3	16,6
Arcillo limoso (AL)	53,2	41,6	27,8	11,6
Franco arcillo limoso (FAL)	51	37,9	21	13,1
Franco limoso (FL)	48,2	32,1	13,7	16,1

TENSIÓMETRO

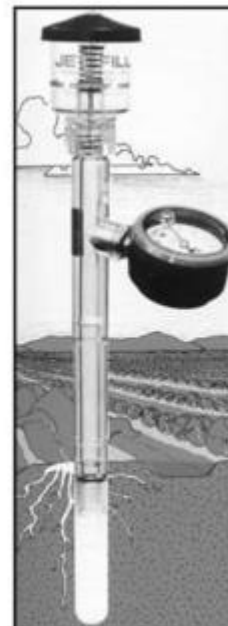
Se compone de:

-Cápsula de cerámica porosa con agua en su interior

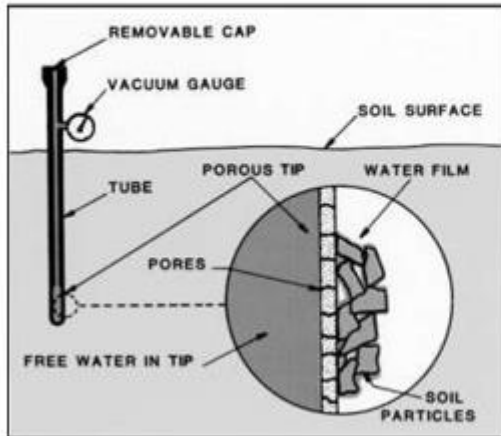
-Conectada a un manómetro ó indicador de vacío, por un tubo lleno de agua

-El tensiómetro se llena de agua y se instala en terreno

-La cápsula porosa se ubica a la profundidad de medición deseada

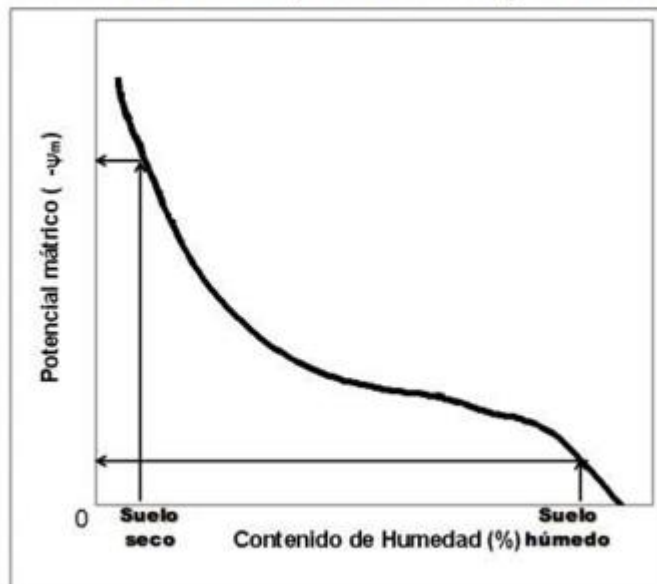


Cuando el suelo se seca, ejerce una tensión matricial sobre el agua de la columna, que hace que la altura descienda, pasando al suelo provocando presión negativa indicada por el manómetro (centibares).

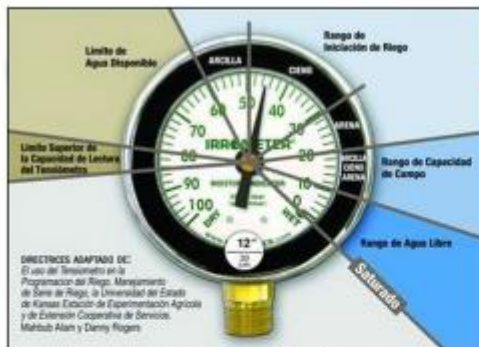
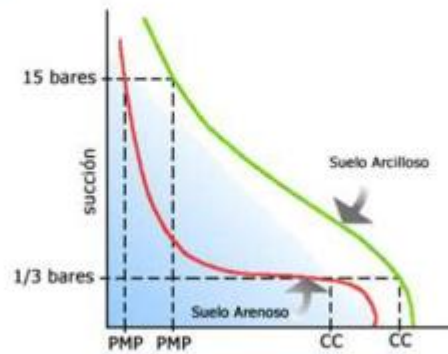


La cápsula porosa permite que el agua salga o entre de ella hasta el equilibrio

Relación entre el contenido y retención de agua en el suelo



- Un adecuado uso de este aparato necesita establecer las relaciones entre potencial y contenido de agua en el suelo, para responder a las preguntas del cuando y cuanto.



En otras palabras, el tensiómetro indica el esfuerzo que las raíces deben realizar para extraer la humedad del suelo

Lecturas tensiométricas:

0 a 10 cb → suelo saturado por riego reciente

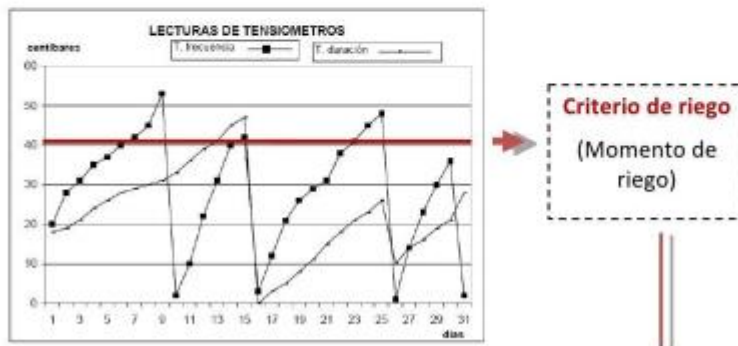
10 a 25 cb → indica suelo a CC y humedad disponible para la planta con un mínimo esfuerzo

25 a 50 cb → indica buena disponibilidad de agua

50 - 80 cb → indica menor humedad de suelo cercana a umbral de riego (sobre todo en cultivos demandantes de agua)

Valores referenciales del tensiómetro para diferentes frutales

● Palto	● 40 – 50 cb
● Cítricos	● 50 – 70 cb
● Frutales	● 20 – 40 cb
● Uvas	● 30 – 60 cb
● Estrés	● > 70 cb



- Ventajas
- Sistema simple
- Objetivo y cuantitativo
- Simple interpretación de datos
- Muy rápido para medir potenciales mátricos del suelo "in situ"
- Bajo costo
- Fáciles de instalar y mantener
- Miden directamente la succión de agua
- No están influidos por el contenido de sales del agua del suelo

Desventajas

- Muestreo puntual
- Requiere mantención
- Requiere calibración
- No mide directamente el contenido de agua del suelo
- La relación entre el contenido de agua y el potencial mátrico difiere para cada tipo de suelo
- Requieren de un mantenimiento periódico
- No funcionan bien en suelos muy secos o de texturas muy gruesas
- En su instalación se disturba el suelo y puede permitir la infiltración de agua

TDR(Time Domain Reflectometry)

(1) Cada material puro tiene una cte. dieléctrica, K (varía entre 1 y 80)

$$K(\text{H}_2\text{O pura}) = 80$$
$$K(\text{aire}) = 1$$

(2) Una mezcla de materiales tiene una cte. dieléctrica aparente, K_a

Es así como K_a para:

la fase sólida de suelos minerales 3.9

Suelos orgánicos es 5.0

$K(\text{H}_2\text{O})$ es tan alta en relación a los otros componentes del suelo, que es ésta la que determina la K_a



TDR(Time Domain Reflectometry)

Por eso, es posible determinar el contenido de agua en el suelo, mediante la K_a

TDR transmite un pulso electromagnético a lo largo de un par de varillas

El TDR mide el tiempo que demora el pulso en viajar desde el inicio de una guía de longitud conocida

Al medir la velocidad del impulso electromagnético determina la constante dieléctrica aparente K_a y otras características del suelo



$$V_p \approx \frac{c}{\sqrt{K_a}}$$

Donde:

V_p = Velocidad de propagación, (m s^{-1})

$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

K_a = Constante dieléctrica aparente

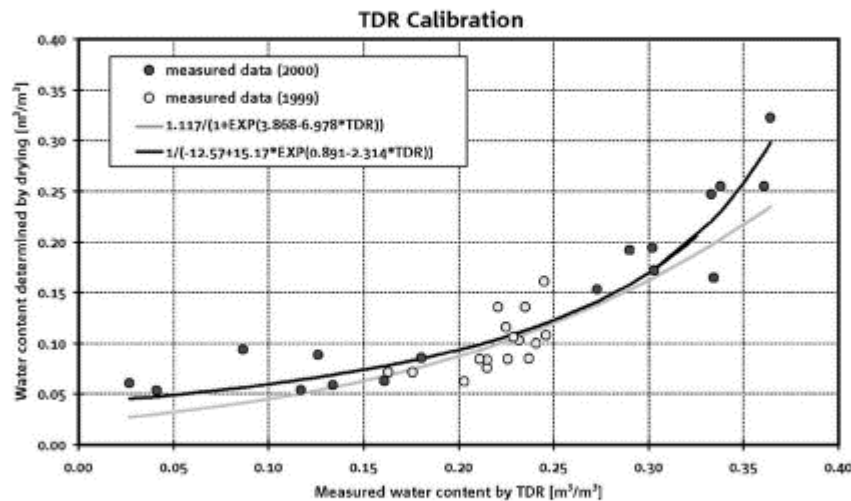
Topp et al. (1980) propusieron una relación empírica que permite calcular el contenido volumétrico de agua del suelo θ ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), en función de la Ka con un TDR:

$$\theta = -5.0 * 10^{-2} + 2.92 * 10^{-2} * Ka - 5.5 * 10^{-4} * Ka^2 + 4.3 * 10^{-6} * Ka^3$$

En general da buenos resultados en cualquier tipo de suelo. No obstante, se recomienda que los datos obtenidos con esta relación se validen con medidas de tipo gravimétrico.

La curva de calibración para suelos arenosos (> 50%), es la siguiente:

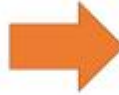
$$\theta = 0,099 * Ka^{0,5} - 0,0762$$



Cualitativo
Subjetivo



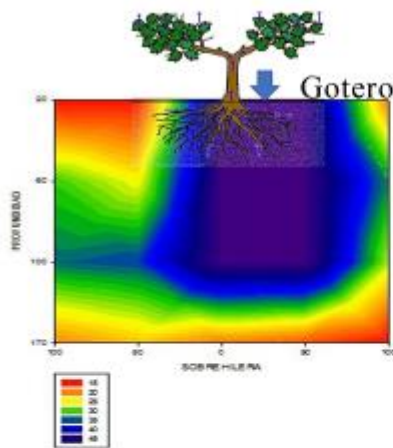
- ☐ Cuantitativo
- ☐ Objetivo



© 2013 MMM tech support GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland



X	Y	Z
-0.4	-1.00	41.0
-0.2	-1.00	41.4
0.0	-1.00	35.1
0.2	-1.00	41.0
0.4	-1.00	39.7
-0.4	-0.80	42.7
-0.2	-0.80	33.1
0.0	-0.80	31.8
0.2	-0.80	40.1
0.4	-0.80	43.4
-0.4	-0.60	42.4
-0.2	-0.60	36.1
0.0	-0.60	37.8
0.2	-0.60	32.4
0.4	-0.60	49.0
-0.4	-0.40	44.4



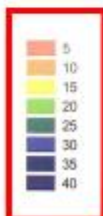
ta...

a
s



Metodología

- Establecer cuadrícula
- Registro
- Interpretación



Los valores entre 0 y 15%, representados por los colores rojo, naranja y amarillo, denotan contenidos de humedad bajo capacidad de campo, suelo seco que requiere de humedad.

Los valores entre 20 y 35%, representados por los distintos tonos de verde y azul, denotan los contenidos de humedad de capacidad de campo, suelo húmedo que no provocará problemas a las plantas.

Contenido de humedad sobre 40% puede provocar problemas de asfixia radical.

PROFUNDIDAD (cm)	DISTANCIA ENTRE HEDRA (cm)						
	60	40	20	0	20	40	60
10	38	38,6	40,9	36,1	27,8	38,4	39,7
20	36,9	35,8	35,8	26,1	24,0	23,8	25,2
40	35,1	30,1	28,9	25,9	34	30,8	34,6
60	35,8	40,9	35,2	22,8	25,8	35,9	36,9

TDR(Time Domain Reflectometry)

Ventajas:

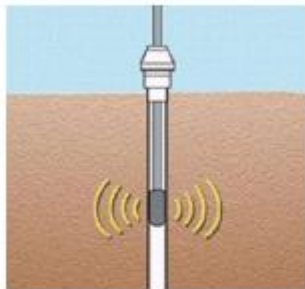
- ☐ Fácil de instalar
- ☐ No es destructivo
- ☐ El resultado de la medición se obtiene en forma inmediata
- ☐ Permite realizar muchas lecturas simultáneas en el mismo punto de medición
- ☐ Estima directamente el contenido volumétrico de agua del suelo



Desventajas:

- ☐ Alto costo
- ☐ Requiere buen contacto entre el suelo y las varillas de acero
- ☐ Presenta problemas en suelos con alto contenido de sal y M.O, suelos de textura arenosa (>60%) y suelos de textura arcillosa (>50%)
- ☐ No apto en suelos pedregosos
- ☐ Intervención del suelo al momento de instalación

FDR (Reflectometría de Dominio de Frecuencia)



Diviner 2000

Sonda EnviroScan ó Drill

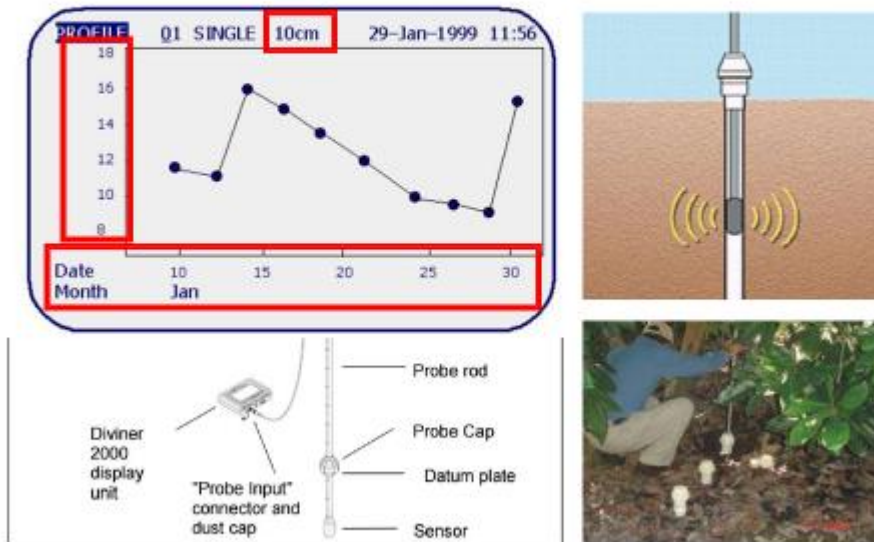
INSTALACIÓN DE TUBOS DE ACCESO PARA TECNOLOGÍAS ENVIROSCAN Y DIVINER 2000

- Mediante la instalación de tubos de acceso podemos optar por implementar tecnología de seguimiento continuo (Enviroscan, Drill & Drop) o discontinuo (Diviner 2000)



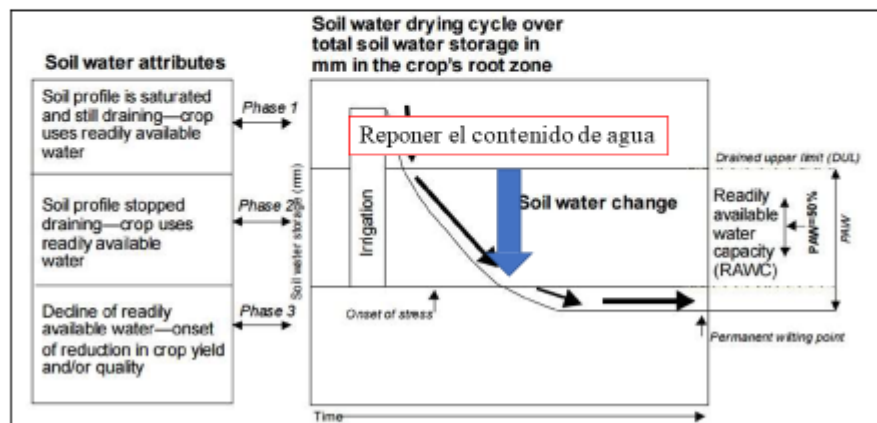
SONDA DIVINER 2000

- Sondas de capacitancia de lectura discontinua.



- Ventajas de la tecnología Diviner 2000:

- Objetivo y cuantitativo
- Permite múltiples mediciones con el mismo instrumento
- Almacena datos de 99 tubos diferentes
- Visualización en graficas y en tablas de los datos de humedad del suelo para la toma de decisiones instantánea
- Manual, portable y liviano



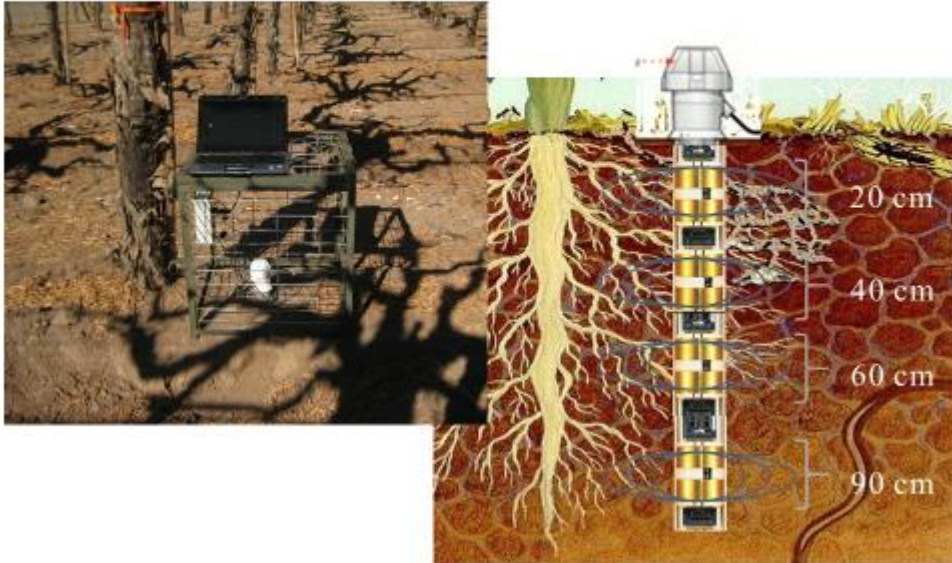
Desventajas

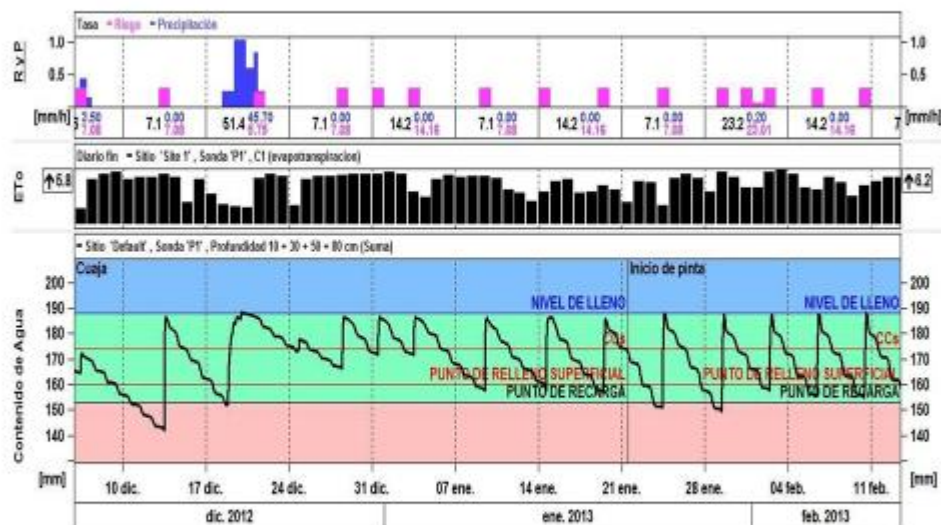
- Debe manejarse por una persona calificada
- Requiere calibración
- Moderadamente Costoso
- Para mediciones confiables es crítico tener un buen contacto entre el sensor o tubo y el suelo.
- Instalación debe ser cuidadosa para evitar aire atrapado



SONDA ENVIROSCAN

- Sondas de capacitancia de lectura continua.



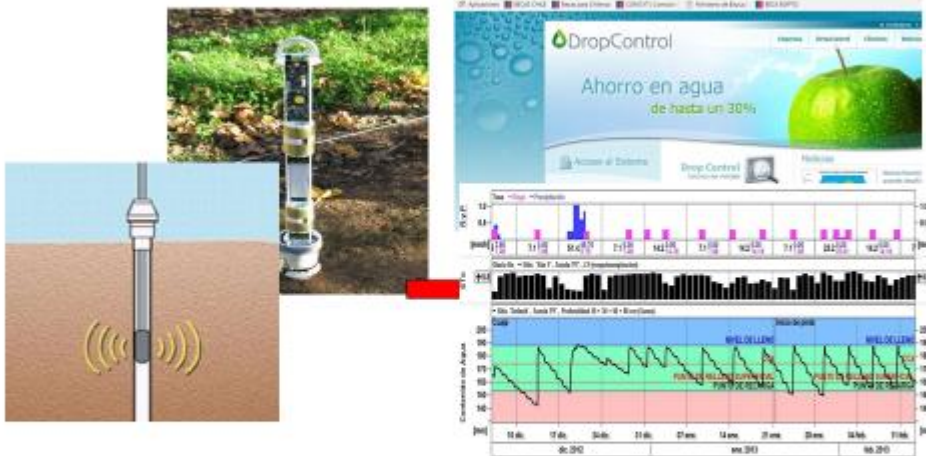


Con el uso de software y aplicaciones para la gestión del riego podemos ser más precisos y determinar lo siguiente:

- 1 Tiempo de riego (hora de inicio y término del riego)
- 2 Frecuencia de riego
- 3 Inicio de absorción de agua por la planta
- 4 Fin de la extracción de agua por receso invernal
- 5- Tiempo de infiltración del agua en profundidad
- 6- La hora del día a la que la planta extrae más agua del suelo
- 7- Profundidad a la que la planta extrae más agua



FDR (Reflectometría de Dominio de Frecuencia)



Sonda EnviroScan ó Drill & Drop ó Diviner 2000



Irrimax o DropControl



Desventajas:

- ☐ Alto costo (3.000 US)
- ☐ Representatividad espacial

¿Qué sucede en el campo ?





Riego de precisión

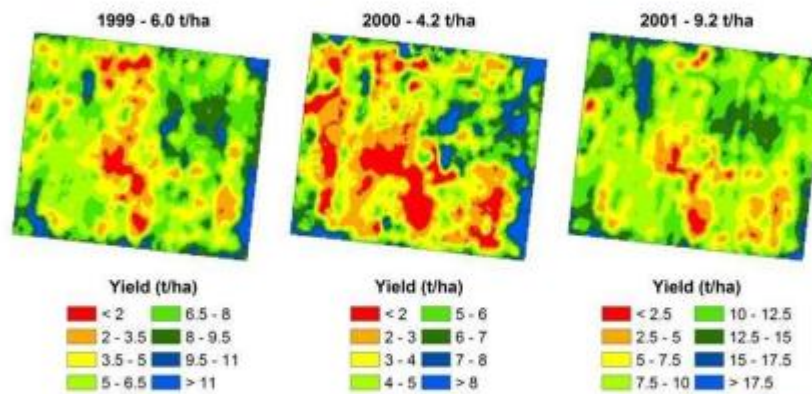
Objetivo del riego en el pasado: simple aplicación de agua a los cultivos

Objetivo del riego en el presente: aplicación precisa de la cantidad de agua que necesita un cultivo, en el momento correcto y de forma uniforme en el campo, sin considerar la variabilidad espacial de éste.

Objetivo del riego en el futuro: aplicación precisa de la cantidad de agua que necesita un cultivo, en el momento correcto, considerando la variabilidad espacial del campo → Riego de Precisión

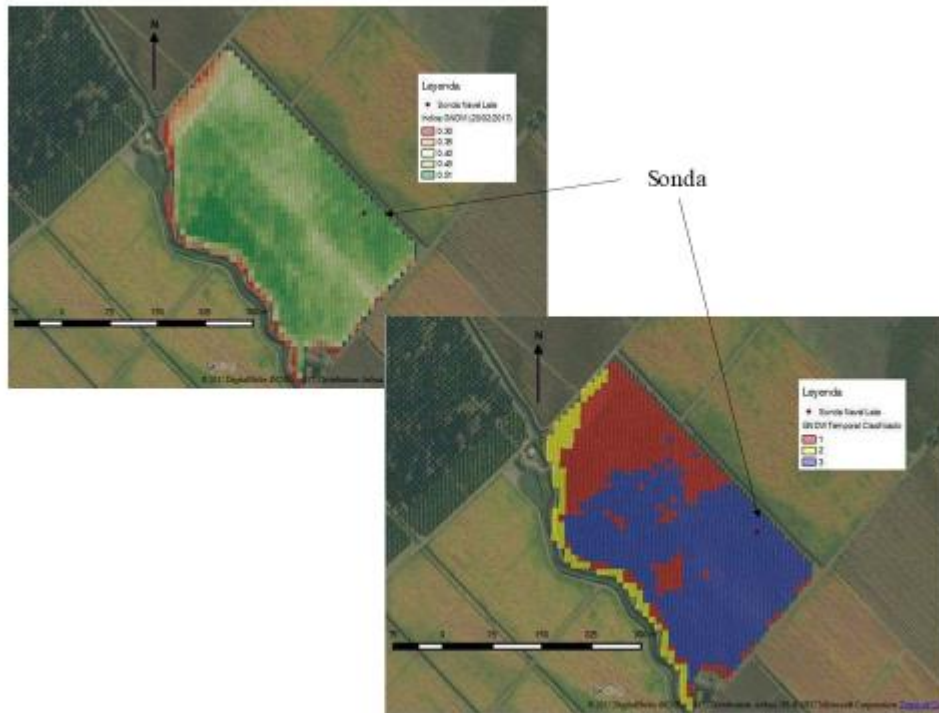
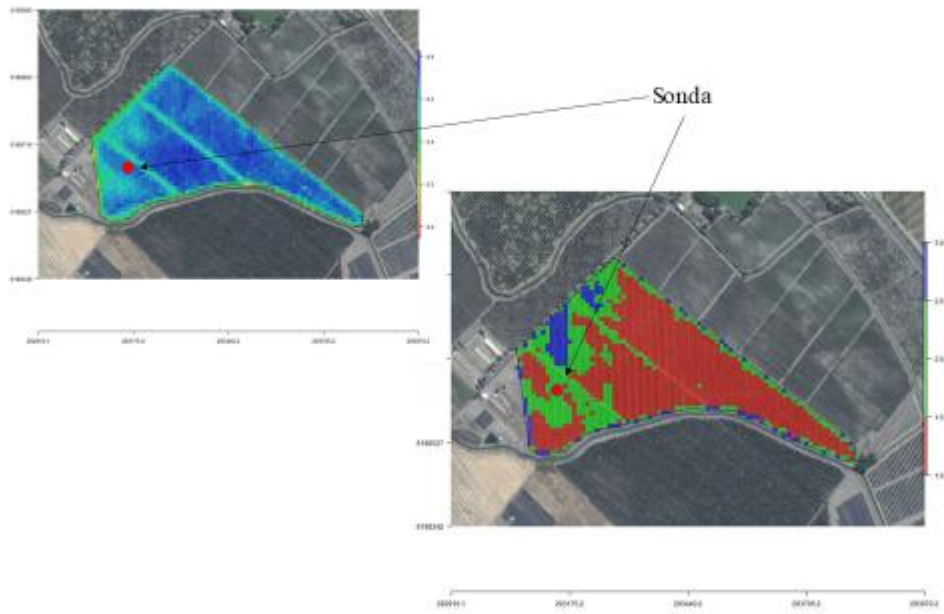
Problemáticas

Variabilidad espacial: el grado de cambio en el espacio de los factores que influyen la calidad y el rendimiento.

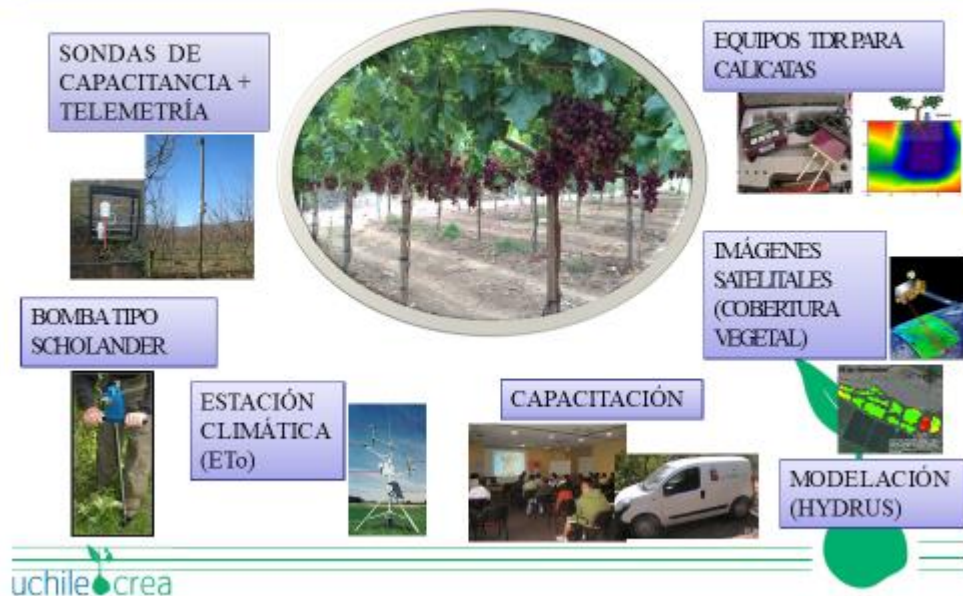


Mapas de Rendimiento (Brambley 2003)

Variabilidad Temporal: el grado de cambio de una temporada a otra



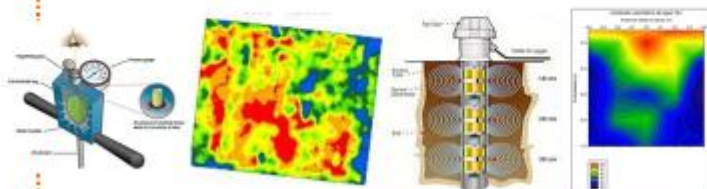
LA TECNOLOGÍA – LA ESTRATEGIA – LA PRÁCTICA



- **AHORRO DE AGUA DE RIEGO (20 a 50%),**
- **ENERGÍA ELÉCTRICA (200 a 1.000 USD/ha/año),**
- **FERTILIZANTES (20 a 40%),**
- **MAYOR PRODUCCIÓN y CALIDAD DE LA FRUTA**



RELACIONES HÍDRICAS EN FRUTALES E INTERPRETACIÓN DE DATOS



Jornada de capacitación-Calama- 23 de marzo de 2018

uchilecrea

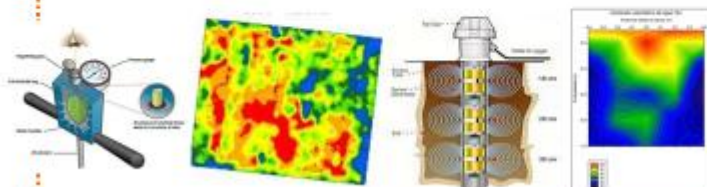
Fortalecimiento y
desarrollo de
competencias en el
uso eficiente del
recurso hídrico
para la Región de
Antofagasta

Victor Beyá Marshall
Ing. Agr. M. Sc.

vbeya@uchile.cl



RELACIONES HÍDRICAS EN FRUTALES Y PROGRAMACIÓN DEL RIEGO MEDIANTE SENSORES



Jornada de capacitación-Calama- 23 de marzo de 2018

uchilecrea

Fortalecimiento y
desarrollo de
competencias en el
uso eficiente del
recurso hídrico
para la Región de
Antofagasta

Victor Beyá Marshall
Ing. Agr. M. Sc.

vbeya@uchile.cl

Objetivo central de la gestión técnica

Alta productividad por unidad de recurso:

Suelo = kg/ha

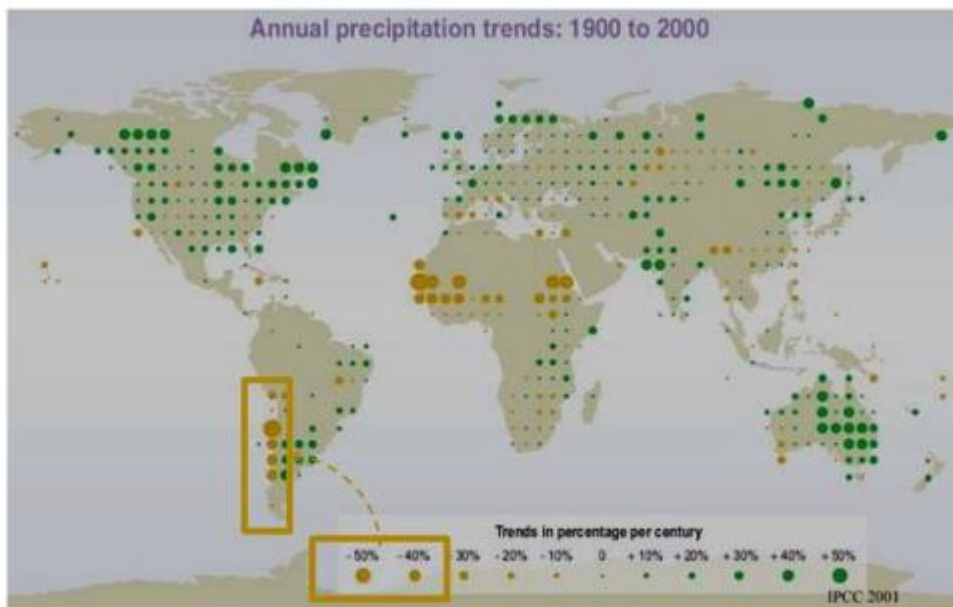
Mano de obra = kg/JH

Area de sección de madera = kg/AST

Unidad de intercepción de luz = kg/ha de luz interceptada

Agua de riego = kg/m³ de agua

Y...la electricidad asociada al m³ de agua aplicado





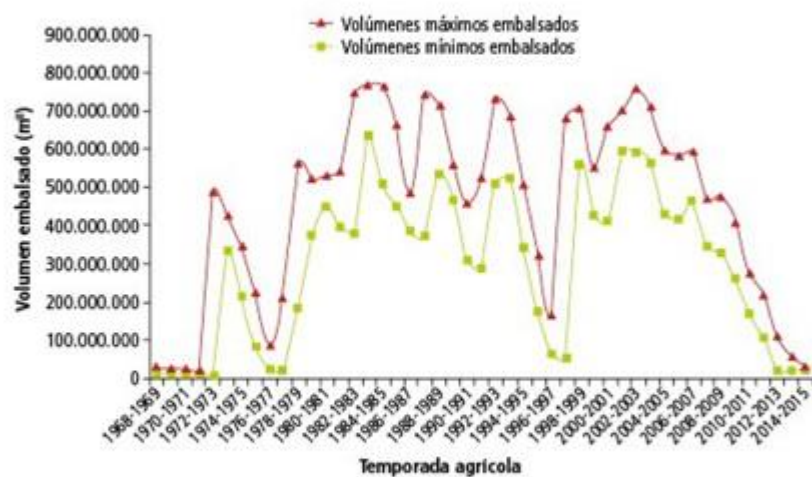
RESUMEN DE PROYECCIONES DE PRECIPITACIÓN SEGÚN ZONA



Zona	Robustez de la señal		
	Temprano	Intermedio	Tardío
Zona 1: Altiplano (18-23S)	No existe una señal clara de cambio de precipitación		
	Disminución: 0/-10%		Aumento: +5/+10%
Zona 2: Norte grande (23-27S)	No existe una señal clara de cambio de precipitación		
	Disminución: -5/-10%		
Zona 3: Norte chico (28-32S)	Leve señal de disminución de precipitaciones		
	Disminución: -5%	Disminución: -10/-20%	
Zona 4: Chile central (32-38S)	Señal robusta de disminución de precipitaciones		
	Disminución: -5/-10%	Disminución: -10/-20%	Disminución: -20/-30%
Zona 5: Zona sur (38-42S)	Señal robusta de disminución de precipitaciones		
	Disminución: -5/-10%	Disminución: -10/-20%	Disminución: -20/-30%
Zona 6: Patagonia (44-49S)	No existe una señal clara de cambio de precipitación		
	Neutro: -5/5%		
Zona 7: Magallanes (50-55S)	Señal robusta de disminución de precipitaciones		
	Neutro: -5/5%	Aumento: +5/+10%	

CEPAL, 2012

FIGURA 1. Volúmenes de agua en el embalse La Paloma. Mayo 1969-julio 2014.



Fotos gentileza Dr. N. Franck Uchile

La sequía estructural que enfrenta Chile requiere el desarrollo urgente de estrategias de manejo agronómico que aumenten la EUA de los sistemas productivos (kg/m^3).



Riego => menos... pero se sigue regando

Deficitario => se reduce la cantidad **¿CUÁNTO?**

Controlado => en períodos que no afecte mayormente rendimiento y calidad **¿CUÁNDO?**

El **Riego Deficitario Controlado** se presenta como una alternativa efectiva para lograr dicho propósito si se consideran las épocas y niveles de restricción que optimicen el sistema productivo en el corto y largo plazo: sin afectar rendimiento de la temporada siguiente y en épocas que permitan mayor ahorro

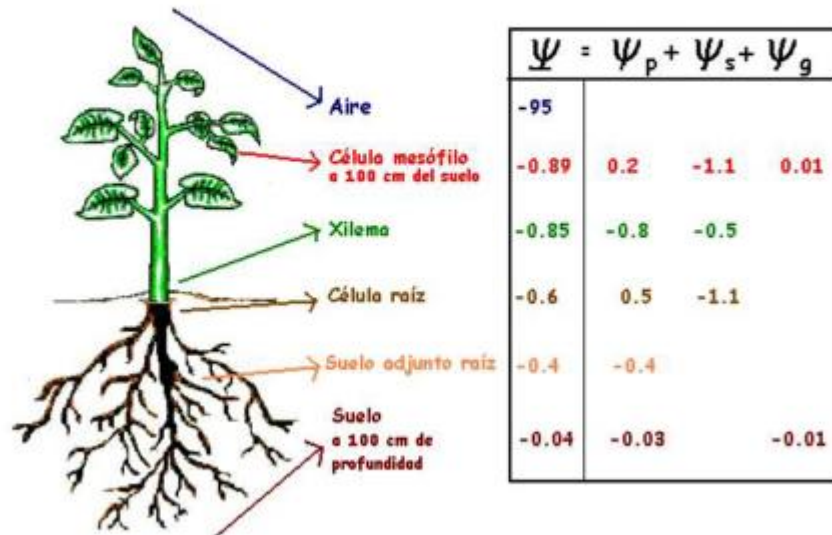
Para ello es clave:

- Conocer la fenología de los cultivos
- Conocer las relaciones hídricas de los cultivos
- Usar e interpretar correctamente la tecnología

“Estas estrategias de RDC deben insertarse en una estrategia que aborde el sistema completo: reduciendo las pérdidas de agua y aumentando su captura, reciclaje y almacenamiento e incluyendo los impactos económicos, ambientales y sociales.”

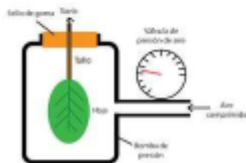
N. Frank.

RELACIONES HÍDRICAS EN FRUTALES

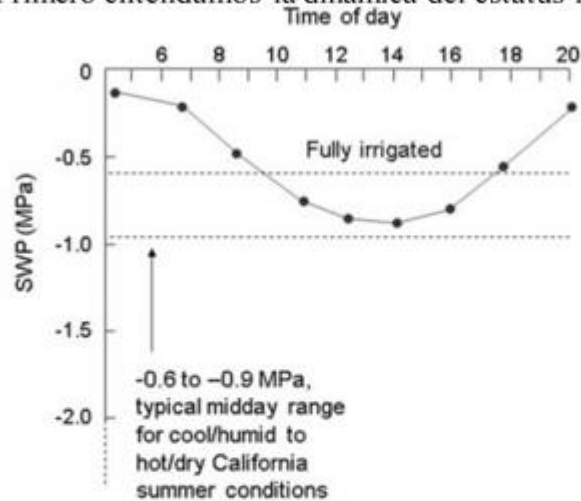


Cómo el potencial xilemático puede ayudar en el manejo del riego?

- Puede ser utilizado para decidir el momento óptimo de aplicar el riego.
- Se puede manejar rangos de estrés para perseguir un objetivo productivo, calidad y/o ahorrar agua
- Puede ser utilizado para determinar el intervalo entre riegos (frecuencia).
- No entrega información sobre la cantidad de agua a aplicar en cada riego.



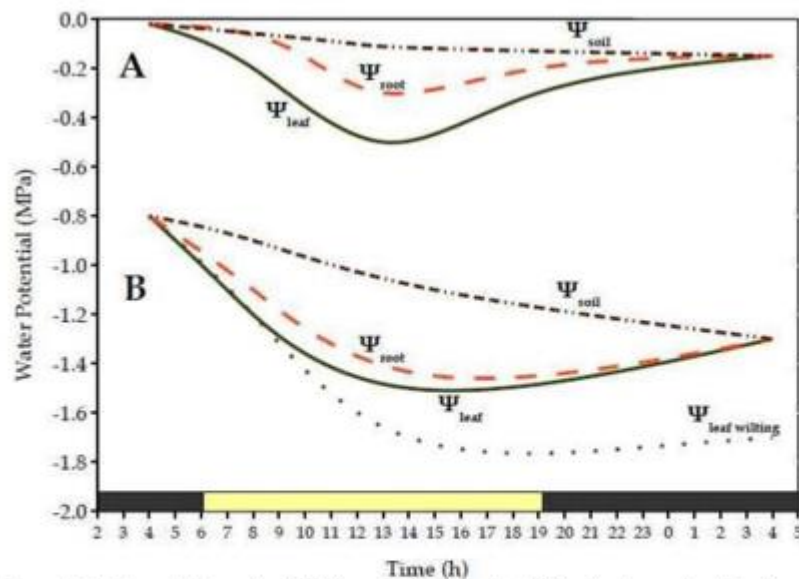
Primero entendamos la dinámica del estatus hídrico.....



Typical example of the daily pattern in stem water potential (SWP) for a non-soil–waterlimited (fully irrigated) almond or prune tree. A minimum SWP is reached at midday when the rate of evapotranspiration (ET) is the highest.

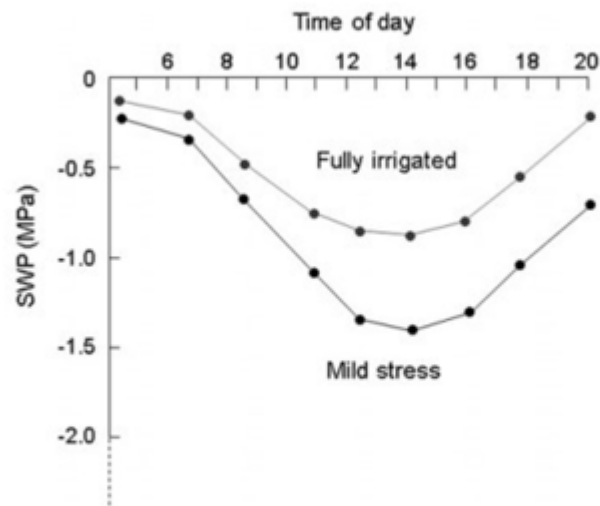
Horizontal dashed lines indicate the range of midday SWP that is typically observed under summer conditions in the central valley of California.

Schackel, 2011



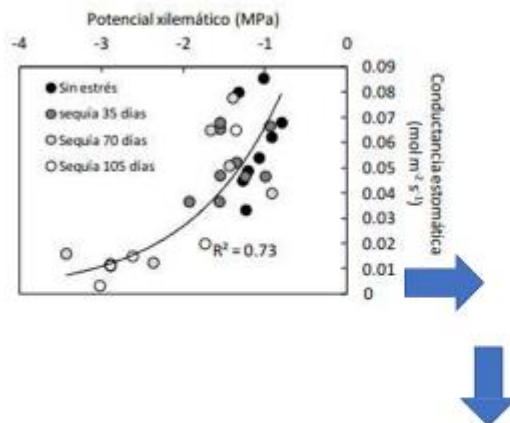
Schematic daily variation of soil (ψ_{soil}), root (ψ_{root}) and leaf (ψ_{leaf}) water potential of a plant well hydrated (A) and under water restriction (B).

Chavarria, Henrique Pessoa dos Santos, 2012

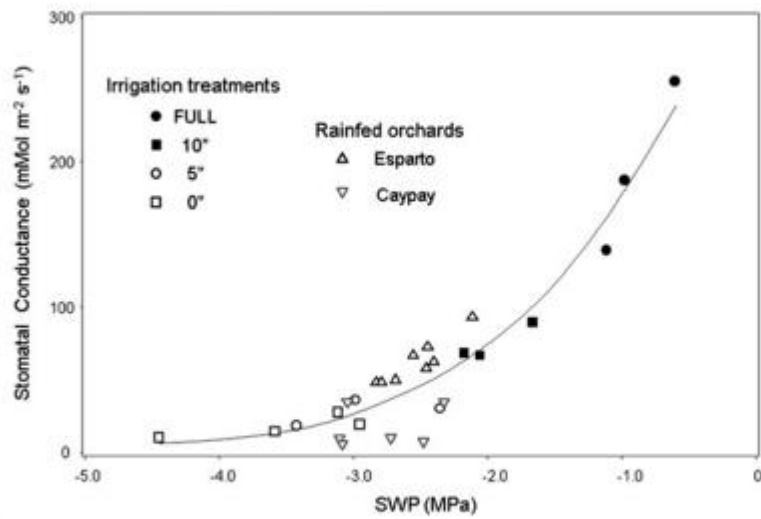


Example of the daily pattern in stem water potential (SWP), which might be observed for a mildly stressed prune or almond tree compared with a fully irrigated tree.

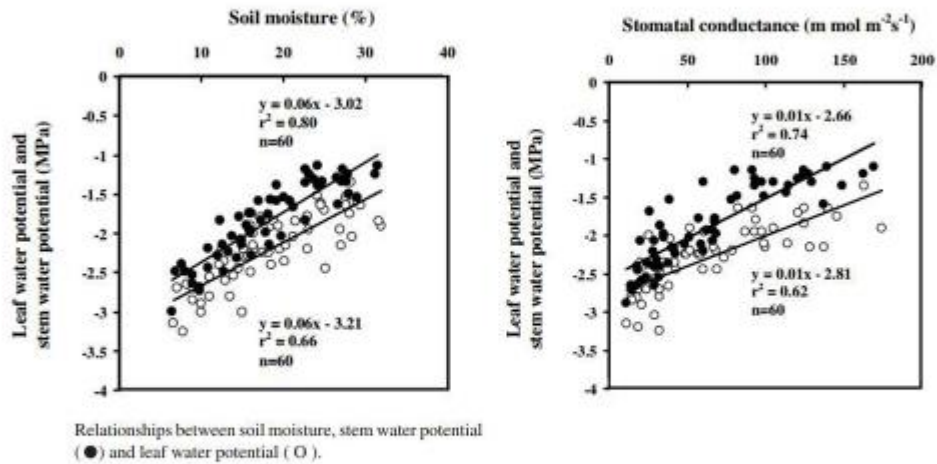
Schackel, 2011



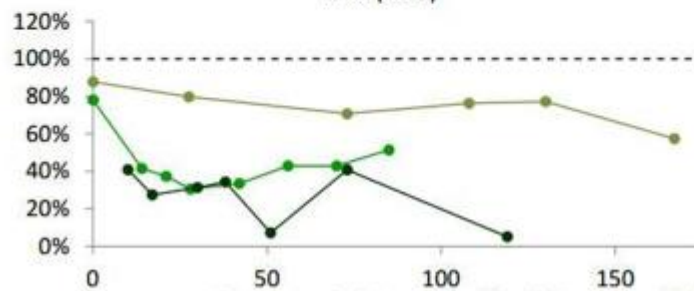
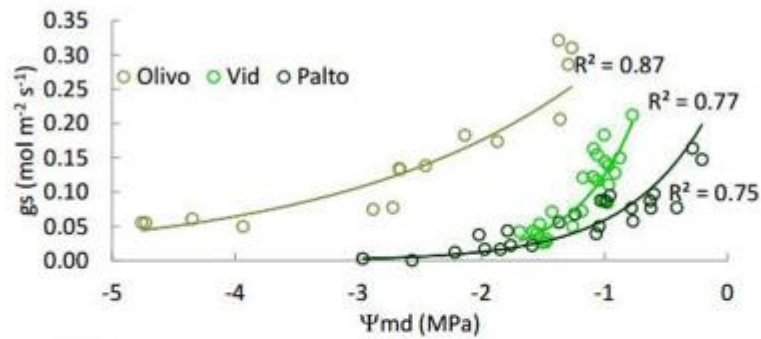
Wallberg et al. 2014



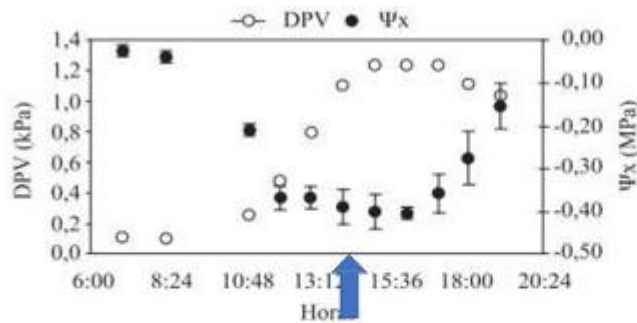
Schackel, 2011



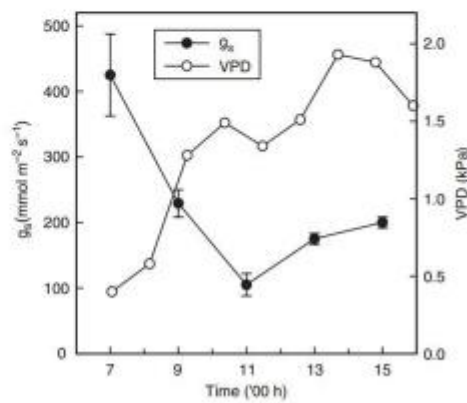
Sdoodee y Somjun, 2008



Wallberg et al. 2014



Ferreira et al, 2007



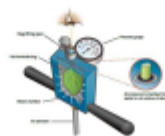
Changes in stomatal conductance (g.) of 'Fuerte' avocado as related to (VPD)

Whiley et al. 1988

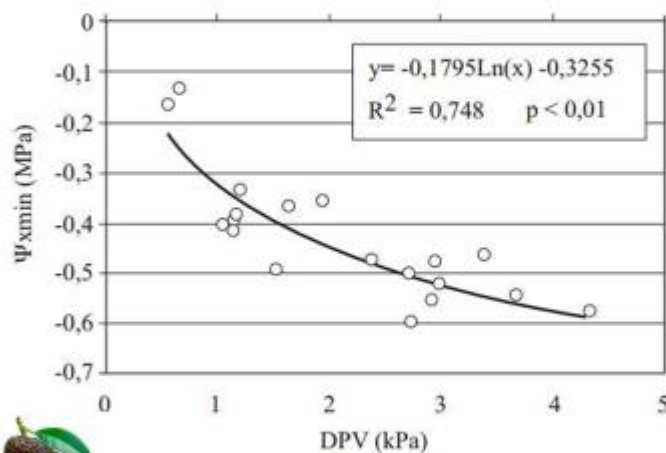
¿Cuándo y cómo medir potencial hídrico xilemático o de tallo (Ψ_x) en palto?

- Medir antes de un riego.
- Medir entre las 12:30 y 17:30 h (horas de máxima demanda)
- Hojas 10 a 12 meses de edad, expuestas al sol
- Medir luego de 20-30 min de envuelta la hoja.
Medir inmediatamente hasta 1 minuto de cortada la hoja
- Medir la temperatura y humedad rela8va $\rightarrow$ DPV

Medir en plantas sanas y con vigor normal. Representativa del huerto. Lacarga frutal afecta la medición, por lo que es necesario medir plantas representativas de la condición del cuartel.



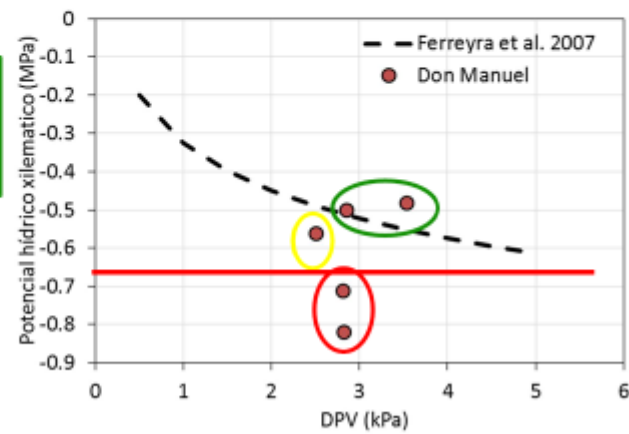
Efecto del déficit de presión de vapor (DVP) sobre el potencial hídrico xilemático a mediodía (Ψ_{xmin})



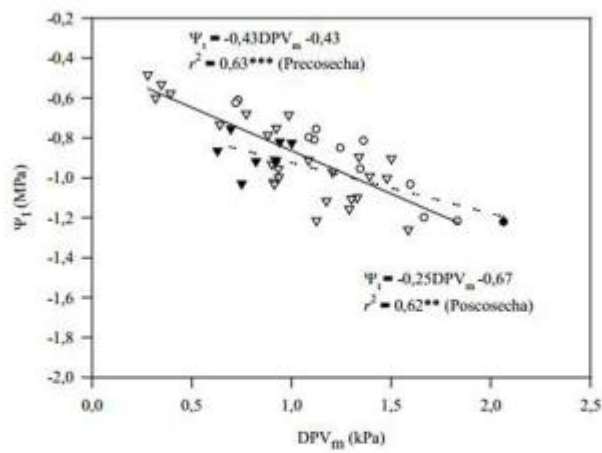
Ferreyra et al, 2007

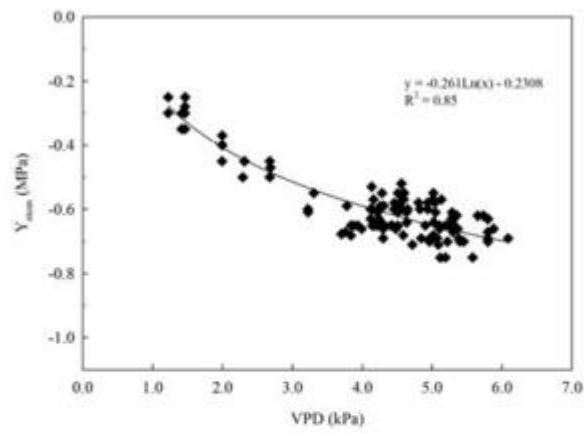
Fecha	Ψ_x MPa	T °C	HR %	DPV Kpa
29-12-2015	-0.56	30.1	41.4	2.50
03-01-2016	-0.5	33.2	43.9	2.85
08-01-2016	-0.71	31.9	40.5	2.81
13-01-2016	-0.82	32.2	41.3	2.82
18-01-2016	-0.48	34.4	35	3.54

-0,5 a -0,6 sin estrés
-0,6 a -1,0 estrés medio
-1,0 a -2,0 estrés severo



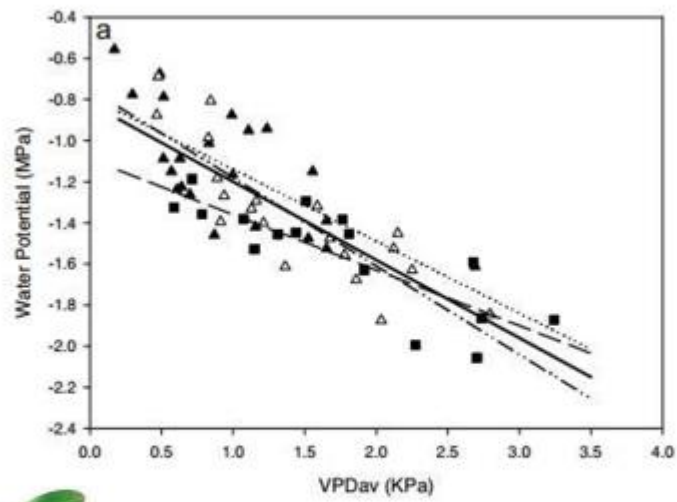
Ejemplo



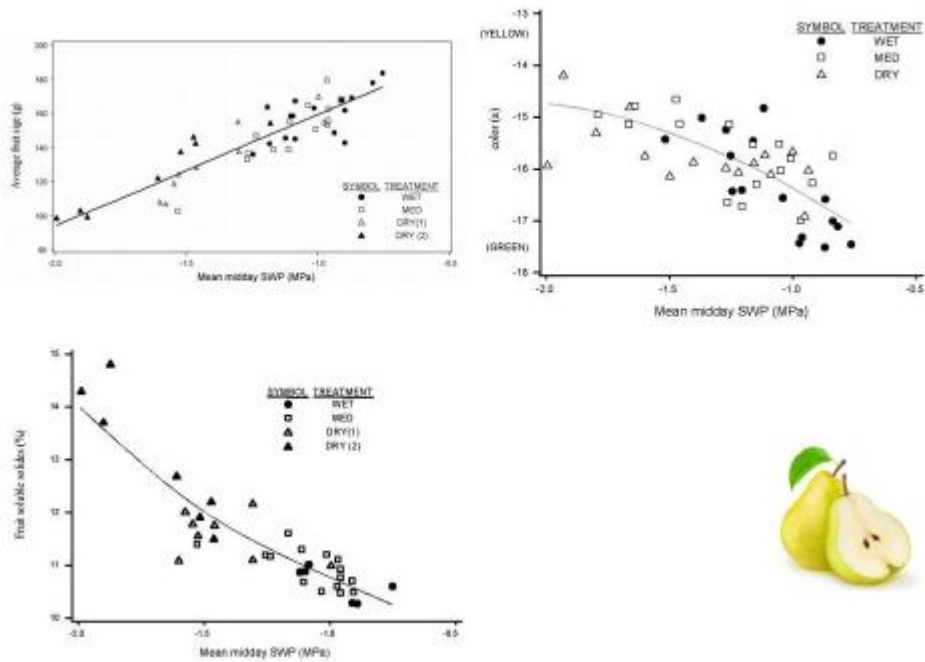


Thompson Seedless[®]/ franco

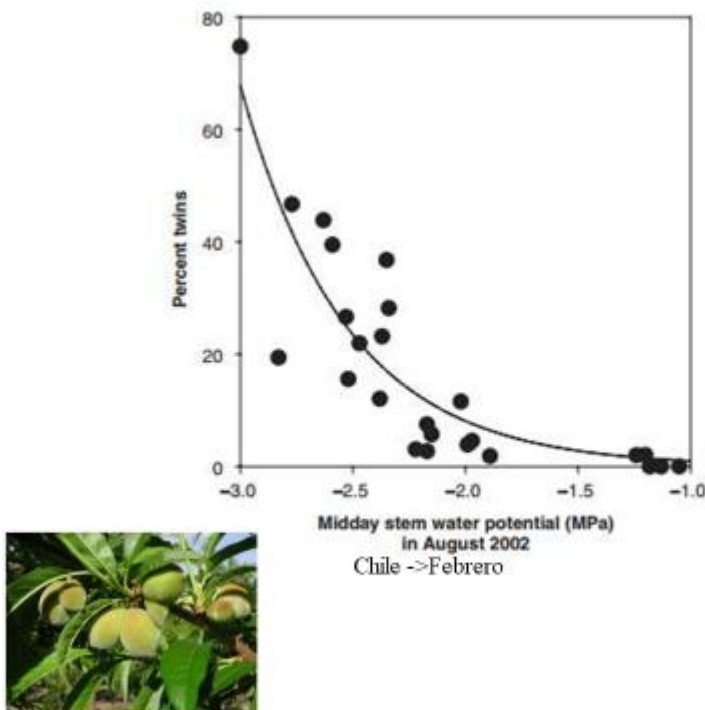
Galvez et al., 2014



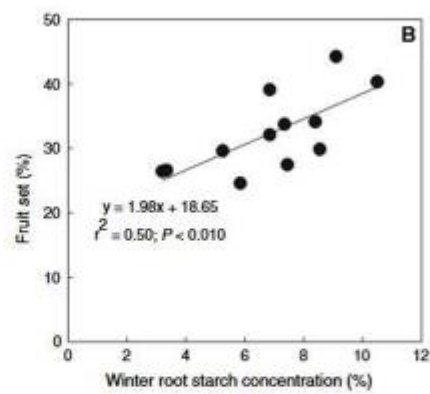
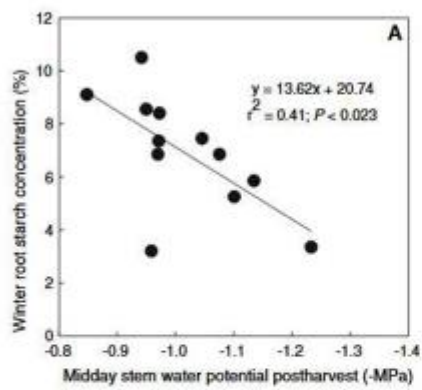
Corell et al, 2017



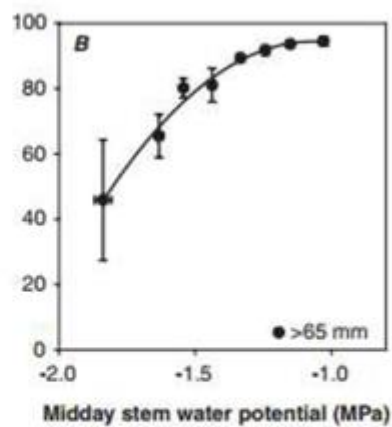
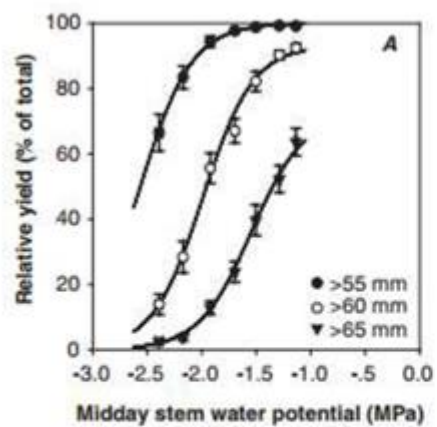
Schackel, 2007



Naor et al, 2005

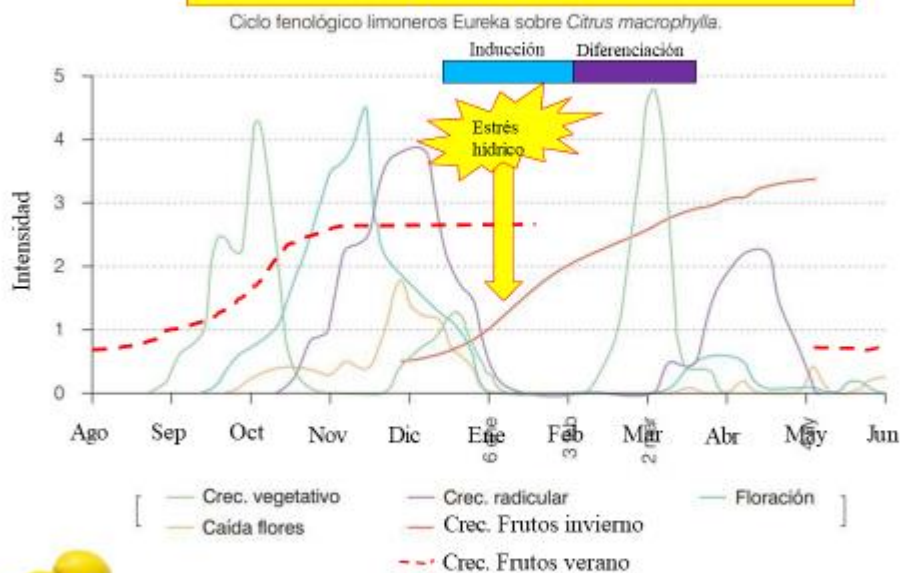


Marsal et al, 2010



Naor, 2006

¿Se puede inducir una mayor floración de otoño para aumentar la producción de verano?



Adaptado de Gardiazabal, 2013

Efecto de diferentes niveles de estrés en la producción de invierno y verano en limón 'Femminello comune'

Periodo de estrés Potencial xilematico

(semanas)	(Mpa)
7	-2,17
9	-2,70
10	-3,08

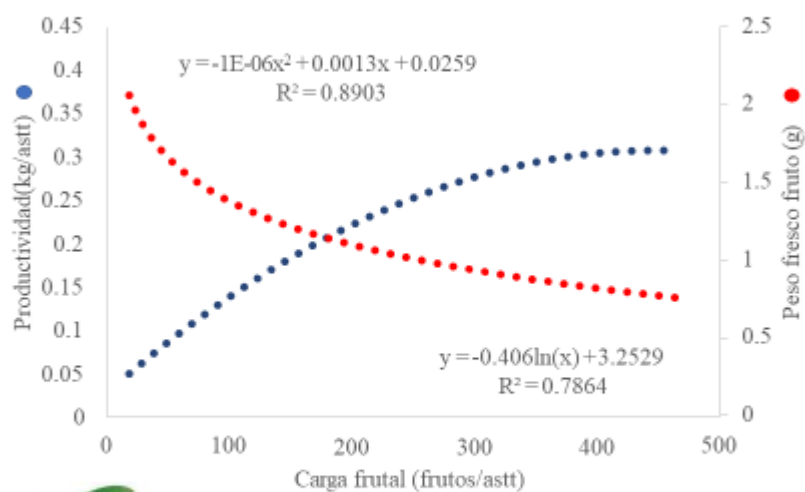


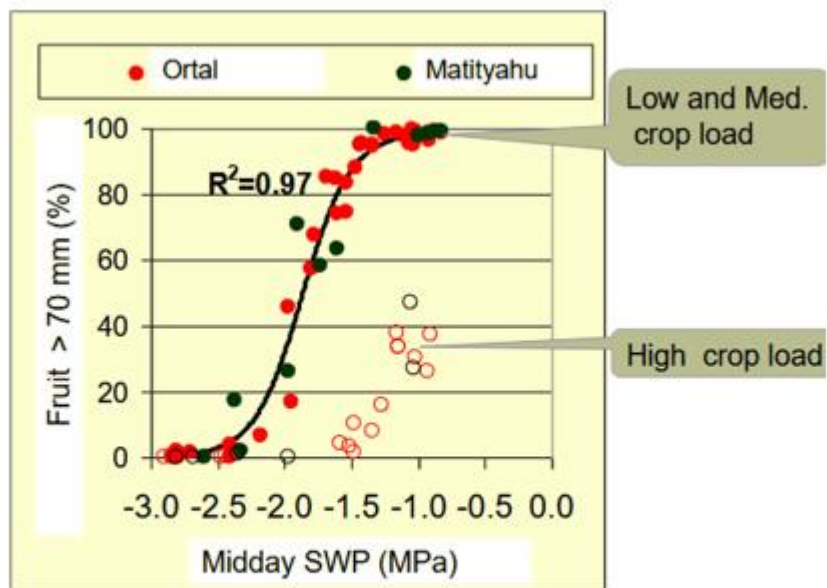
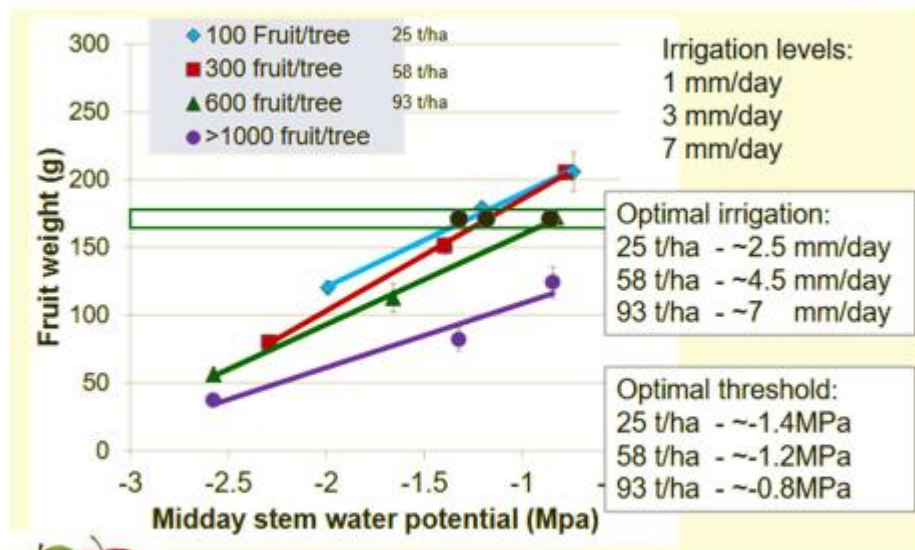
Barbera et al, 1988

VALORES DE POTENCIAL HÍDRICO XILEMÁTICO EN PLANTAS SIN DÉFICIT

Especies	Plantas con suministro de agua Normal (Ψ_x , MPa)	
Durazno tardío (Santiago)	-0,7	-1,0
Cerezos (San Fernando)	-0,7	-0,85
Ciruelo (San Fernando))	-0,77	-1,0
Nogales (Los Andes)	-0,5	-0,8
Paltos (Quillotas)	-0,5	-0,8
Vides mesa Thompson Seedless (San Felipe)	-0,6	-0,8
Vides de mesa Flame Seedless (Nancagua)	-0,65	-0,9
Vides de mesa Crimson Seedless (Curimón)	-0,7	-0,80
Vides vino Cabernet Sauvignon (Valle del Maipo)	-0,7	-1,0
Vides vino Chardonnay (Casablanca)	-0,5	-0,9
Olivos (San Felipe)	-1,1	-1,6

(Ferreira y Sellés, 2013)

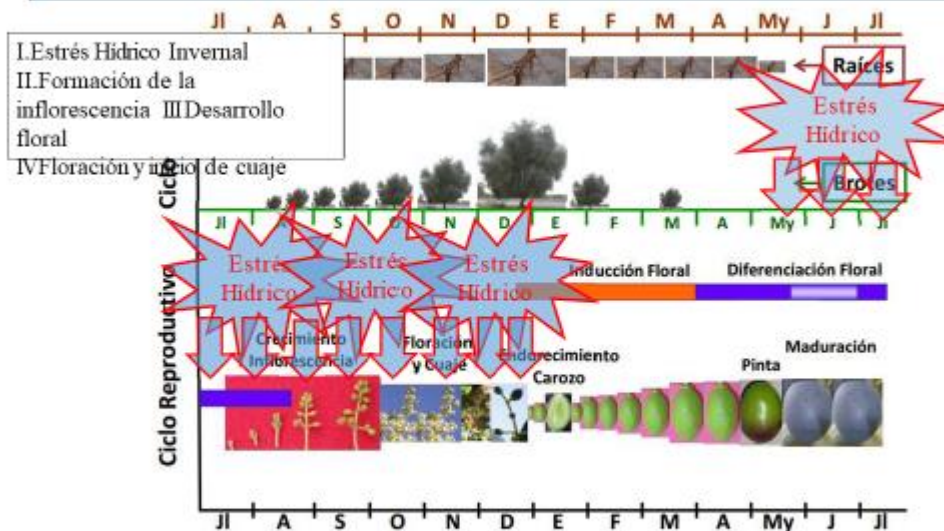




CASO DE ESTUDIO OLIVO



¿Cómo se ve afectado el olivo si el comienzo de la temporada tengo problemas de riego?



Ciclo de crecimiento del olivo en la región de Atacama

Estrés hídrico equivale al 25 % del riego del control

Número de flores estaminíferas y flores perfectas por inflorescencias en diferentes periodos de estrés hídrico en olivos var. Picual. Control (regado), Invierno (21 mayo al 1 septiembre), Formación de la inflorescencia (1 septiembre al 10 octubre) y Desarrollo floral (10 octubre al 30 octubre)

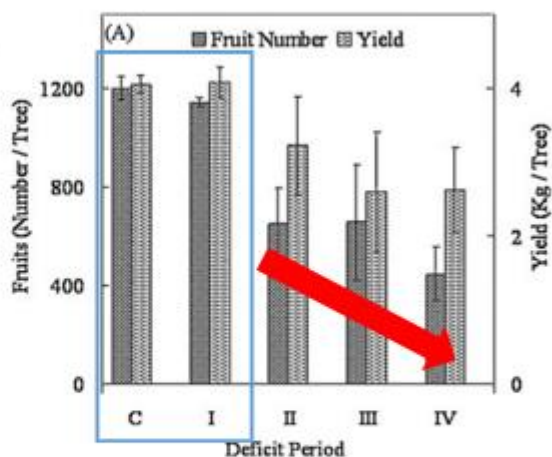
Período de déficit	Nº de flores	Nº de flores perfectas	% flores perfectas
Control	17,86 a	16,26 a	90,80 a
I.(invierno)	18,27 a	17,27 a	94,71 a
II.(formación inflorescencia)	12,08 b	7,53 b	64,00 b
III (desarrollo floral)	16,62 a	14,04 a	83,96 a

Letras diferentes por columna, indican diferencias significativas, LSD ($\alpha \leq 0,05$)

30 inflorescencias por planta, 4 planta por tratamiento

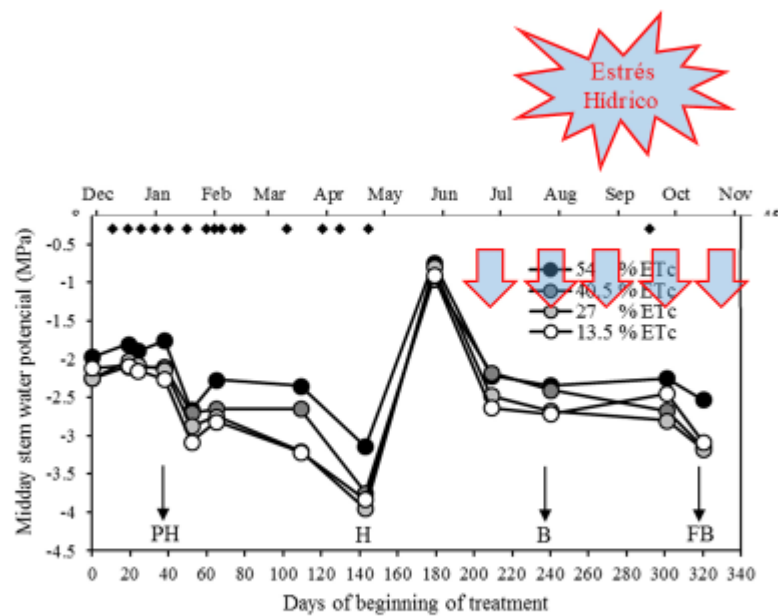
Rapoport et al.,2012

I.Estrés Hídrico Invernal
II.Formación de la inflorescencia
III.Desarrollo floral
IV.Floración y inicio de cuaje

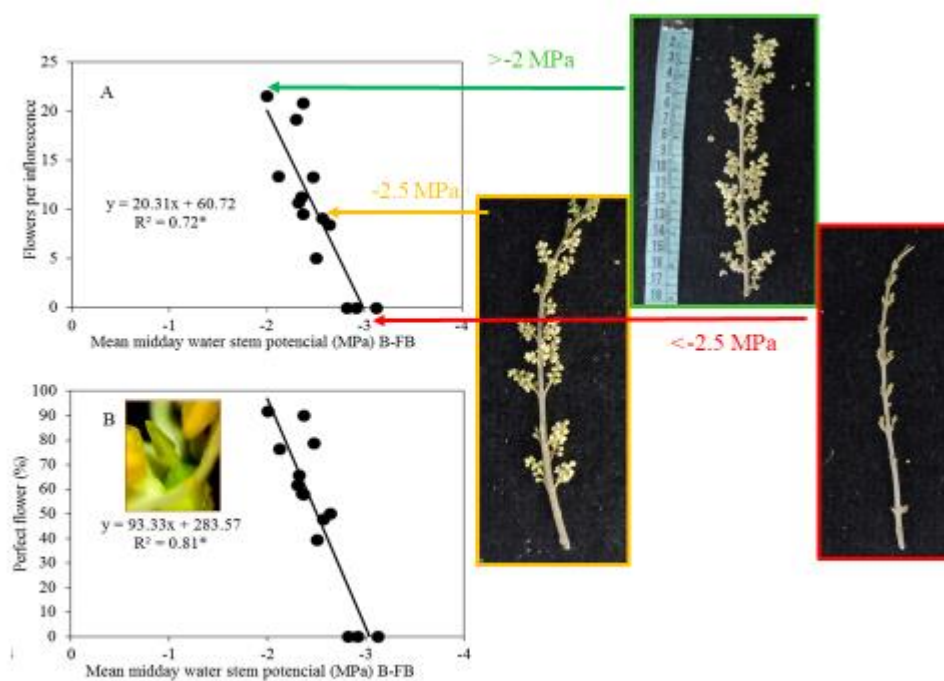


Número de frutos y kilogramos de fruta por árbol en diferentes periodos de estrés hídrico en olivos var. Picual. Control, Invierno (21 mayo al 1 sept.), Formación de la inflorescencia (1 sept. al 10 oct.), Desarrollo floral (10 al 30 oct.) y, Floración y cuaja (30 oct. al 20 nov.)

Rapoport et al.,2012



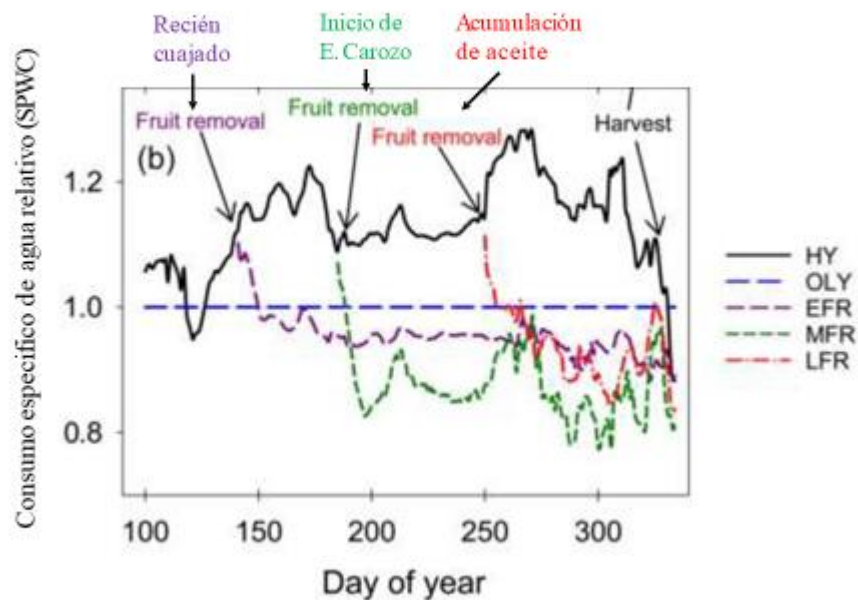
Beyá-Marshall et al. Inpress



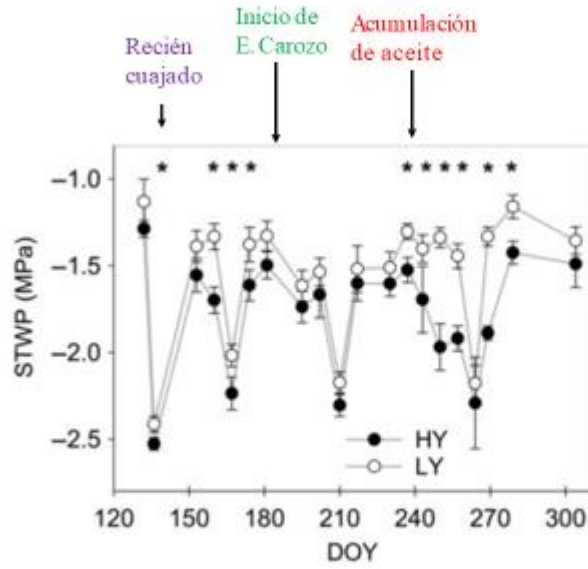
Beyá-Marshall et al, inpress

Y qué pasa si tengo diferente carga frutal?

Cómo es el consumo de agua de la planta con diferente carga?

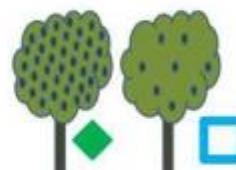
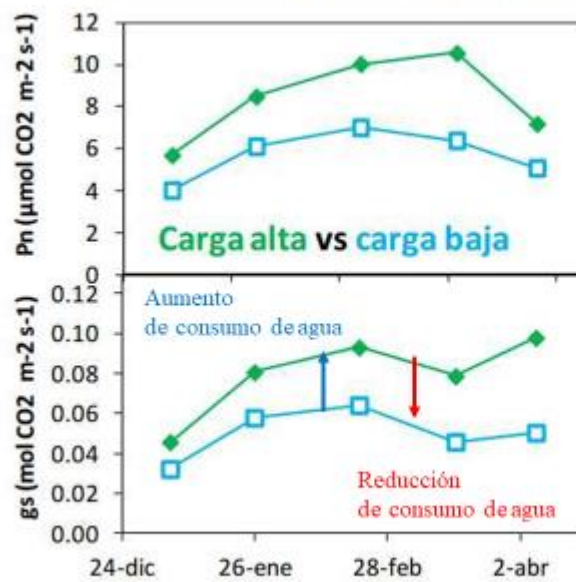


Bustan et al, 2016

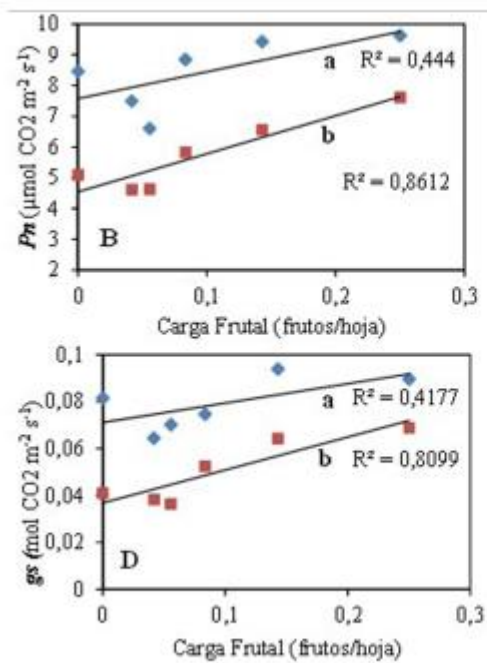


Bustan et al, 2016

Relación fuente-sumidero



Meza y Frank, 2013



Meza y Frank, 2013



AÑO DE BAJA CARGA FRUTAL

¿CÓMO RIEGO?



AÑO DE ALTA CARGA FRUTAL

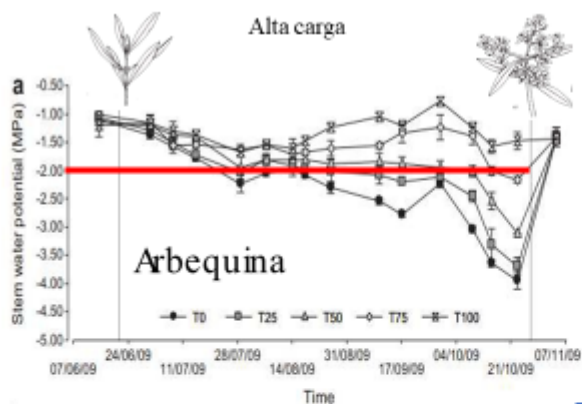


Kalamata de 8 años de edad

Año de alta carga, riego de 8.000 m³/ha/año

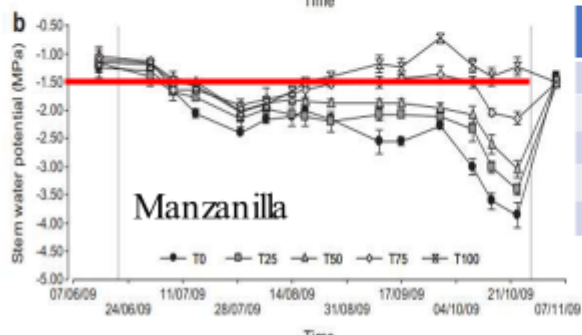
Año de baja carga, riego de 6.000 m³/ha/año

Diferencia 2.000 m³/ha/año x \$30m³ = \$ 60.000 ha/año



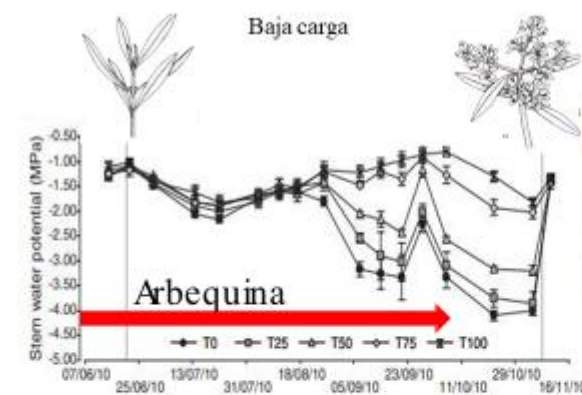
WP=Productividad del agua

%Efc	Cuaja (%)	Producción (kg/árbol)	WP (kg/mm/ha)
100	3.6 a	90.0 a	16.5 a
75	3.6 a	82.5 a	16.7 a
50	3.3 a	37.3 b	8.45 b
25	2.8 b	20.3 c	5.26 c
0	2.5 b	9.3 c	2.74 d

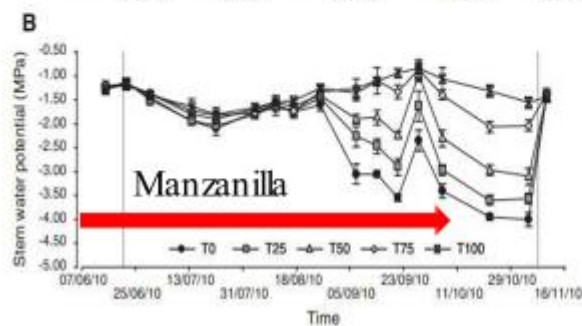


%Efc	Cuaja (%)	Producción (kg/árbol)	WP (kg/mm/ha)
100	2.9 ab	138.0 a	25.3 a
75	2.8 b	96.7 b	19.6 ab
50	3.0 a	60.0 bc	13.6 bc
25	1.7 c	43.3 c	11.1 c
0	1.7 c	20.0 c	5.88 c

Pierantozzi et al.,2012

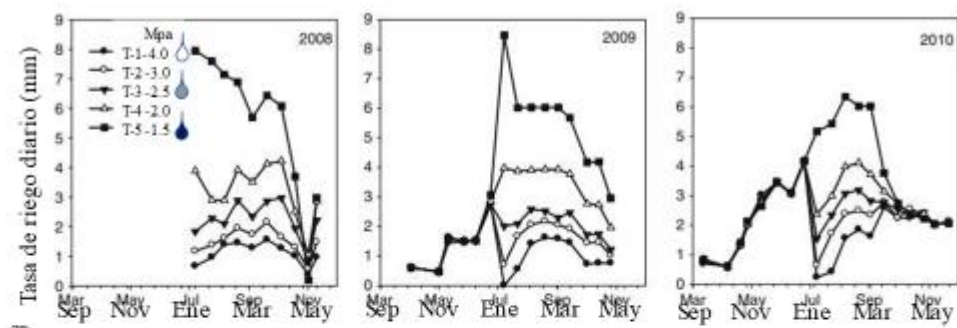


%Efc	Cuaja (%)	Producción (kg/árbol)	WP (kg/mm/ha)
100	1.9 a	10.9 a	3.18 b
75	1.7 a	8.1 a	2.86 b
50	2.0 a	7.8 a	3.45 b
25	1.4 a	12.4 a	7.38 a
0	1.9 a	8.5 a	7.73 a



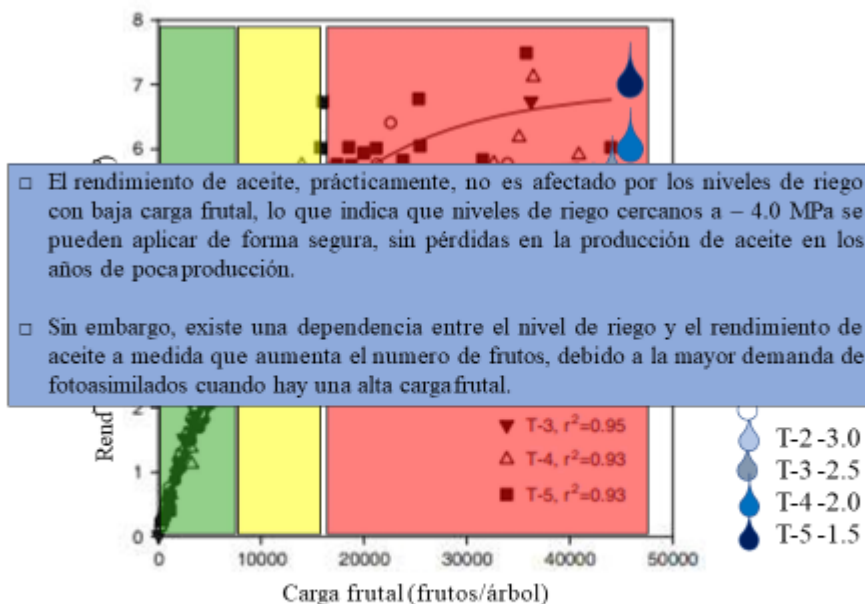
%Efc	Cuaja (%)	Producción (kg/árbol)	WP (kg/mm/ha)
100	1.2 a	15.3 a	4.49 d
75	1.4 a	16.3 a	5.76 c
50	1.5 a	15.3 a	6.77 c
25	1.2 a	16.1 a	9.56 b
0	1.4 a	15.6 a	14.2 a

Pierantozzi et al.,2012

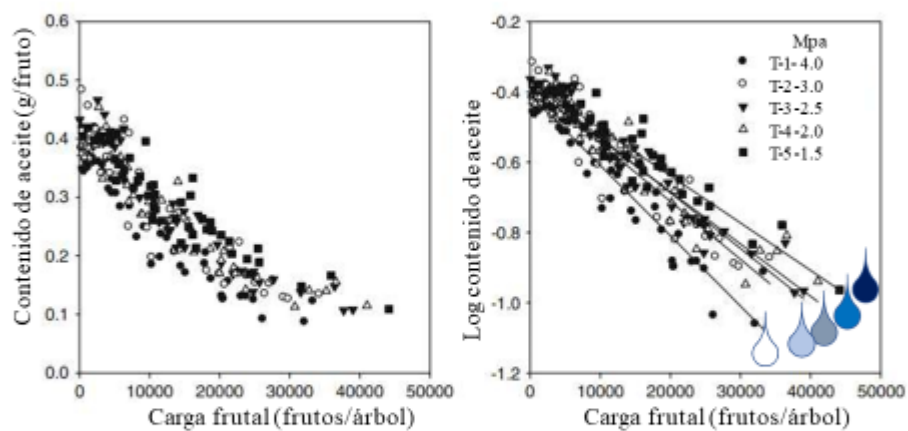


Los tratamientos comenzaron al inicio del periodo de acumulación de aceite
Koroneiki (4 x 2)

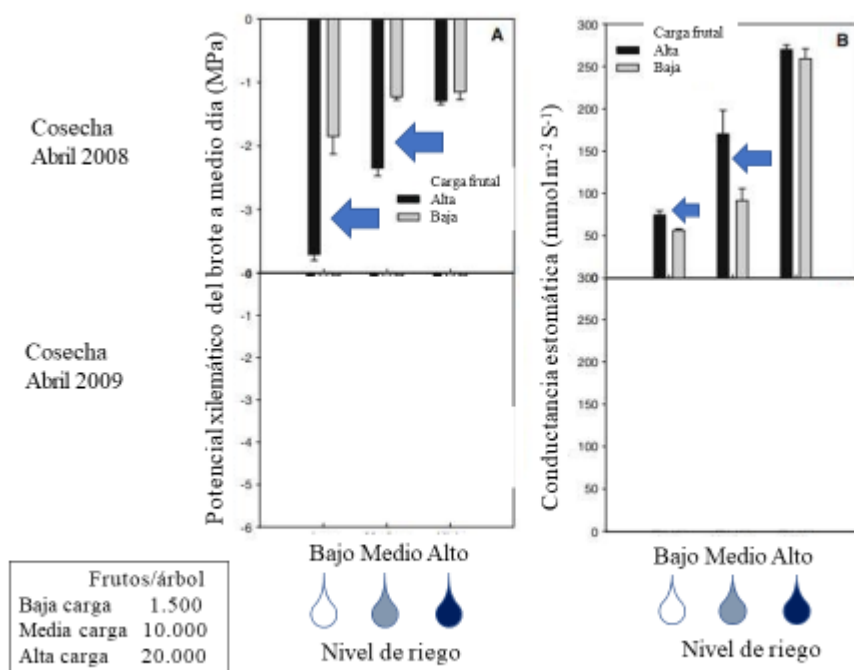
Naor et al, 2013



Naor et al, 2013



Naor et al,2013



Naor et al,2013

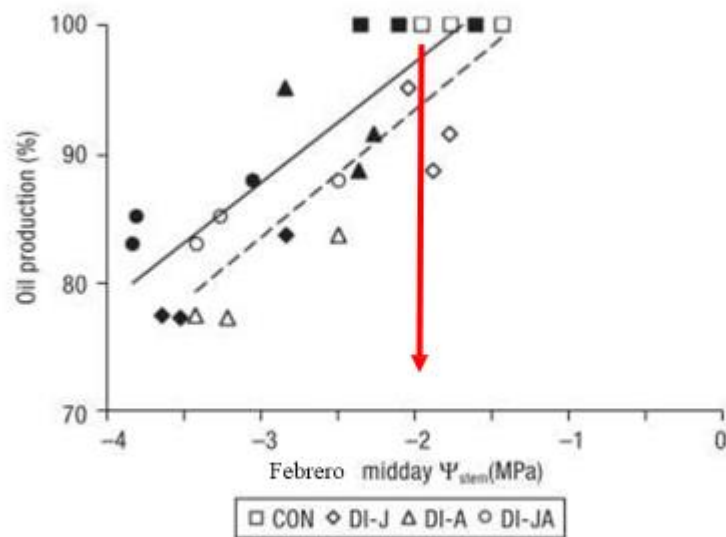


Foto tomada el 5 de mayo
problemas de riego

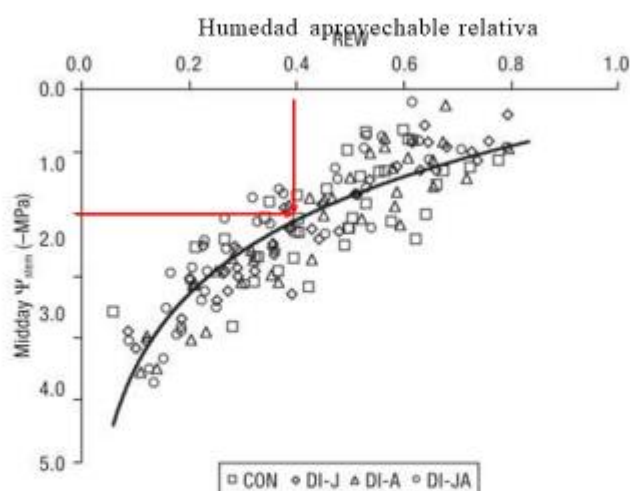
**...a mayor carga frutal,
mayor deshidratación.**



Gentileza Dr. Thomas Fichet



Gómez-del-Campo, 2013



Gómez-del-Campo, 2013

Efectos del déficit hídrico en los procesos de crecimiento y producción del olivo

PROCESO	EFFECTO DEL DÉFICIT HÍDRICO	Potencial hídrico
Crecimiento vegetativo	Reducción del crecimiento y del número de flores al año siguiente	Óptimo -0.9-1.0 MPa -1.3 a -1.5 Mpa 50 % de reducción (Arb)
Desarrollo de inflorescencias	Reducción del número de flores. Aborto ovárico	*Óptimo hasta -2 Mpa (Arb) *-3 Mpa 100% de reducción * en año media-alta floración
Floración	Reduce la fecundación, número de frutos	
Cuajado de frutos	Aumenta la caída de frutos	
Crecimiento inicial del fruto (primeras 4 semanas)	Disminuye el tamaño del fruto (menor número de células/fruto)	
Crecimiento posterior del fruto	Disminuye el tamaño del fruto (menor tamaño de las células del fruto)	
Acumulación de aceite	Disminuye el contenido en aceite del fruto	-4.0 MPa Baja carga -1.5 MPa Alta carga -1.5 a -2. MPa Óptimo

Adaptado de Orgaz y Fereres, 2008 y actualizado según la reciente literatura

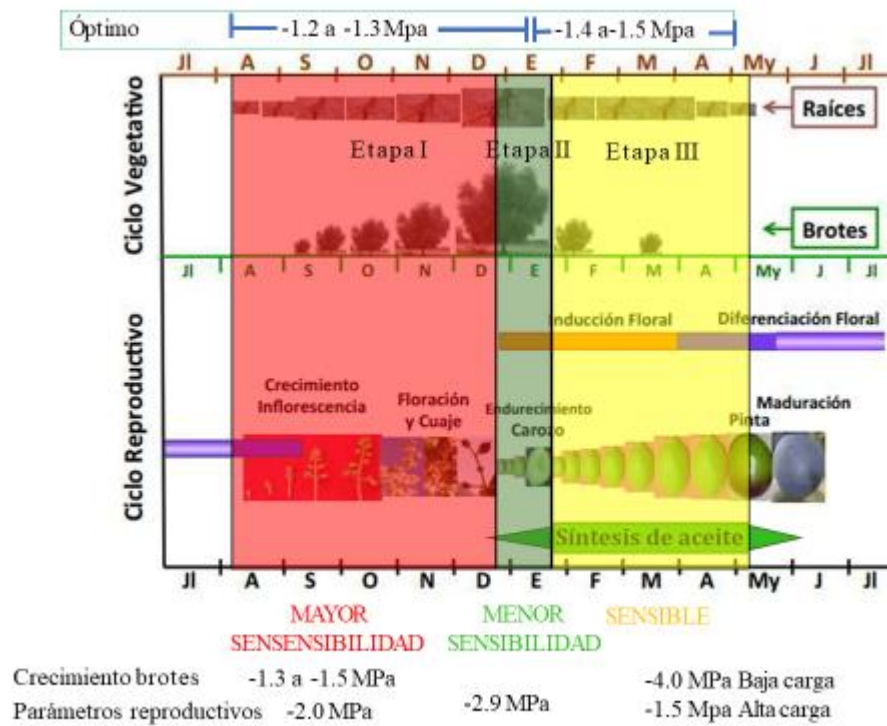
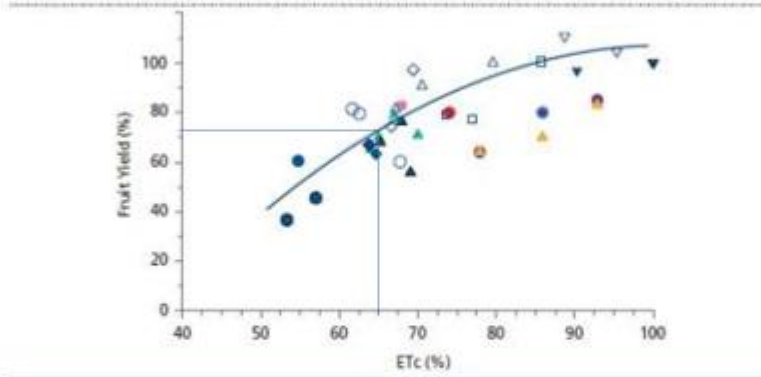
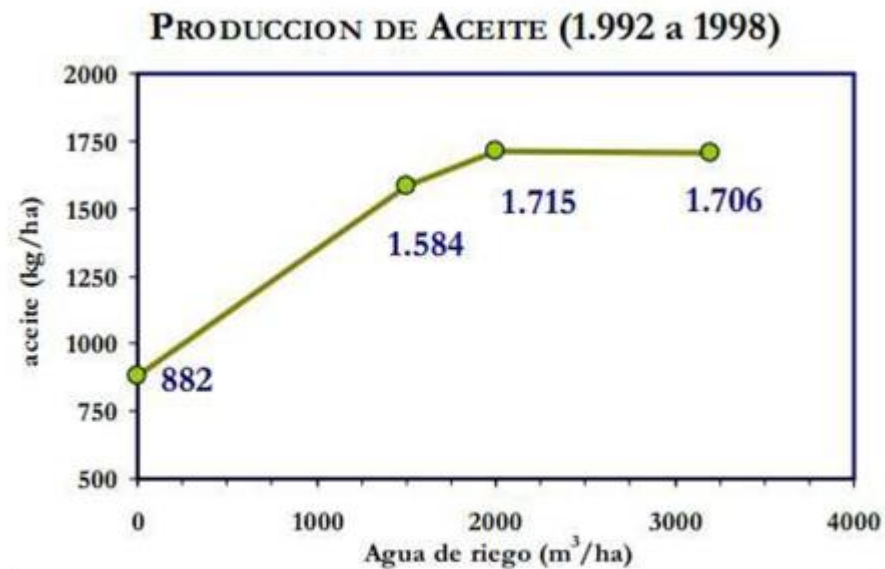


FIGURE 4 Relationship between relative fruit yield and relative ET_c for olive. Curve was obtained for the cv. Picual in Córdoba, Spain (Moriana et al., 2003), and data points obtained from additional studies (Lavee et al., 2007; Iniesta et al., 2009; Martín-Vertedor et al., 2011; Gucci et al., 2007 and Caruso et al., 2011) for different cultivars, as shown in the graph.



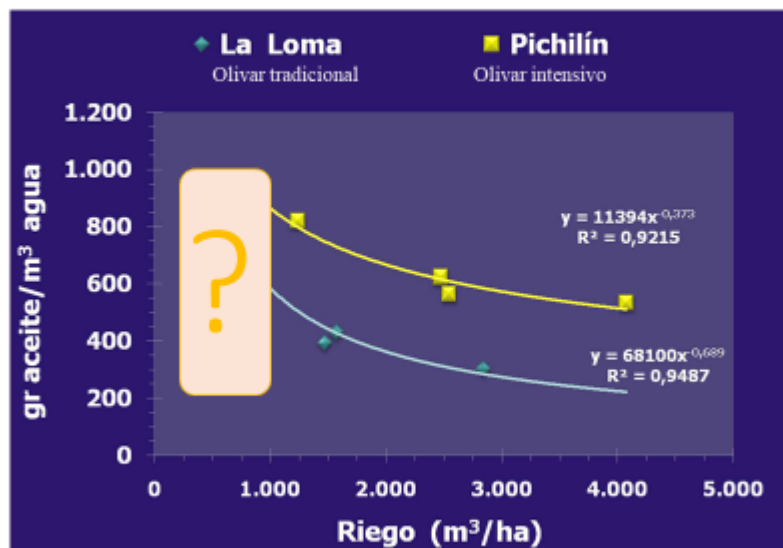
Extraído de Crop and yield responses to water FAO 66, Steduto, Hsiao, Fereres, Raes.

¿DÓNDE ESTÁ EL ÓPTIMO ECONÓMICO???



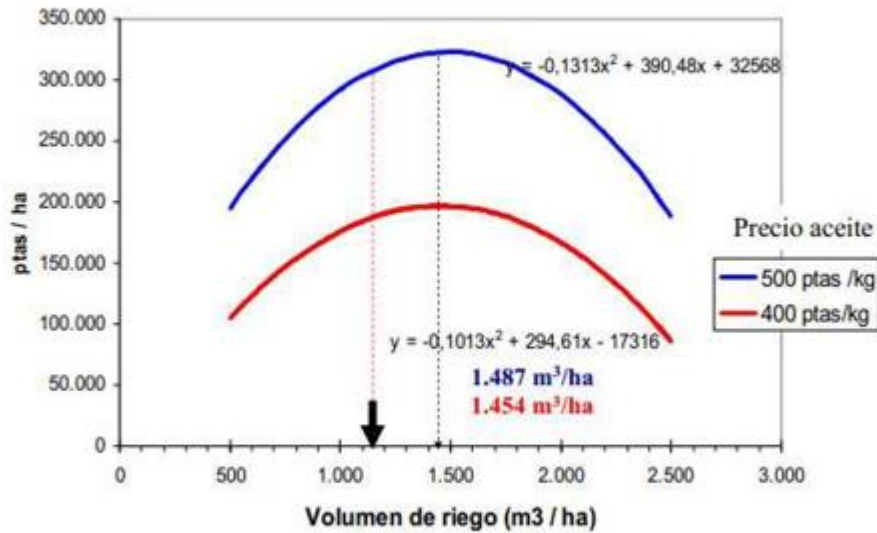
Gentileza. Ing Agr. Victorino Vêga, IFAPA, España

EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA DE RIEGO
PARA LA PRODUCCIÓN DE ACEITE **EN ESPAÑA**



Gentileza. Ing Agr. Victorino Vêga, IFAPA, España

Beneficio



Gentileza. Ing Agr. Victorino Vêga, IFAPA, España

¿Cómo darle valor a la calicata?



"No está tan seco"

"Está más o menos seco"



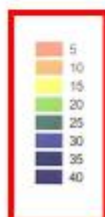
"En este momento, tenemos 20mm de agua en el suelo"

TDR100



• ¿Cómo funciona el TDR100?

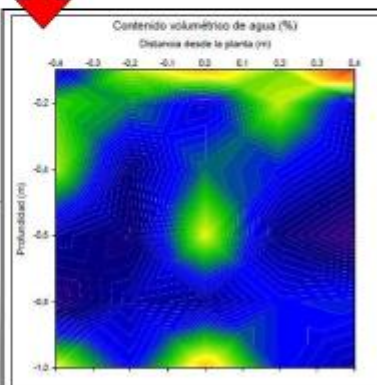
- ☐ El agua conduce electricidad
- ☐ TDR detecta la demora de un pulso electromagnético desde una varilla a otra.
- ☐ En condiciones de humedad este pulso es más rápido que en condiciones de sequía



Los valores entre 0 y 15%, representados por los colores rojo, naranja y amarillo, denotan contenidos de humedad bajo capacidad de campo, suelo seco que requiere de humedad.

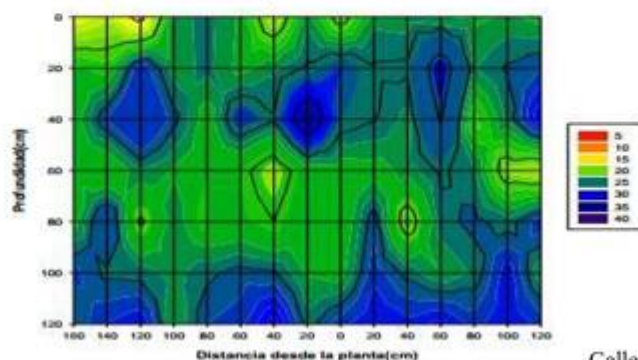
Los valores entre 20 y 35%, representados por los distintos tonos de verde y azul, denotan los contenidos de humedad de capacidad de campo, suelo húmedo que no provocará problemas a las plantas.

Contenido de humedad sobre 40% puede provocar problemas de asfixia radical.



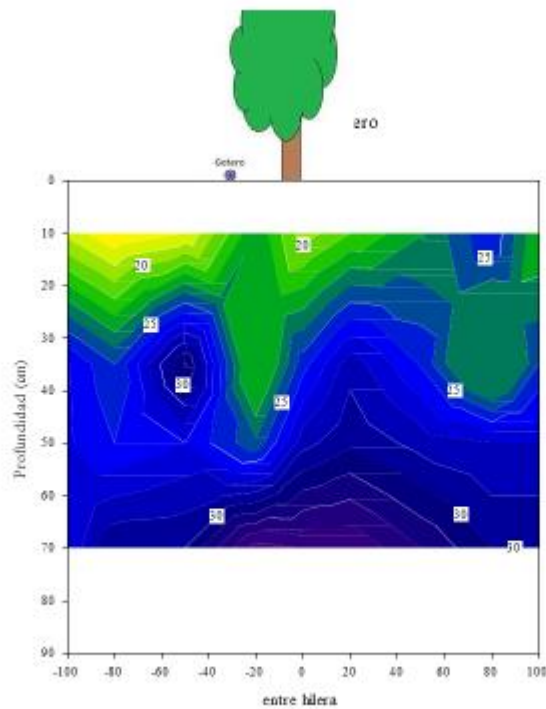
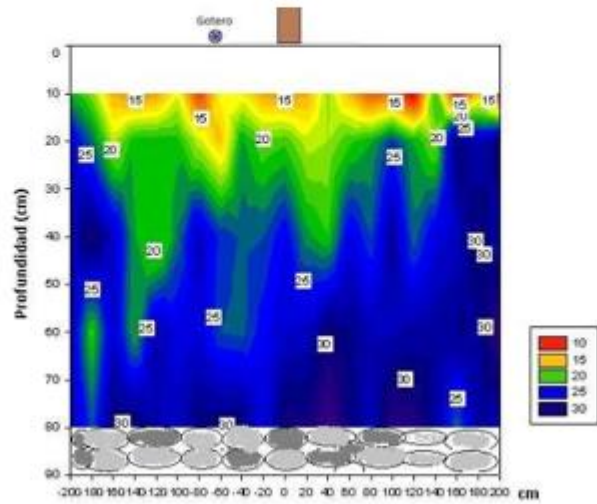
¿Cómo quedo el contenido de agua en el suelo después de la lluvia?

Evaluación Humedad
Thompson Seedless
48 después de una lluvia de 80 mm
16 julio 2004



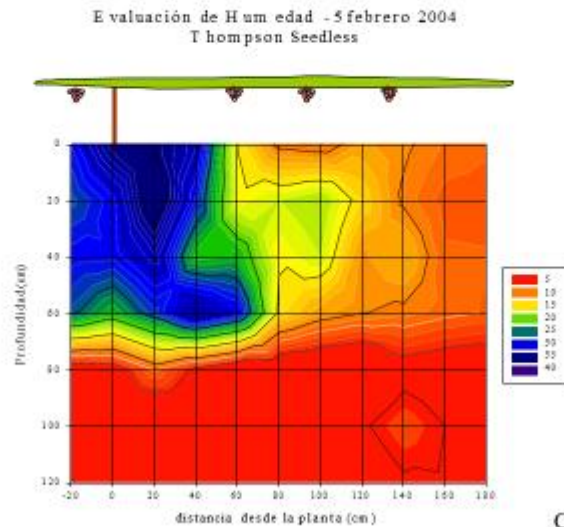
Callejas et al., 2014

Evaluación Humedad
 Olivo Frantoio
 48 despues de una lluvia de 80 mm
 11 julio 2012



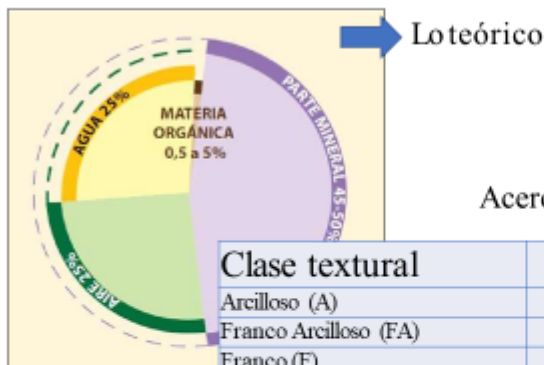
Ultimo riego
 Martes 30
 de Julio
 Tiempo de
 riego 13
 horas
 Calicata 2 de
 agosto

¿Le falta de agua en sectores del perfil de suelo?



Callejas et al., 2014

Recordemos algunas características del suelo



Acercándose a la realidad

¿Cómo se comporta en la realidad mi suelo?



Clase textural	SAT (%)	CC(%)	PMP (%)
Arcilloso (A)	48.8	42	29.9
Franco Arcilloso (FA)	47.2	35	21.3
Franco (F)	45.8	26.7	12.6
Areno Francoso(aF)	45.7	12.1	5.7
Arenoso (a)	46.3	9.4	5
Arcilloso arenoso (Aa)	44	37.1	26
Franco Arcillo arenoso (FAa)	43.2	28.3	18.3
Franco arenoso (Fa)	45	17.9	8.1
Limoso (L)	48.2	31.6	6.3
Arcillo limoso (AL)	53.2	41.6	27.8
Franco arcillo limoso (FAL)	51	37.9	21
Franco limoso (FL)	48.2	32.1	13.7



¿Cómo está el contenido de agua antes del riego?

35,3% arcilla
35,7% limo
29,0% arena



Franco
arcilloso

Sistema de riego:	Microaspersión
Caudal de los emisores (L/h):	30
Precipitación del equipo (mm/h):	1.72
Tiempo de riego (h)	5
Frecuencia de riego (días)	2

emisores espaciados a 2 m (2 emisores por planta)



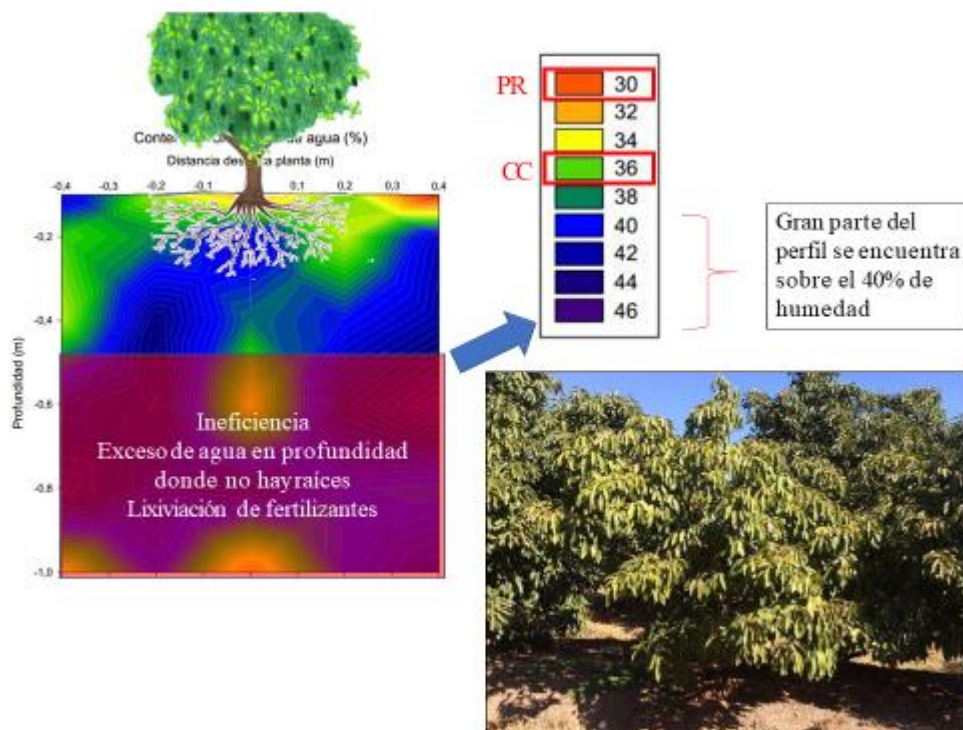
Baja presencia de
raíces finas
Suelo sin estructura



Exceso de humedad
Anoxia radical



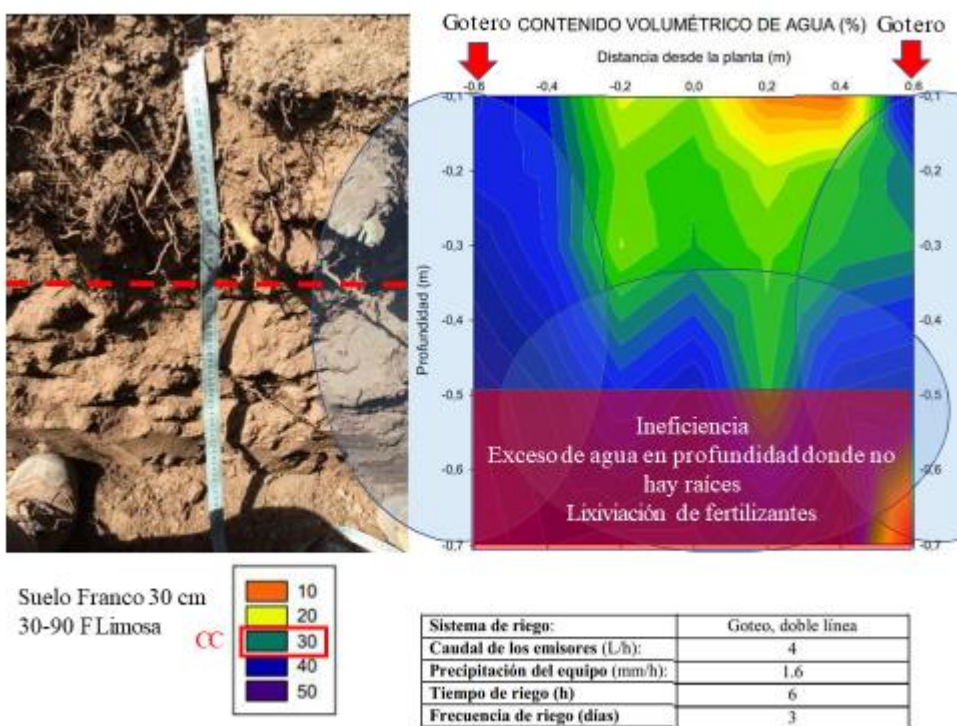
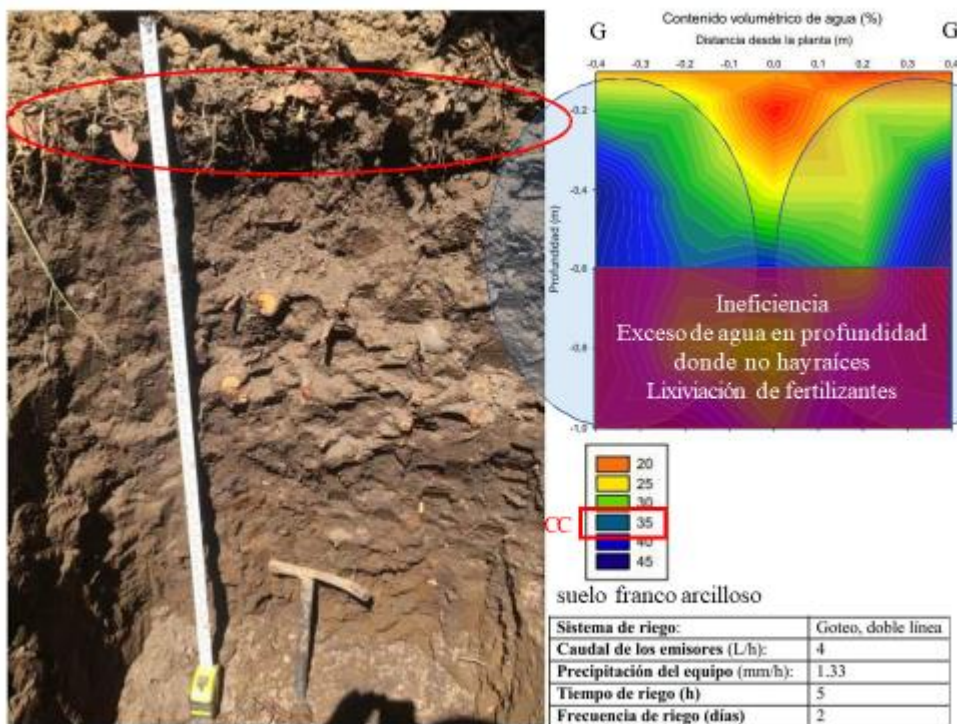
Exceso de humedad
Anoxia radical

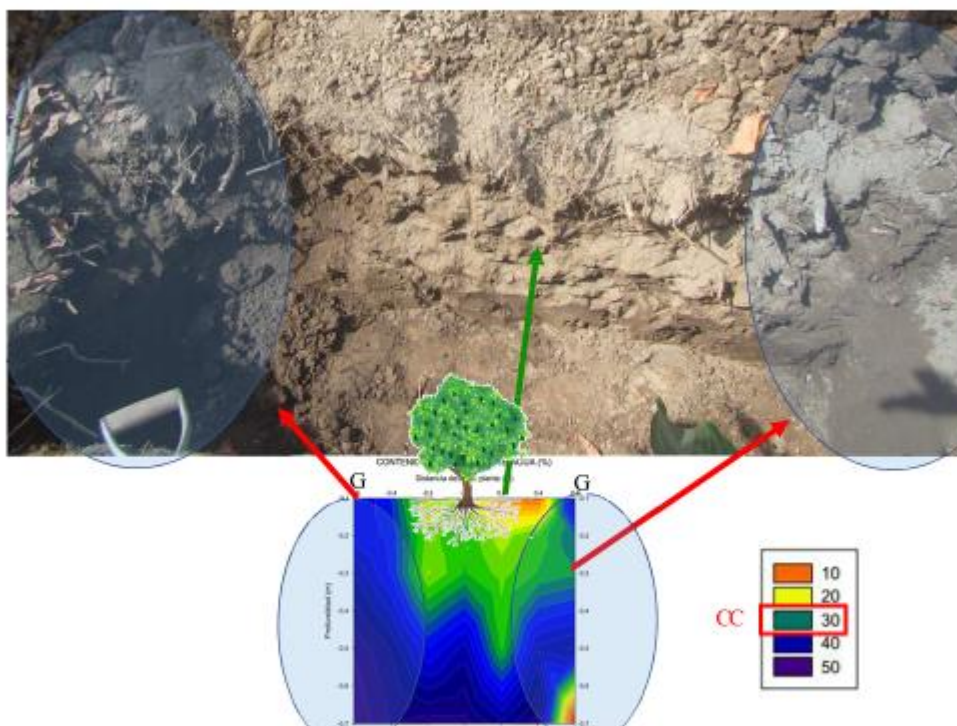


¿Cómo quedó el contenido de agua después del riego?

¿Hay traslape de bulbos?

¿Cómo está el contenido de agua en profundidad?

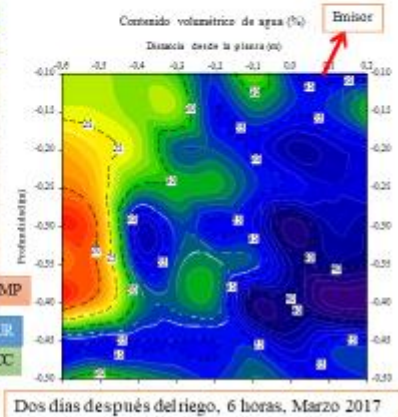
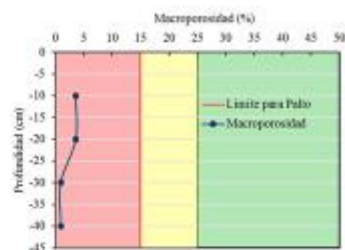
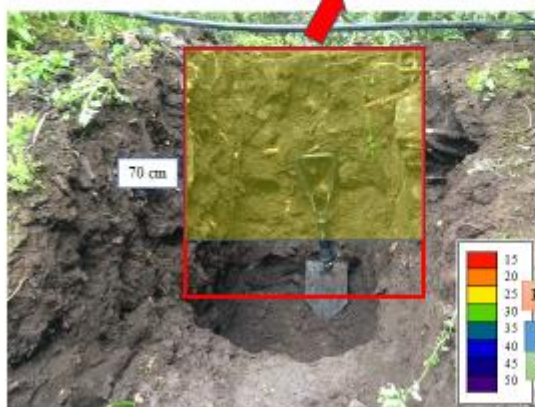




Baja macroporosidad :

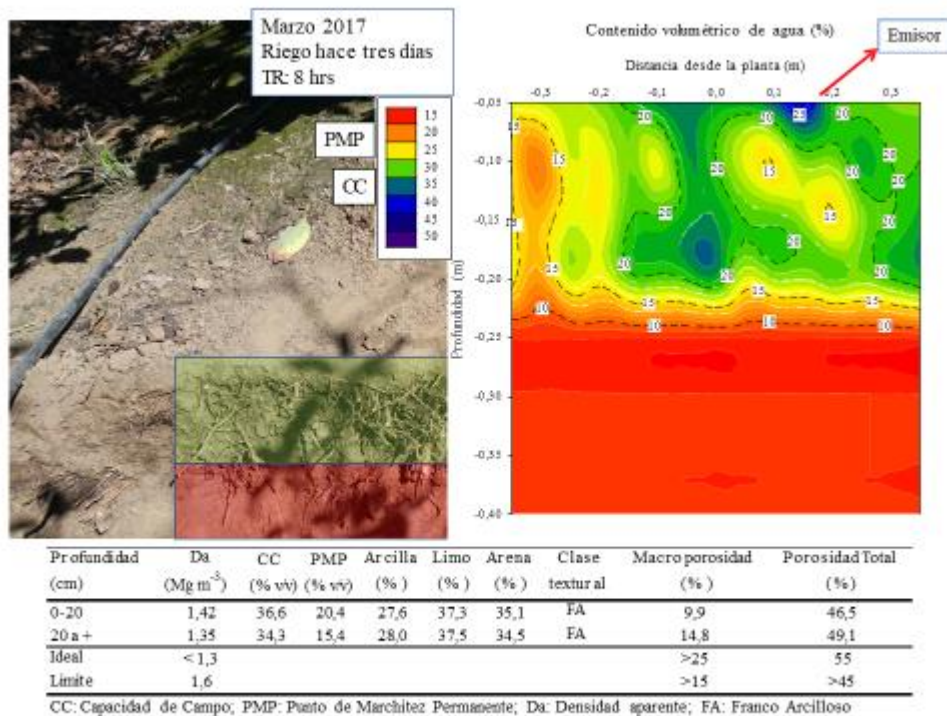
- Gulutrén, Puemo
- Palto Hass en camellón de 70 cm de altura
- Aspersión 32 L/h dos emisores por planta
- Suelo Franco los primeros 20 cm, luego FrancoArcilloso

Ausencia de raíces finas al centro del camellón

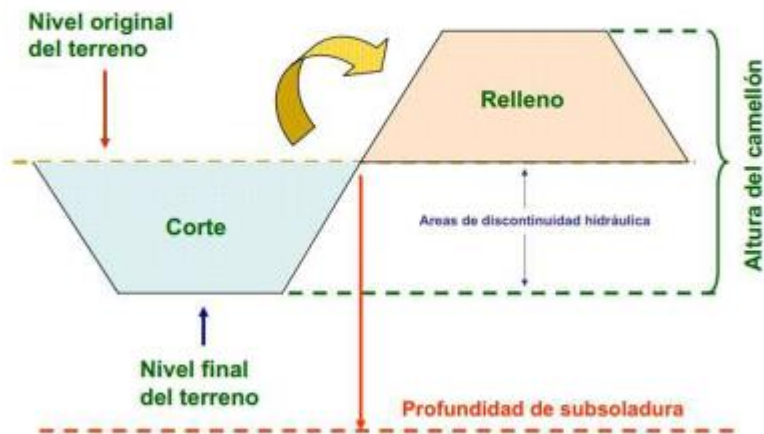


Falta de continuidad y diseño de camellón:

- Palto Champion en camellón
- Aspersión 32 L/h
- Suelo Franco Arcilloso

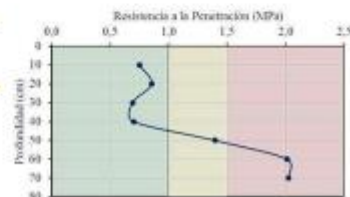


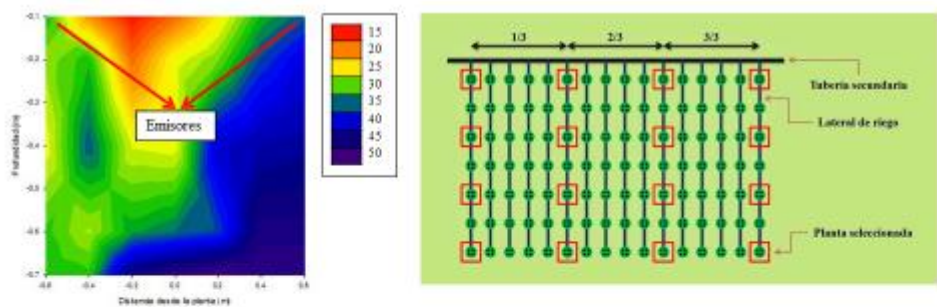
Formación de camellones



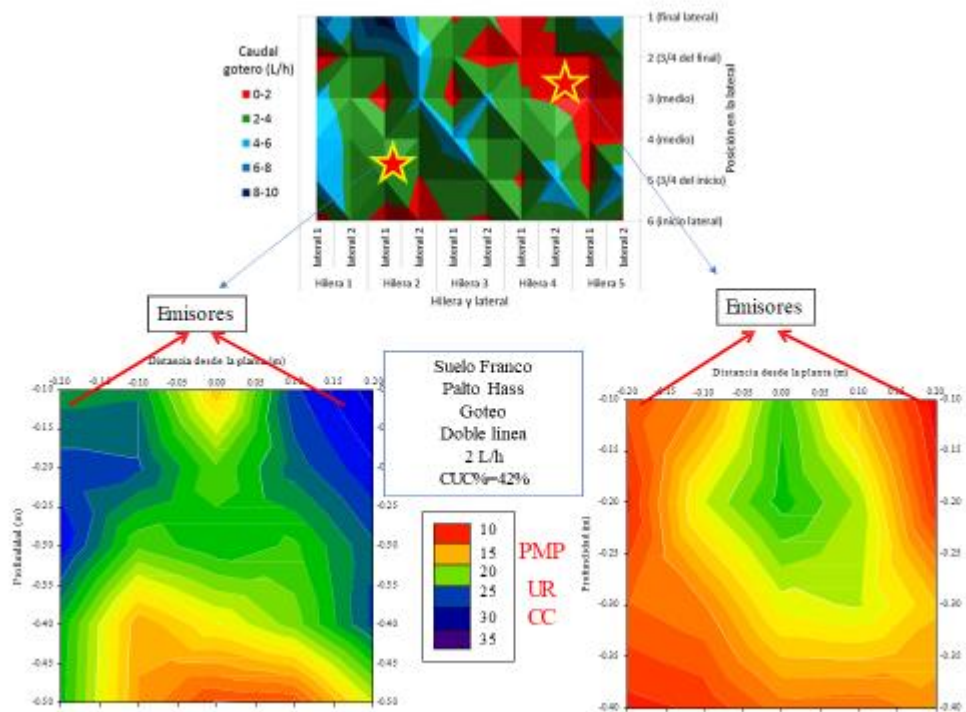
Mal diagnóstico y/o fallas en la construcción de camellones

Se vuelve



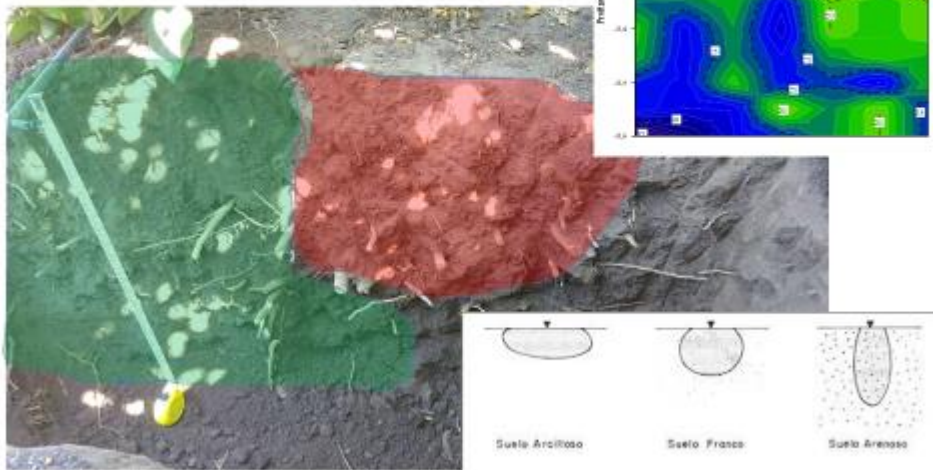
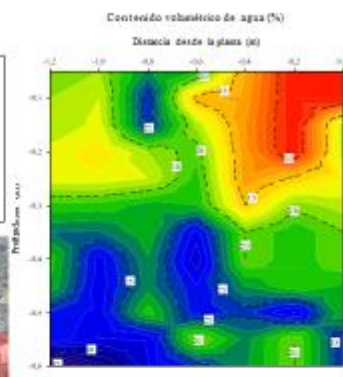
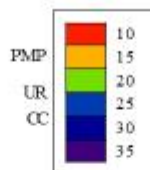


Caudal teórico		Presión teórica	Caudal con 2 sectores	Presión con 2 sectores
Línea / gotero	L/h	BAR	L/h	BAR
1	2,5	1	1,74	0,7
2	2,5	1	1,68	0,6
3	2,5	1	1,98	0,6
4	2,5	1	1,68	0,6
5	2,5	1	1,56	0,7
6	2,5	1	1,62	0,6
7	2,5	1	1,62	0,5
8	2,5	1		
9	2,5	1	1,68	0,6
10	2,5	1	1,68	0,6
Promedio	2,5	1	1,686	0,62



Ejemplo falta de traslape de bulbos húmedos

- Santa Amelia, Pichidegua
- Limonal Fino 49
- Suelo Franco Arenoso
- Goteo doble línea de 2,5L/h



Ejercicio

Un productor de olivos desea saber si tiene que regar su huerto en un momento determinado, cuanta agua y tiempo debe regar. Para ello ud cuenta con un equipo TDR para medir el contenido volumétrico de agua en el suelo.

Consideraciones

Análisis textural: 36% arena, 23% arcilla, 41 limo.

La profundidad efectiva de raíces es de 100 cm.

El criterio de riego es reponer cuando se haya agotado un 40% de la Humedad Aprovechable

Porcentaje de suelo mojado: 50%

Marco de plantación 6x4.

Riego por goteo, doble línea, con goteros a 1 metro de 4 l/h.

Al momento de ir al terreno ud pidió una calicata en la cual evaluó el contenido de humedad en el perfil y encontró que la humedad promedio en la zona de mayor cantidad de raíces fue de 23%.

Es momento de regar?

Según el software Soil Water Characteristics:

Suelo franco

CC: 30%

PMP: 15,3%

HA: $(30\% - 15,3\%) = 14,7\%$ HA

UR%: $(30\% - (14,7\% * 0,4)) = 24,1\%$  Hay que regar!

Cuanto volumen regar?

Profundidad de raíces: 100 cm

Volumen de agua teórico: $((30\% - 23\%)/100) * 100 * 0,5 = 3,5 \text{ cm} = 35 \text{ mm} = 350 \text{ m}^3/\text{ha}$

Volumen de agua real: $35 \text{ mm} / 0,9 = 38,88 \text{ mm}$

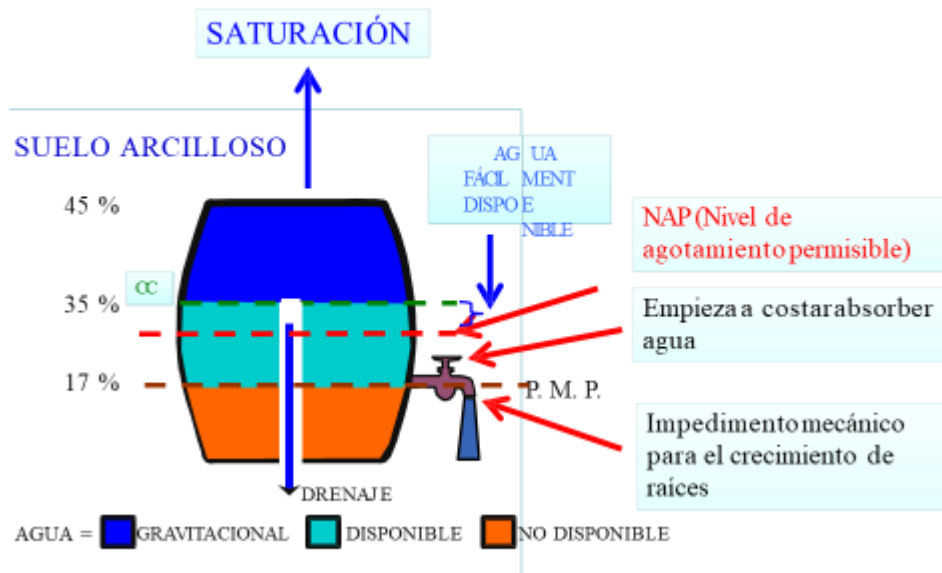
Cuanto tiempo regar?

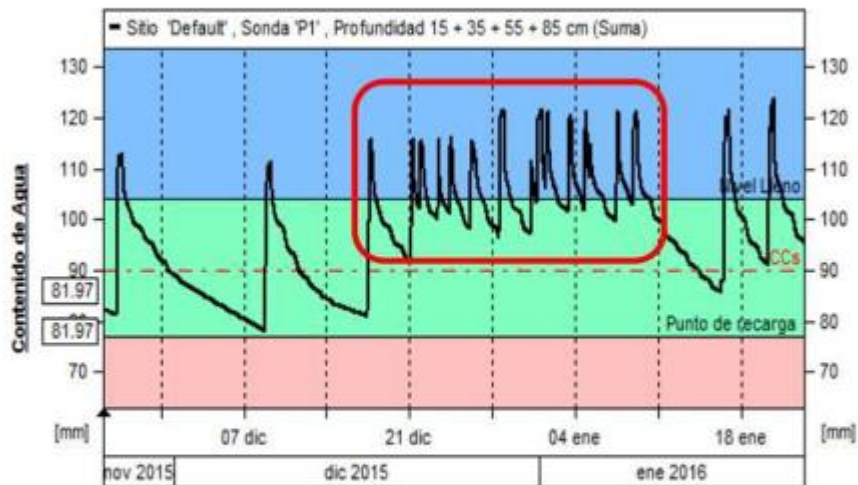
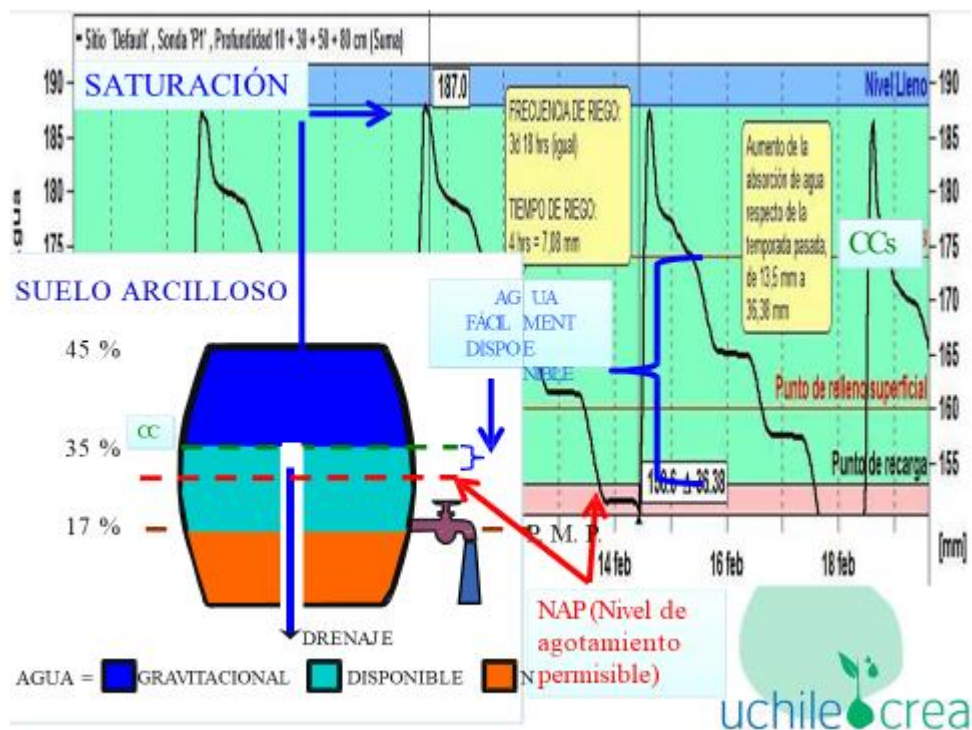
N goteros = $(10000 / (6 * 1)) * 2$

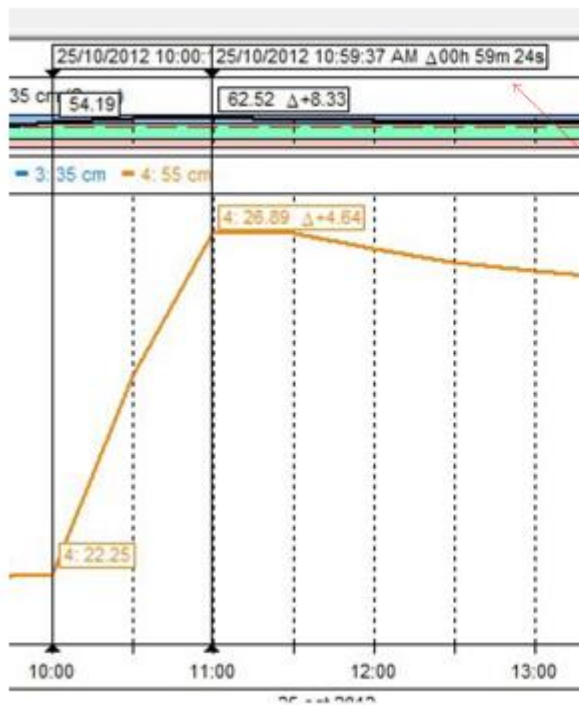
pp = $3.333 * 4 = 13.333 \text{ L/ha/h} = 1,3 \text{ mm/ha/h}$

TR = $(38,8 \text{ mm} / 1,3) = 30 \text{ horas}$



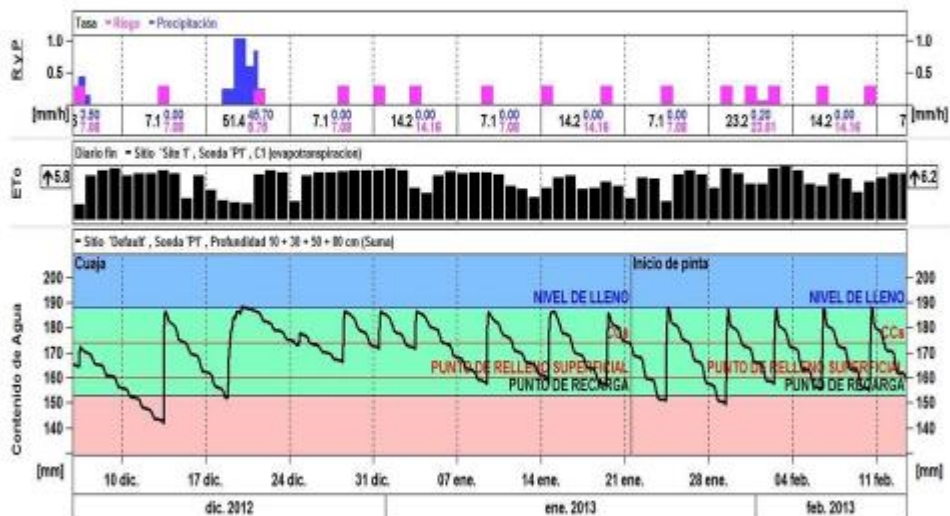




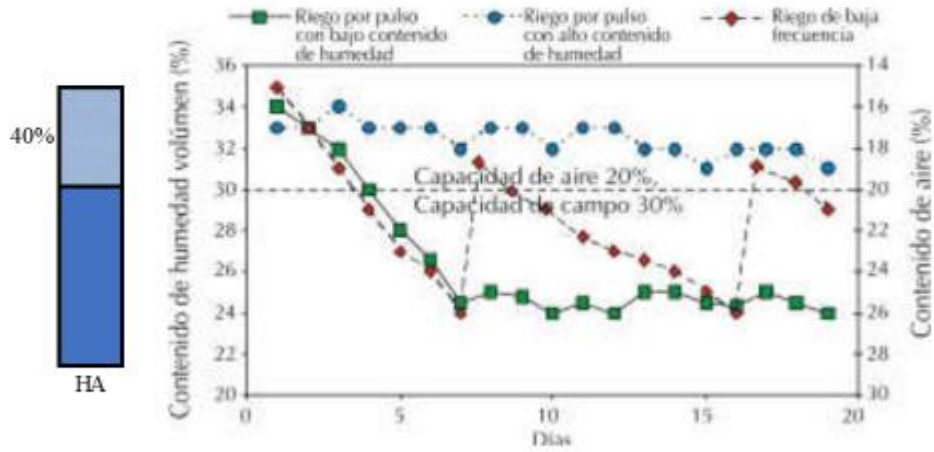


Aproximadamente en 1 hr de riego se recuperó el contenido de agua del horizonte ubicado a los 55 cm

Software Irrimax



En suelos de texturas más finas, el umbral de riego puede ser 30%-40%.



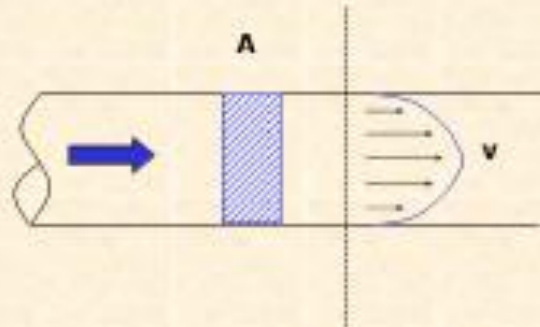
4. Módulo: Riego Localizado de Alta Frecuencia
Fecha realización: 18, 19 y 20 de Abril de 2018
Profesores: Cristián Kremer y Julio Haberland

El módulo de Riego Localizado de Alta Frecuencia a cargo de los Drs. Cristián Kremer y Julio Haberland. A continuación un listado de los temas tratados:

- ✓ Caracterización Plano, Perfiles, Escala.
- ✓ Diseño Agronómico
- ✓ Diseño Hidráulico
- ✓ Estimación , diseño y caracterización de cabezal
- ✓ Ejercicios prácticos
- ✓ Diseño de riego tecnificado trabajo con plano a escala

A continuación se presenta diaporama del módulo.

FLUJO DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS



FLUJO DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS

La cantidad de un fluido que fluye por un sistema cerrado por unidad de tiempo, se puede expresar como:

Tasa volumétrica

$$Q = A \cdot v \quad (L^3/T) \text{ [m}^3/\text{s]}$$

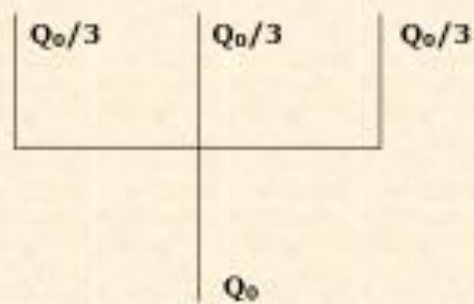
A: área de la sección conductora (L^2) [m^2]

v: velocidad de flujo promedio (L/T) [m/s]

FLUJO DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS

Por tratarse de un sistema cerrado, por continuidad:

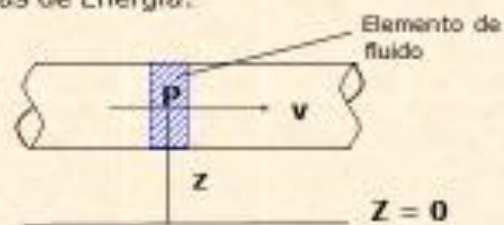
$$Q_1 = Q_2$$

FLUJO DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS

FLUJO DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS

Conservación de Energía y Teorema de Bernoulli

- 1ª Ley de Termodinámica
- Formas de Energía:



FLUJO DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS

- a) E potencial (elevación)

$$EP = w \cdot z \quad [N/m]$$

- b) E cinética (velocidad)

$$EC = \frac{w \cdot v^2}{2g} \quad [N/m]$$

- c) E de Flujo o de Presión

$$EF = \frac{w \cdot p}{\gamma} \quad [N/m]$$

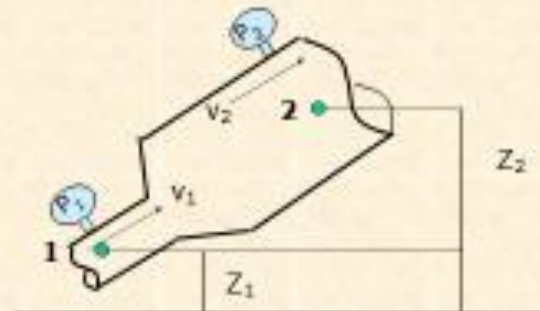
Energía total $E = EP + EC + EF$

$$E = wz + \frac{wv^2}{2g} + \frac{wP}{\gamma}$$

$\frac{wP}{\gamma} \rightarrow$ En canales abiertos se está a presión atmosférica, P_0 , por lo tanto este elemento no existirá

Teorema de Bernoulli

- Si un fluido fluye a tasa constante desde el punto 1 al punto 2
- Si $\Delta E = 0$ (no hay acumulación), entonces $E_1 = E_2$





$$\frac{w p_1 + w z + \frac{w v_1^2}{2g}}{\gamma} = \frac{w p_2 + w z + \frac{w v_2^2}{2g}}{\gamma} \quad \cdot \frac{1}{w}$$

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\left(\frac{F L}{L} \right) = (L) \quad \left[\frac{N m}{N} \right] = [m]$$

De esta manera, los términos de Energía quedan definidos en formas de E por unidad de peso, con unidades de altura sobre un nivel de referencia. Este término se define como **CARGA**.

$$\text{Carga} = \frac{E}{\text{u peso}}$$

$\frac{p}{\gamma}$ Carga de presión

z Carga de elevación

$\frac{v^2}{2g}$ Carga de velocidad

Asumiendo que el nivel de E se mantiene constante, Bernoulli es válido para los siguientes **supuestos**:

- ✓ El fluido es incompresible
- ✓ No existen elementos mecánicos que aporten o extraigan E del sistema (conducción)
- ✓ No existe transferencia de q (calor) hacia o desde el sistema (convección)
- ✓ No existe pérdida de carga por fricción

Pérdida de carga: pérdida de E que se puede medir fácilmente por un ΔP .

- ✓ Siempre existe
- ✓ Varía según el material conductor: largo, diámetro, rugosidad del material.
- ✓ A Q y v constantes, la pérdida de carga no es influida por la presión

FLUJO DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS

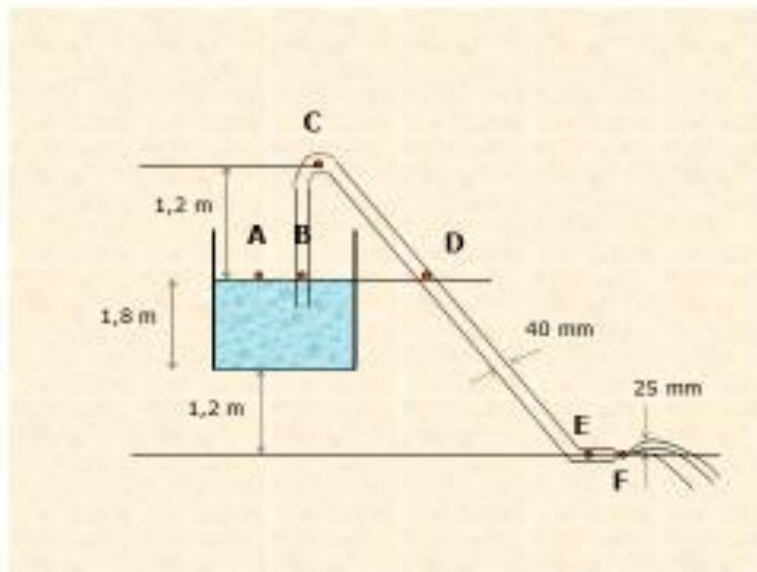


Ejercicio

Dado: el siguiente esquema de un sifón, sin pérdidas de carga.

Requerido:

1. Velocidad de flujo en F
2. Q que fluye por el sifón
3. P_8
4. P_C, P_{0r}, P_E



Desarrollo:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Analizando entre el punto A y el punto F:

$$\frac{p_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2g} = \frac{p_F}{\gamma} + z_F + \frac{v_F^2}{2g}$$

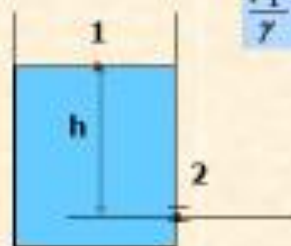
$$z_A = \frac{v_F^2}{2g} \quad \Rightarrow \quad v_F = \sqrt{z_A \cdot 2g}$$

$$v_F = \sqrt{3 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 7,67 \text{ m/s}$$

TAREA: Requerido 2, 3 y 4

Teorema de Torricelli

Para un estanque



$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ya que:

$$p_1 = p_2$$

$$z_1 - z_2 = h$$

$$v_1 = 0$$

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

0 0 0

$$z_1 - z_2 = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_1 = \sqrt{(z_1 - z_2) 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{h 2g}$$

Tarea:

Calcule la curva de descarga para un estanque con un rango de carga de 4,5 a 0,5 m y una boquilla de 45 mm

PROCESO DE DISEÑO

Julio Haberland
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

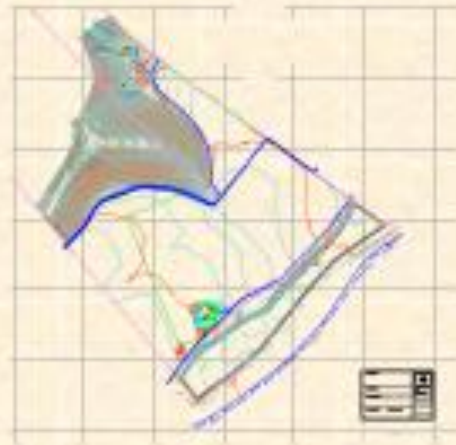
Proceso de Diseño

- Topografía
- Estudio agrológico
- Definición de especies y variedades
- Diseño de cuarteles
- Fuente de agua
- Fuente de energía
- Selección de emisores y distanciamiento
- Sectorización
- Diseño hidráulico
- CDT
- Diseño cabezal
- Selección de bomba
- Diseño eléctrico
- Planos

Topografía

- Es indispensable contar con un levantamiento topográfico de detalle previo al diseño del sistema de riego
 - Las curvas de nivel no deben tener un intervalo superior a 1m
 - Cuidar la escala en que se ha realizado el levantamiento
 - Densificación de puntos en terreno
 - Cuidar la calidad de la información digital del plano

Topografía



Suelos

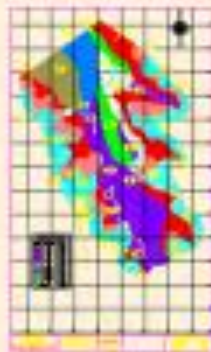
Es deseable contar con un plano agrológico del predio

- Estudio de suelos
- Asociar los suelos en unidades de manejo
- La finalidad de este estudio es definir unidades de manejo uniformes en base a parámetros de suelo y combinarlo con información de clima y planta, de modo tal de demarcar áreas de manejo homogéneo

Los parámetros de suelo más relevantes en relación con el manejo son

- Profundidad de Suelo
- Drenaje
- Permeabilidad (Textura, Estructura, Porosidad, Pedregosidad...)
- Capacidad de retención de agua y fertilidad potencial

Estudio Agrológico



- Se trabaja en base a Fases de Series de Suelos
- La calidad de las unidades resultantes es función de la escala del estudio (x, y, z)
- Las unidades deben ser definidas en base a rangos de manejo útiles

Estudio Agrológico



- Las unidades de manejo permiten minimizar el número de puntos de monitoreo (analítica y monitoreo)
- Adicionalmente permiten generalizar decisiones continuas sobre la base de un monitoreo discreto

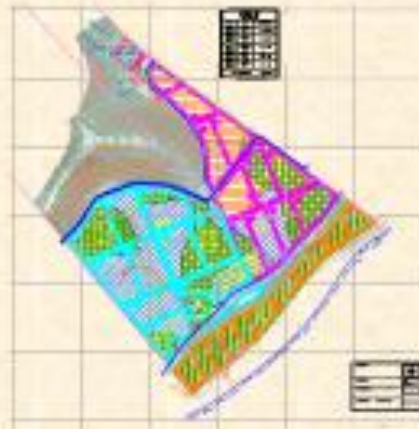
Suelos



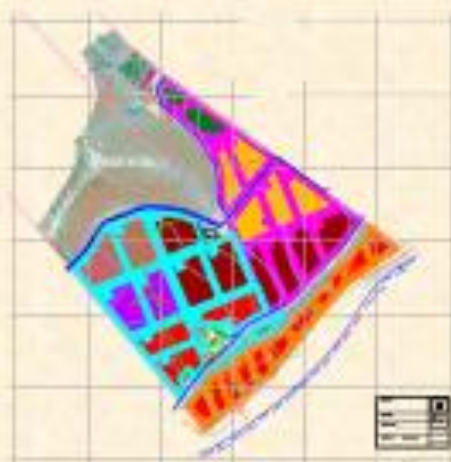
Diseño de Cuarteles

- Asignar especies y variedades y plantarlas según las unidades de suelo previamente definidas
- Diseñar los cuarteles y caminos en base a operación de campo según las distintas especies
- Diseñar el riego en base a Unidades de Manejo
- Adaptar y compatibilizar el diseño de riego con el diseño óptimo de cuarteles

Diseño de Cuarteles

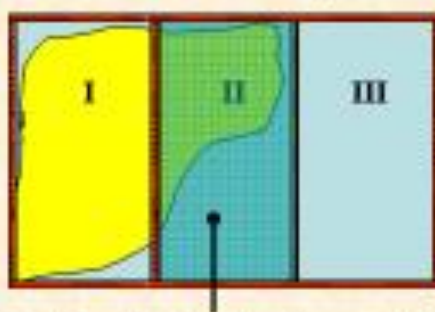


Diseño de Cuarteles - Variedades



Diseñar Cuarteles y Sectores de Riego

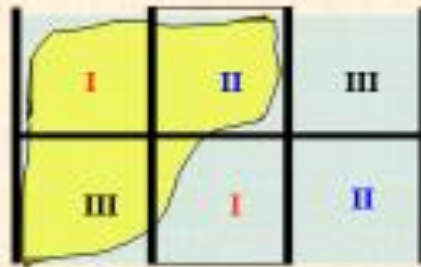
Diseño en base a riego



Combinación de suelos y/o variedades

Diseñar Cuarteles y Sectores de Riego

Reducir costos hidráulicamente



Diseñar Cuarteles y Sectores de Riego

- Diseñar cuarteles plantando las especies o variedades según los suelos previamente definidos



Diseñar Cuarteles y Sectores de Riego

- Diseñar cuarteles plantando las especies o variedades según los suelos previamente definidos y optimizando el riego con el manejo predial



PROCESO DE DISEÑO 2

Julio Haberland
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

Proceso de Diseño

- Diagnóstico
- Estudio preliminar
- Definición de objetivos y prioridades
- Diseño de alternativas
 - Fuente de agua
 - Fuente de energía
 - Selección de emisores y distanciamiento
 - Sectorización
 - Diseño hidráulico
 - CDT
 - Diseño cabecal
 - Selección de bomba
 - Diseño eléctrico
 - Planos

Fuente de Agua

- Es necesario conocer la fuente de agua que se utilizará para el proyecto en relación a los siguientes aspectos:
 - Calidad física del agua especialmente en lo que tiene relación con las partículas en suspensión y las partículas arrastradas
 - Determina el pretratamiento de agua (decantación)
 - Determina en gran medida el filtraje requerido
 - Calidad química la que tendrá efecto sobre el cultivo como la mantención requerida para evitar el taponamiento de los emisores.
 - Ejemplo: aplicaciones de ácido para eliminar depósitos de carbonato
 - Calidad microbiológica algas y bacterias inciden directamente en el taponamiento de los emisores y en el manejo requerido para su prevención
 - Ejemplo: aplicaciones de cloro para el control de bacterias y algas

Fuente de Agua

- Es necesario conocer la fuente de agua que se utilizará para el proyecto en relación a los siguientes aspectos:
 - Cantidad del suministro
 - Determina la superficie factible de ser regada
 - Continuidad del suministro
 - Define la necesidad de contar o no con almacenamiento
 - Ubicación física en relación a la superficie a regar
 - Puede determinar la viabilidad del proyecto

Fuente de Agua

- Agua de canal



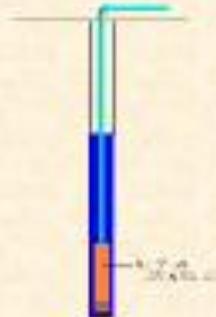
Fuente de Agua

- Agua de canal



Fuente de Agua

- Agua de pozo



Energía

- Es necesario conocer la fuente de energía que se utilizará para el proyecto en relación a los siguientes aspectos:
 - Cantidad del suministro
 - Determina la potencia suministrable
 - Continuidad del suministro
 - Define la necesidad de contar o no con opciones en energía
 - Ubicación física en relación a la superficie a regar
 - Puede determinar la viabilidad del proyecto

Energía

- Electricidad



- Combustibles



- Solar

Sistema de riego

Selección del emisor: Goteo vs Microaspersión
Especie a regar
Susceptibilidad a mojamientos del tronco



Sistema de riego

Selección del emisor Goteo w/ Microaspersión
 Especie a regar
 Patrón de enraizamiento
 Geometría permitida por el suelo



Sistema de riego

Características del suelo
 Profundidad
 Pedregosidad
 Permeabilidad



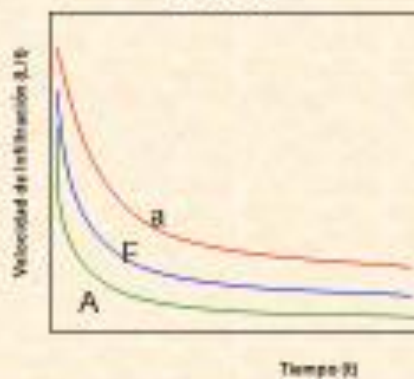
ARENOSO

FRANCO

ARCILLOSO

Sistema de riego

Caudal del emisor
Características del suelo
Infiltración



Sistema de riego

Caudal del emisor
Goteo 1-2-3-4-8-12 L/h
Microaspersión 20 a 50 – 50 a 100 sobre 100 L/h



Diseño sistema de riego

Densidad de emisores por planta o por hectárea

$$Ne = \left(\frac{10.000}{Dh * Ds} \right)$$

Ne = Número de emisores por hectárea
Dh = Distancia entre hileros o líneas de emisores (m)
Ds = Distancia de emisores sobre el lecho (m)

Diseño sistema de riego

Precipitación bruta del sistema
Densidad de emisores por planta o por hectárea
Caudal del emisor definido previamente

$$pp = \frac{Ne * Qe}{10.000} \qquad pp = \frac{Qe}{Dh * Ds}$$

pp = Precipitación del sistema (mm/h)
Ne = Número de emisores por hectárea
Qe = Caudal del emisor (L/h)

Diseño sistema de riego

Tiempo de riego

Demanda hídrica (ETc Máxima)

Precipitación del Equipo

Eficiencia del sistema

$$TR = \frac{ETc_{max}}{pp \cdot Ef}$$

TR = Tiempo de riego (h)

ETc_{max} = Evapotranspiración máxima de cultivo (mm/d)

pp = Precipitación del equipo (mm/h)

Ef = Eficiencia del sistema (fracción)

Diseño sistema de riego

Número de sectores

Tiempo de riego

Horas Punta

Largo del día

$$NS = \frac{NHTD}{TR}$$

NHTD = Número de horas Tiempo de riego diario (h) (Máx 24 h/día)

TR = Tiempo de riego (h)

Indicador de Riego	Unidad
Cuétiva	0.74
Distancia entre riego	1.2 m
Distancia entre líneas	2.40 m
Porcentaje de superficie	98%
Superficie total	11.00 ha
Superficie Riego	11.00 ha
Número de Módulos	111111
Presión de operación	50 mca
Caudal de la fuente	2.84 l/s
Número de Módulos por línea	1
Semencia total	0.2 hectolitros
Eficiencia de riego	90%
Número de salidas	10
Número de líneas por módulo	1.0
Distancia entre módulos	0.86 m
Número de salidas por módulo	10.00
Número de Módulos por Módulo	1000
Caudal por Módulo	470.11 l/min
Presión por módulo	2.00 mca
Presión por módulo	2.00 mca
Tiempo de riego	2.10 h
Tiempo total de riego	21.00 h

Diseño sistema de riego

Sectorización
Tamaño sectores
Suelos similares
Cultivo

Modo	Superficie	Distancia entre Módulos (m)	Superficie (ha)	Número Módulos	Caudal (l/s)	Caudal (m³/h)	Tiempo (h)
10	0.10 hectáreas	1.00 x 1.00	1.00	10000	0.10	0.10	1.00
20	0.20 hectáreas	1.00 x 1.00	2.00	20000	0.20	0.20	2.00
30	0.30 hectáreas	1.00 x 1.00	3.00	30000	0.30	0.30	3.00
40	0.40 hectáreas	1.00 x 1.00	4.00	40000	0.40	0.40	4.00
50	0.50 hectáreas	1.00 x 1.00	5.00	50000	0.50	0.50	5.00
60	0.60 hectáreas	1.00 x 1.00	6.00	60000	0.60	0.60	6.00
70	0.70 hectáreas	1.00 x 1.00	7.00	70000	0.70	0.70	7.00
80	0.80 hectáreas	1.00 x 1.00	8.00	80000	0.80	0.80	8.00
90	0.90 hectáreas	1.00 x 1.00	9.00	90000	0.90	0.90	9.00
100	1.00 hectáreas	1.00 x 1.00	10.00	100000	1.00	1.00	10.00
110	1.10 hectáreas	1.00 x 1.00	11.00	110000	1.10	1.10	11.00
120	1.20 hectáreas	1.00 x 1.00	12.00	120000	1.20	1.20	12.00
130	1.30 hectáreas	1.00 x 1.00	13.00	130000	1.30	1.30	13.00
140	1.40 hectáreas	1.00 x 1.00	14.00	140000	1.40	1.40	14.00
150	1.50 hectáreas	1.00 x 1.00	15.00	150000	1.50	1.50	15.00
160	1.60 hectáreas	1.00 x 1.00	16.00	160000	1.60	1.60	16.00
170	1.70 hectáreas	1.00 x 1.00	17.00	170000	1.70	1.70	17.00
180	1.80 hectáreas	1.00 x 1.00	18.00	180000	1.80	1.80	18.00
190	1.90 hectáreas	1.00 x 1.00	19.00	190000	1.90	1.90	19.00
200	2.00 hectáreas	1.00 x 1.00	20.00	200000	2.00	2.00	20.00
210	2.10 hectáreas	1.00 x 1.00	21.00	210000	2.10	2.10	21.00
220	2.20 hectáreas	1.00 x 1.00	22.00	220000	2.20	2.20	22.00
230	2.30 hectáreas	1.00 x 1.00	23.00	230000	2.30	2.30	23.00
240	2.40 hectáreas	1.00 x 1.00	24.00	240000	2.40	2.40	24.00
250	2.50 hectáreas	1.00 x 1.00	25.00	250000	2.50	2.50	25.00
260	2.60 hectáreas	1.00 x 1.00	26.00	260000	2.60	2.60	26.00
270	2.70 hectáreas	1.00 x 1.00	27.00	270000	2.70	2.70	27.00
280	2.80 hectáreas	1.00 x 1.00	28.00	280000	2.80	2.80	28.00
290	2.90 hectáreas	1.00 x 1.00	29.00	290000	2.90	2.90	29.00
300	3.00 hectáreas	1.00 x 1.00	30.00	300000	3.00	3.00	30.00
310	3.10 hectáreas	1.00 x 1.00	31.00	310000	3.10	3.10	31.00
320	3.20 hectáreas	1.00 x 1.00	32.00	320000	3.20	3.20	32.00
330	3.30 hectáreas	1.00 x 1.00	33.00	330000	3.30	3.30	33.00
340	3.40 hectáreas	1.00 x 1.00	34.00	340000	3.40	3.40	34.00
350	3.50 hectáreas	1.00 x 1.00	35.00	350000	3.50	3.50	35.00
360	3.60 hectáreas	1.00 x 1.00	36.00	360000	3.60	3.60	36.00
370	3.70 hectáreas	1.00 x 1.00	37.00	370000	3.70	3.70	37.00
380	3.80 hectáreas	1.00 x 1.00	38.00	380000	3.80	3.80	38.00
390	3.90 hectáreas	1.00 x 1.00	39.00	390000	3.90	3.90	39.00
400	4.00 hectáreas	1.00 x 1.00	40.00	400000	4.00	4.00	40.00
410	4.10 hectáreas	1.00 x 1.00	41.00	410000	4.10	4.10	41.00
420	4.20 hectáreas	1.00 x 1.00	42.00	420000	4.20	4.20	42.00
430	4.30 hectáreas	1.00 x 1.00	43.00	430000	4.30	4.30	43.00
440	4.40 hectáreas	1.00 x 1.00	44.00	440000	4.40	4.40	44.00
450	4.50 hectáreas	1.00 x 1.00	45.00	450000	4.50	4.50	45.00
460	4.60 hectáreas	1.00 x 1.00	46.00	460000	4.60	4.60	46.00
470	4.70 hectáreas	1.00 x 1.00	47.00	470000	4.70	4.70	47.00
480	4.80 hectáreas	1.00 x 1.00	48.00	480000	4.80	4.80	48.00
490	4.90 hectáreas	1.00 x 1.00	49.00	490000	4.90	4.90	49.00
500	5.00 hectáreas	1.00 x 1.00	50.00	500000	5.00	5.00	50.00
510	5.10 hectáreas	1.00 x 1.00	51.00	510000	5.10	5.10	51.00
520	5.20 hectáreas	1.00 x 1.00	52.00	520000	5.20	5.20	52.00
530	5.30 hectáreas	1.00 x 1.00	53.00	530000	5.30	5.30	53.00
540	5.40 hectáreas	1.00 x 1.00	54.00	540000	5.40	5.40	54.00
550	5.50 hectáreas	1.00 x 1.00	55.00	550000	5.50	5.50	55.00
560	5.60 hectáreas	1.00 x 1.00	56.00	560000	5.60	5.60	56.00
570	5.70 hectáreas	1.00 x 1.00	57.00	570000	5.70	5.70	57.00
580	5.80 hectáreas	1.00 x 1.00	58.00	580000	5.80	5.80	58.00
590	5.90 hectáreas	1.00 x 1.00	59.00	590000	5.90	5.90	59.00
600	6.00 hectáreas	1.00 x 1.00	60.00	600000	6.00	6.00	60.00
610	6.10 hectáreas	1.00 x 1.00	61.00	610000	6.10	6.10	61.00
620	6.20 hectáreas	1.00 x 1.00	62.00	620000	6.20	6.20	62.00
630	6.30 hectáreas	1.00 x 1.00	63.00	630000	6.30	6.30	63.00
640	6.40 hectáreas	1.00 x 1.00	64.00	640000	6.40	6.40	64.00
650	6.50 hectáreas	1.00 x 1.00	65.00	650000	6.50	6.50	65.00
660	6.60 hectáreas	1.00 x 1.00	66.00	660000	6.60	6.60	66.00
670	6.70 hectáreas	1.00 x 1.00	67.00	670000	6.70	6.70	67.00
680	6.80 hectáreas	1.00 x 1.00	68.00	680000	6.80	6.80	68.00
690	6.90 hectáreas	1.00 x 1.00	69.00	690000	6.90	6.90	69.00
700	7.00 hectáreas	1.00 x 1.00	70.00	700000	7.00	7.00	70.00
710	7.10 hectáreas	1.00 x 1.00	71.00	710000	7.10	7.10	71.00
720	7.20 hectáreas	1.00 x 1.00	72.00	720000	7.20	7.20	72.00
730	7.30 hectáreas	1.00 x 1.00	73.00	730000	7.30	7.30	73.00
740	7.40 hectáreas	1.00 x 1.00	74.00	740000	7.40	7.40	74.00
750	7.50 hectáreas	1.00 x 1.00	75.00	750000	7.50	7.50	75.00
760	7.60 hectáreas	1.00 x 1.00	76.00	760000	7.60	7.60	76.00
770	7.70 hectáreas	1.00 x 1.00	77.00	770000	7.70	7.70	77.00
780	7.80 hectáreas	1.00 x 1.00	78.00	780000	7.80	7.80	78.00
790	7.90 hectáreas	1.00 x 1.00	79.00	790000	7.90	7.90	79.00
800	8.00 hectáreas	1.00 x 1.00	80.00	800000	8.00	8.00	80.00
810	8.10 hectáreas	1.00 x 1.00	81.00	810000	8.10	8.10	81.00
820	8.20 hectáreas	1.00 x 1.00	82.00	820000	8.20	8.20	82.00
830	8.30 hectáreas	1.00 x 1.00	83.00	830000	8.30	8.30	83.00
840	8.40 hectáreas	1.00 x 1.00	84.00	840000	8.40	8.40	84.00
850	8.50 hectáreas	1.00 x 1.00	85.00	850000	8.50	8.50	85.00
860	8.60 hectáreas	1.00 x 1.00	86.00	860000	8.60	8.60	86.00
870	8.70 hectáreas	1.00 x 1.00	87.00	870000	8.70	8.70	87.00
880	8.80 hectáreas	1.00 x 1.00	88.00	880000	8.80	8.80	88.00
890	8.90 hectáreas	1.00 x 1.00	89.00	890000	8.90	8.90	89.00
900	9.00 hectáreas	1.00 x 1.00	90.00	900000	9.00	9.00	90.00
910	9.10 hectáreas	1.00 x 1.00	91.00	910000	9.10	9.10	91.00
920	9.20 hectáreas	1.00 x 1.00	92.00	920000	9.20	9.20	92.00
930	9.30 hectáreas	1.00 x 1.00	93.00	930000	9.30	9.30	93.00
940	9.40 hectáreas	1.00 x 1.00	94.00	940000	9.40	9.40	94.00
950	9.50 hectáreas	1.00 x 1.00	95.00	950000	9.50	9.50	95.00
960	9.60 hectáreas	1.00 x 1.00	96.00	960000	9.60	9.60	96.00
970	9.70 hectáreas	1.00 x 1.00	97.00	970000	9.70	9.70	97.00
980	9.80 hectáreas	1.00 x 1.00	98.00	980000	9.80	9.80	98.00
990	9.90 hectáreas	1.00 x 1.00	99.00	990000	9.90	9.90	99.00
1000	10.00 hectáreas	1.00 x 1.00	100.00	1000000	10.00	10.00	100.00

PROCESO DE DISEÑO 3

Julio Haberland
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

PROCESO DE DISEÑO 3

Julio Haberland
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

Proceso de Diseño

- Topografía
- Cálculo preliminar
- Cálculo de caudales y velocidades
- Cálculo de anchuras
- Cálculo de volúmenes
- Cálculo de energía
- Selección de bombas y tuberías

- Diseño hidráulico
- CDT
- Diseño cabecal
- Selección de bomba
- Diseño eléctrico
- Planos

- [illegible]

Diseño hidráulico

• Hidráulica de laterales

- Los laterales corresponden a las tuberías porta emisores, normalmente fabricadas en PE, resistentes a la luz UV, las que pueden ir en superficie o enterradas.
- Las medidas más comunes corresponden a 16 mm (1/2") con espesor de pared de 0.9 a 1.1 mm y 20 mm (3/8") con espesor de pared de 1.0 a 1.2 mm.
- La pérdida de carga normalmente aceptada en la lateral corresponde a un 10% de la presión de operación del emisor.

Diseño hidráulico

• Hidráulica de laterales

Ecuación de Hazen y Williams:

$$hf = K \cdot \frac{Q^{1.852} \cdot L}{C^{1.852} \cdot D^{4.871}} F$$

Factor de salidas múltiples de Christiansen:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m-1)^{0.5}}{6N^2}$$

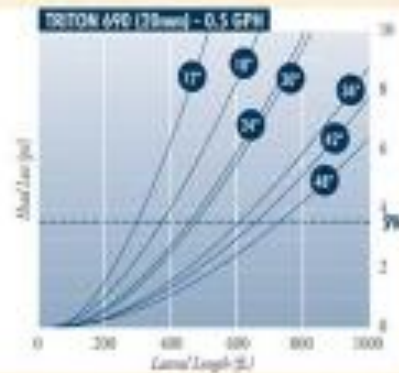
N = Número de salidas

m = Coeficiente de velocidad

By W1.852

Diseño hidráulico

- Laterales



Diseño hidráulico

- Hidráulica de submatrices

- Las submatrices corresponden a las tuberías portales laterales, normalmente fabricadas en PVC y van enterradas a 60 cm de profundidad.
- Las medidas más comunes y las clases de resistencia ya fueron discutidas.
- La pérdida de carga normalmente aceptada en la submatriz corresponde a un 10% de la presión de operación del emisor.
- La velocidad de flujo en la tubería no debe superar 2 m/s.
- Si la válvula se encuentra al centro es conveniente compensar ambos lados de la submatriz.

Diseño hidráulico

- Hidráulica de submatrices

Ecuación de Hazen y Williams:

$$hf = K \cdot \frac{Q^{1.852} \cdot L}{C^{1.852} \cdot D^{4.871}} F$$

Factor de salidas múltiples de Christiansen:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m-1)^{0.5}}{6N^2}$$

N = Número de salidas
 m = Coeficiente de velocidad
 0.5/0.1852

Diseño hidráulico

- Submatrices



Diseño hidráulico

- Hidráulica de matrices

- Las matrices corresponden a las tuberías que alimentan a los submatrices, conectándose a ellas por medio de válvulas. Adicionalmente conectan el centro de control con
- Las matrices normalmente son construidas en PVC o HDPE y van enterradas entre 60cm y 120cm de profundidad.
- Las medidas más comunes y las clases de resistencia ya fueron discutidas
- La pérdida de carga normalmente aceptada en la matriz dice relación con la topografía y la velocidad de flujo.
- La velocidad de flujo en la matriz no debe superar 2 m/s.

Diseño hidráulico

- Hidráulica de matrices

Ecuación de Hazen y Williams:

$$hf = K \cdot \frac{Q^{1.852} \cdot L}{C^{1.852} \cdot D^{4.871}} F$$

Diseño hidráulico

- Matrices



Diseño hidráulico

- Carga dinámica total CDT

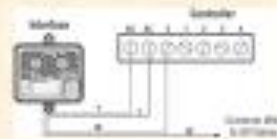
- Corresponde a la sumatoria de todas las pérdidas de carga existentes en el sistema que permitan satisfacer adecuadamente los requerimientos del sector más alejado y/o elevado en relación a la fuente de agua
- Se incluye en el CDT
 - La presión de operación del emisor
 - Las pérdidas de carga debidas a la topografía
 - Las pérdidas de carga debidas a la fricción en las tuberías
 - Las pérdidas de carga singulares
 - Las pérdidas de carga de las válvulas
 - Las pérdidas de carga de los filtros

- Corresponde a la suma total de todas las pérdidas de carga existentes en el sistema que permitan satisfacer adecuadamente los requerimientos del sector más alejado y/o elevado en relación a la fuente de agua. Adicionalmente permite seleccionar la bomba impulsora.
- Se incluye en el CDT
 - La presión de operación del emisor
 - Las pérdidas de carga debidas a la topografía
 - Las pérdidas de carga debidas a la fricción en las tuberías
 - Las pérdidas de carga singulares
 - Las pérdidas de carga de las válvulas
 - Las pérdidas de carga de los filtros

Kalkulationsschema 100kg C 20.1		
Materialverbräuche:		
Material		100,00 kg
	2	2,00 kg
Materialkosten:		
	2	40,00 €
	10	20,00 €
	2	8,00 €
	10	40,00 €
	10	20,00 €
	10	20,00 €
Materialkosten (1)		100,00 €
Stücklohn		10,00 €
Materialkosten		1,00 €
Stücklohn		10,00 €

Diseño eléctrico

- Solenoides normalmente 24V AC
- Con amperajes de 0.25-0.10 A
- Cable NYA
- Cable THHN
- El voltaje pueda fluctuar en un rango moderado 19 – 25
- La diferencia de voltaje entre válvulas comunes no debe superar 4 o 5 V
- Opciones de cableado

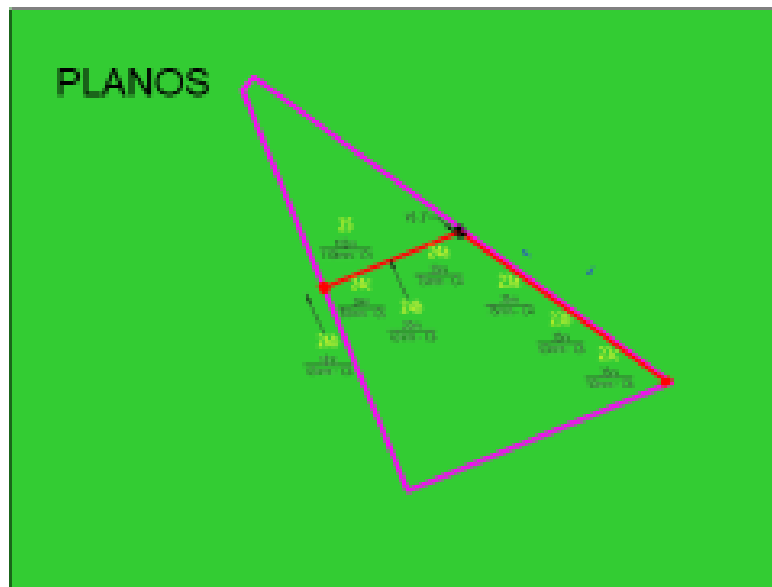


Diseño eléctrico

$$V_d = \frac{I(R)L}{1000}$$

V_d = Caída en voltaje
 R = Resistencia del cable (ohms/1000m)
 I = Amperaje nominal del solenoide
 L = Largo del cable





5. Módulo: Flujo en Canales Abiertos y Estructuras de Acumulación

Fecha realización: 17 y 18 Julio de 2018

Profesores: Cristián Kremer y Julio Haberland

El módulo de Riego Flujo en Canales Abiertos y Estructuras de Acumulación estuvo a cargo de los Drs. Cristián Kremer y Julio Haberland. A continuación un listado de los temas tratados:

- ✓ Ecuación de energía
- ✓ Bernoulli, energía específica
- ✓ Interpretación de curvas de control (energía)
- ✓ Número de Froude
- ✓ Caracterización de flujos, subcrítico, supercrítico, crítico
- ✓ Caracterización Flujo Uniforme y Permanente
- ✓ Ecuaciones de flujo permanente (Manning, Chezy)
- ✓ Introducción estructuras de control de flujo
- ✓ Estimación de necesidades de acumulación
- ✓ Tipos de estructuras de acumulación
- ✓ Diseño y cubicación de obras
- ✓ Ejercicios tipo.

A continuación se presenta diaporama del módulo.



Introducción

Un canal abierto es un conducto en el cual el líquido fluye con una superficie libre

Ejemplo:

- Canales contruídos para la distribución de agua, para consumo, riego, generación eléctrica, drenaje
- Alcantarillas,
- Túneles que fluyen parcialmente llenos;
- Arroyos y ríos naturales.

Alternativas para conducir agua]

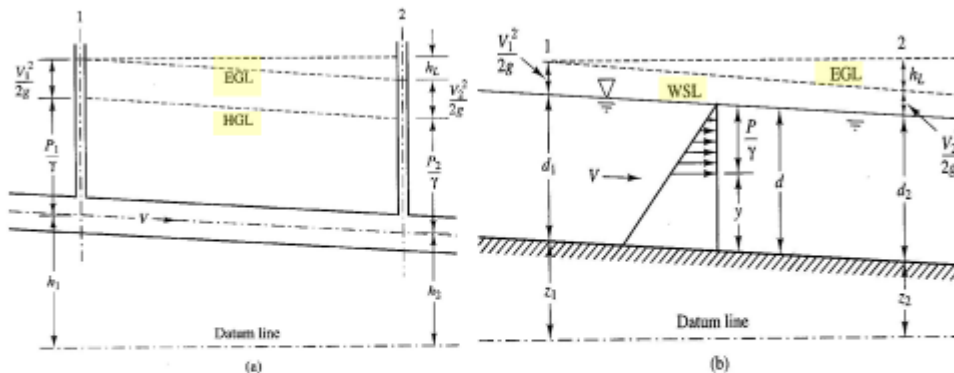
1. A presión por tubería
2. A presión atmosférica por canales

Diferencias básicas entre el flujo en tuberías y canales abiertos

	Tubería	Canal
Flujo Ocurre	Por diferencias de presión	Gravedad (Energía Potencial)
Sección de Flujo	Conocida esta limitada por el área del conducto, (tubería llena)	Desconocida no se sabe la profundidad del flujo (tirante)
Parámetros de flujo	Velocidad se determina con ecuación de continuidad	Profundidad y velocidad de flujo son determinadas simultáneamente con continuidad, energía y momento
	El flujo en un conducto cerrado no es necesariamente un flujo en tubería.	



Descripción de línea de energía en tubería y canal



Flujo en tubería

Flujo en canales abiertos

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \rightarrow \text{Conservación de Energía Ecuación de BERNOULLI}$$

Para Tuberías (Fig. a):

- La línea de gradient hidráulico (HGL) es la suma de la elevación y la presión en el punto de medición (indicada por los piezómetros).
- La línea de gradient de energía (EGL) es la suma de HGL y la energía debido a la velocidad de flujo.
- El monto de pérdida de energía cuando el fluido transita de la sección 1 a la 2 es señalada como por h_L .

Para Canal abierto(Fig. b):

- La línea de gradient hidráulico (WGL) es igual a la línea de la superficie de agua, donde la presión es igual a la presión atmosférica, se refiere a ese punto como el punto de presión cero.
- La línea de gradient de energía (EGL) es la suma de HGL y la energía debido a la velocidad de flujo.
- El monto de pérdida de energía cuando el fluido transita de la sección 1 a la 2 es señalada como por h_L . Para flujo uniforme y permanente, la caída en EGL es igual a la variación de altura por pendiente del canal entre las secciones 1 y 2.

6

2. Clasificaciones del Flujo

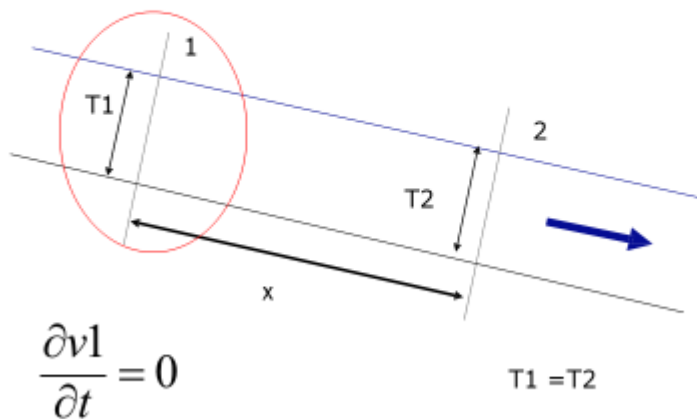
Clasificación teniendo criterio el tiempo :

1. **Flujo permanente** (independiente del tiempo):
Caudal y profundidad de flujo no cambian con el tiempo.
2. **Flujo no permanente** (dependiente del tiempo):
Caudal y profundidad del flujo cambia con respecto al tiempo en una sección determinada.

7

Tipos de flujo en canales

1. Flujo permanente (canal con pendiente y sección uniforme



2. Clasificaciones del Flujo

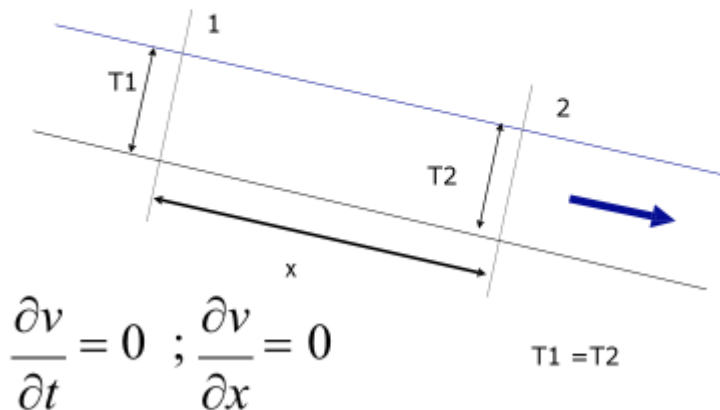
Clasificaciones basadas con un criterio de espacio:

1. **Flujo uniforme** (estos son en su mayoría permanentes):
Caudal y profundidad de flujo permanece igual en cualquier sección del canal.
2. **Flujo no uniforme**: Caudal y profundidad de flujo cambian en cualquier sección del canal.

9

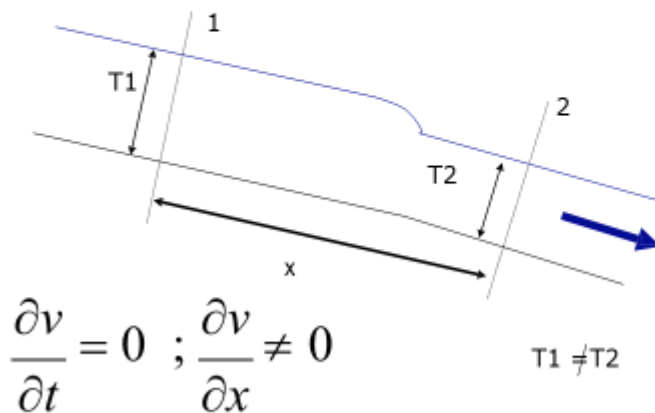
Tipos de flujo en canales

1. Flujo uniforme (canal con pendiente y sección uniforme)



Tipos de flujo en canales

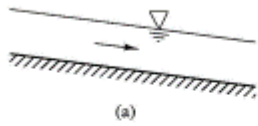
1. Flujo no uniforme (canal irregular con cambios de pendiente y sección)



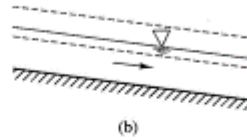
Flujo no uniforme también recibe el nombre de flujo variado (flujo en donde la profundidad de flujo o caudal cambian a lo largo del canal) estos a su vez se clasifican en flujos:

- **Gradualmente variados (GVF):** donde el cambio de profundidad cambia gradualmente a lo largo del canal.
- **Rapidamente Variados(RVF):** donde el cambio de profundidad ocurre rápidamente en una pequeña sección de largo del canal.

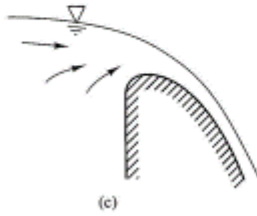
a) Uniform flow are mostly steady



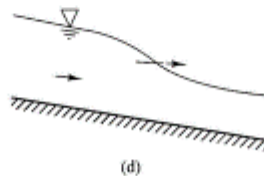
b) Unsteady uniform flows are very rare in nature



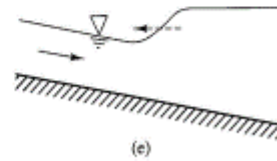
c) Steady varied flow (over a spillway crest)



d) Unsteady varied flow (onda de inundación)



e) Unsteady varied flow (mareas)

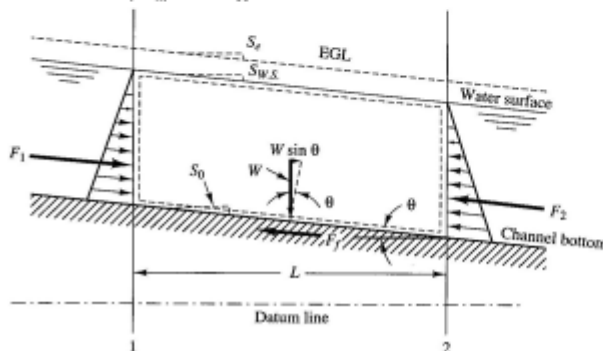


13

3. Flujo Uniforme

Para que ocurra flujo uniforme se deben cumplir las siguientes características:

1. La profundidad de flujo y, sección A, caudal Q, y la distribución de velocidades V en cualquier sección a lo largo del canal deben mantenerse constantes.
2. La pendiente de la energía de la línea de gradiente de energía (S_e), la pendiente de la superficie del agua (S_{ws}), y la pendiente la base del canal (S_0) son iguales.



$$S_e = S_{ws} = S_0$$

14

Si el flujo es uniforme por definición no acelera entonces:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0 ; \frac{\partial v}{\partial x} = 0 ; \frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial y}{\partial x} = 0$$

$$\sum F = 0$$

$$W \sin \theta + AP_1 - AP_2 - H_f = 0$$

$AP_1 = AP_2 =$ Son las fuerzas hidroestáticas en secciones 1 y 2

$\sin \theta = \tan \theta = S_0$ (Para un θ pequeño)

$$W \sin \theta = (\rho g A L \sin \theta) = (\gamma A L) \sin \theta = \gamma A L S_0$$

$$H_f = \tau_b PL = (KV^2) PL$$

$\tau_b =$ Fuerza de roce por unidad de área,

$K =$ constante de proporcionalidad

$$\gamma A L S_0 = (KV^2) PL \Rightarrow V = \sqrt{\left(\frac{\gamma}{K}\right) \left(\frac{A}{P}\right) S_0} \Rightarrow$$

$$C = \sqrt{\frac{\gamma}{K}} = \text{constante de Chezy}$$

$$R_h = \frac{A}{P} = \text{Radio Hidráulico}$$

$$V = C \sqrt{R_h S_0} \quad \text{The Chezy Formula}$$

$\tau_b \propto V^2$ entonces el flujo tiene que ser turbulento

- R_h = Radiohidráulico

$$R_h = \frac{\text{área de flujo}}{\text{perimetromojado}} = \frac{A}{P}$$

- C = Constante de Chezy ($m^{1/2}/s$), depende de la condición del canal y el caudal.

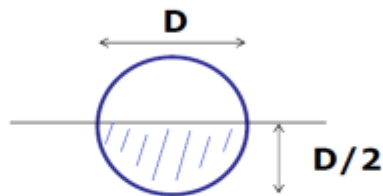
- Manning derive la siguiente ecuación empírica.:

$$C = \frac{1}{n} R_h^{1/6}$$

where n = es el coeficiente de rugosidad de Manning

17

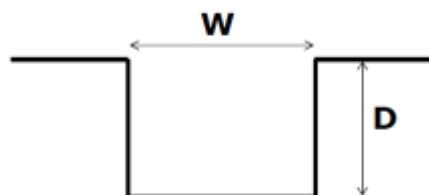
En una tubería circular semillena:



$$A = \frac{\pi D^2}{8}$$

$$PM = \frac{\pi D}{2}$$

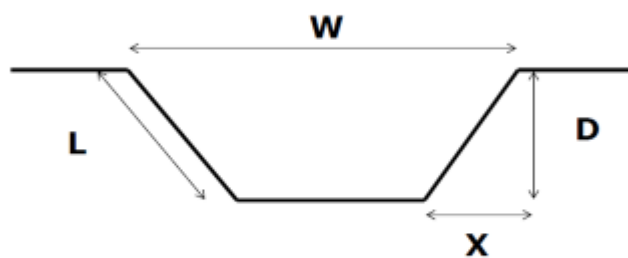
En un canal rectangular:



$$A = wD$$

$$PM = w + 2D$$

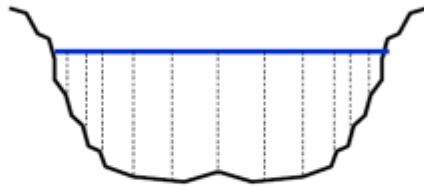
En un canal trapezoidal:



$$A = wD - XD$$

$$PM = W - 2x + 2L$$

En un canal natural:



El área y el perímetro mojado son estimados.
Se hacen perfiles y se suman las áreas.

TABLE .1 Typical Values of Manning's n

<i>Channel Surface</i>	<i>n</i>
Smooth steel surface	0.012
Corrugated metal	0.024
Smooth concrete	0.011
Concrete culvert (with connection)	0.013
Glazed brick	0.013
Earth excavation, clean	0.022
Natural stream bed, clean, straight	0.030
Smooth rock cuts	0.035
Channels not maintained	0.050–0.1

Formula de Manning

- Sustituyendo en la ecuación de Chezy,

$$C = \frac{1}{n} R_h^{1/6}$$

Se obtiene:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \sqrt{S_0}$$

OR

$$Q = VA = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} \sqrt{S_e}$$

Donde:

- Q en m³/s,
- V en m/s,
- R_h en m,
- S₀ en (m/m),
- n sin dimensiones

23

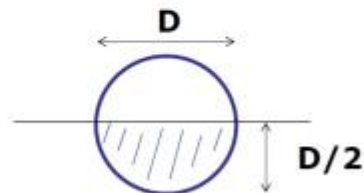
EJERCICIO

Determine la descarga normal para una tubería de 200 mm D.I. de arcilla con un η de 0,013, que fluye llena hasta la mitad. La tubería se encuentra instalada recta y en mil metros existe una diferencia de altura de 1 m

Dado: D: 0,20 m

η : 0,013

S: 0,001



EJERCICIO

Diseñe un canal rectangular hecho de concreto no enlucido, sobre una pendiente de 1,2%. El caudal de diseño es de 5,75 m³/s. La profundidad de flujo (tirante normal) debe ser igual a 1/2 del ancho de la base del canal.

Dado: y: b/2

η : 0,017

S: 0,012

Ejercicio

Base de canal trapezoidal= 3m as shown, talud= 2:1, pendiente = 0,02%, d=1.5m encuentre el caudal usando la ecuación de Manning, n=0.025.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S}$$

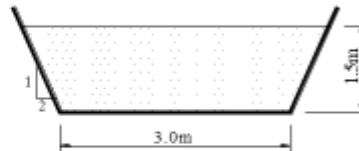
$$A = 0.5 \times (3 + 9) \times 1.5 = 9 \text{ m}^2$$

$$P = 2\sqrt{(3^2 + 1.5^2)} + 3 = 9.708$$

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{9}{9.708} = 0.927$$

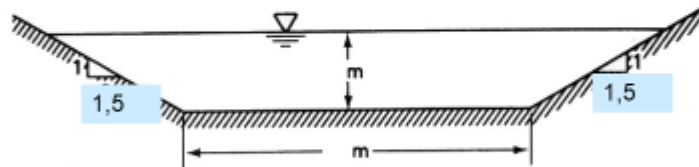
$$V = \frac{1}{0.025} \times 0.927^{\frac{2}{3}} \sqrt{\frac{1}{5000}} = 0.538 \text{ m/s}$$

$$Q = VA = 0.538 \times 9 = 4.84 \text{ m}^3 / \text{s}$$



Ejercicio 3

La sección de un canal trapezoidal tiene una base de 3m, talud 1,5:1 ; pendiente $=0,0016$; $n = 0,013$, determine el tirante

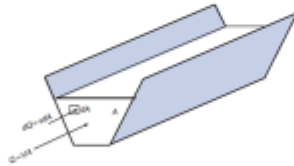


27

3. Tipos de secciones en canales

Basado en la forma del canal existen canales prismáticos y no prismáticos

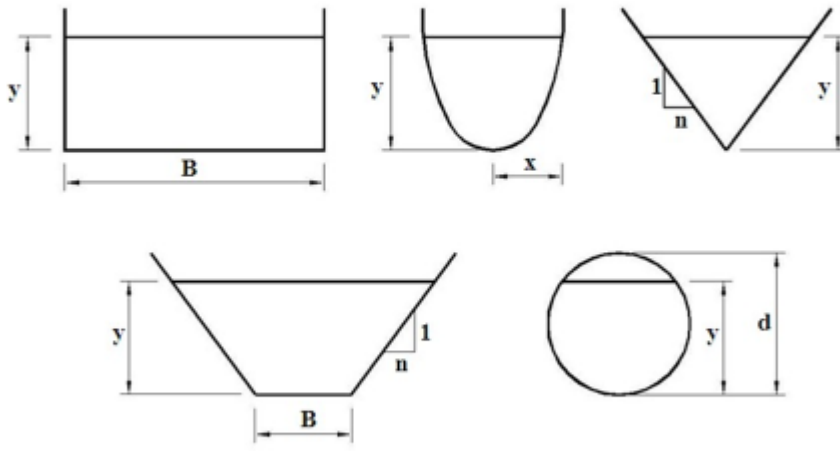
- **Prismáticos:** son aquellos en donde su sección y pendiente es constante. La mayoría de formas existentes para canales prismáticos son, rectangular, triangular, trapezoidal y circular (ver próxima diapositiva)



- **No-prismático:** cuando ya sea su sección o pendiente (o ambos) cambian.

28

Secciones más comunes



29

- ¿Como determinar la mayor sección o la más eficiente para un caudal máximo pasando a través de un área sección definida A , una pendiente S_0 y un coeficiente de Resistencia definidos?.
- La manera es buscar que el Perimetro mojado sea el mínimo.

$$Q = AV = AC\sqrt{R_h S_e} = AC\sqrt{\frac{A}{P} S_e} = const. * \frac{1}{\sqrt{P}}$$

30

Canal Rectangular

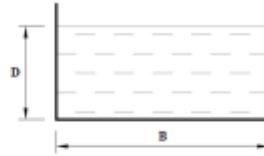
$$A = B \times D, \quad P = 2D + B$$

$$P = 2D + \frac{A}{D}$$

P sea el mínimo para un área determinada; $\frac{dP}{dD} = 0$

$$\frac{dP}{dD} = 2 - \left(\frac{A}{D^2} \right) = 0 \Rightarrow 2 = \frac{A}{D^2} = \frac{BD}{D^2} \Rightarrow 2 = \frac{B}{D} \quad \boxed{D = \frac{B}{2}}$$

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{B \times D}{B + 2D} = \frac{2D \times D}{2D + 2D} = \frac{2D^2}{4D} \quad \boxed{R_h = \frac{D}{2}}$$



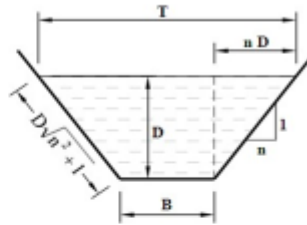
El canal rectangular será el más económico cuando:
 Cuando la profundidad de flujo es la mitad del ancho, o
 El radio hidráulico es la mitad de la profundidad de flujo.

Canal trapezoidal

$$A = (B + nD)D \quad \text{or} \quad B = \frac{A}{D} - nD$$

$$P = B + 2D\sqrt{1+n^2}$$

$$P = \left(\frac{A}{D} - nD \right) + 2D\sqrt{1+n^2}$$



$$\frac{dP}{dD} = 0 \quad \frac{dP}{dD} = -\frac{A}{D^2} - n + 2\sqrt{1+n^2} = 0 \Rightarrow 2\sqrt{1+n^2} = \frac{A}{D^2} + n$$

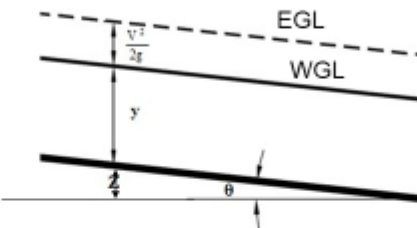
$$2\sqrt{1+n^2} = \frac{(B+nD)D}{D^2} + n = \frac{B+nD}{D} \quad \boxed{D\sqrt{1+n^2} = \frac{B+nD}{2}}$$

$$P = B + B + 2nD = 2(B + nD)$$

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{(B + nD)D}{2(B + nD)} \quad \boxed{R_h = \frac{D}{2}}$$

4. Principio de conservación de energía en canales abiertos

El total de energía de un fluido por unidad de peso (carga) es representado por:

$$H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$


En un flujo paralelo ó donde la referencia sea el fondo del canal la suma:

$$y = Z + \frac{P}{\gamma} \text{ Entonces se define Energía específica como } E_s = y + \frac{V^2}{2g}$$

Energía específica (E_s) de un fluido en un canal se define como la energía por unidad de peso (carga) de un líquido medida desde la base del canal como referencia. Si la referencia no es la base entonces:

$$H = Z + E_s$$

33

$$E_s = y + \frac{V^2}{2g} = E_p + E_k$$

E_p = Energía Potencial (tirante) = y

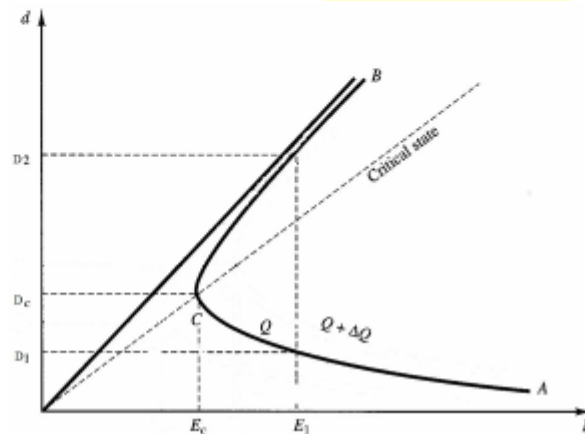
E_k = Energía cinética = $\frac{V^2}{2g}$

Por continuidad E_s se puede expresar en términos de su caudal. Esta ecuación es válida cuando la distribución de presiones es hidrostática. ($\theta < 10^\circ$)

$$E_s = y + \frac{Q^2}{2gA^3}$$

Curva de energía específica:

Esta curva representa los distintos valores de E_s que se obtienen para un caudal y forma determinada en función del tirante.

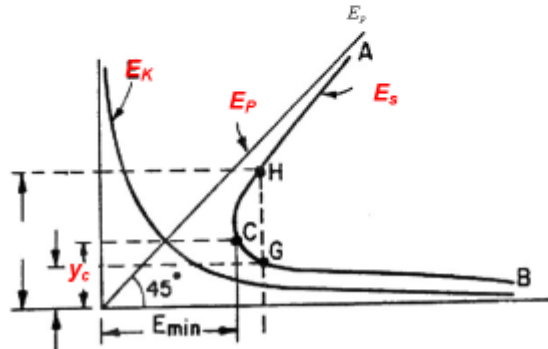


Curva de energía específica (canal rectangular)

Considere un canal rectangular con caudal constante

q = descarga por unidad de ancho = $\frac{Q}{B}$ = constante (desde Q y B son constantes)

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B \times y} = \frac{q}{y} \Rightarrow E_s = y + \frac{q^2}{2gy^2} = E_p + E_k$$



35

Flujo Sub-crítico, crítico, and supercrítico

El criterio a utilizar para su caracterización es en base al uso del **numero de Froude**, Fr , el cual muestra la relación entre las fuerzas de inercia y gravitatorias

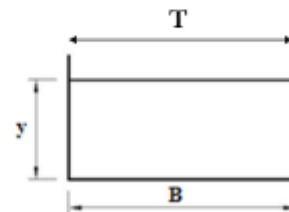
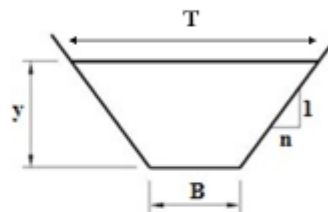
$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD_h}}$$

$$Fr^2 = \frac{Q^2 T}{A^3 g}$$

V = velocidad promedio,

D_h = Profundidad hidráulica del canal

$$D_h = \frac{\text{Sección de flujo (Area mojada)}}{\text{ancho de la superficie de agua}} = \frac{A}{T}$$



36

Fr	Flow
$Fr < 1$	Sub-critical
$1 = Fr$	Critical
$Fr > 1$	Supercritical

Características que hay que observar:

1. La profundidad del flujo en el punto C se refiere como **profundidad crítica**, y_c . (profundidad de flujo donde Energía específica (E_s) es mínima, $E_{\min} \Rightarrow y_c$. El flujo en ese punto es llamado flujo **flujo crítico** ($Fr = 1.0$).

2. Para valores de E_s mayores que $E_{\min}$, hay dos profundidades correspondiente. Una mayor que la crítica y la otra menor

$$E_s \Rightarrow y_1 \text{ and } y_2$$

Estas dos profundidades son llamadas **profundidades alternas**.

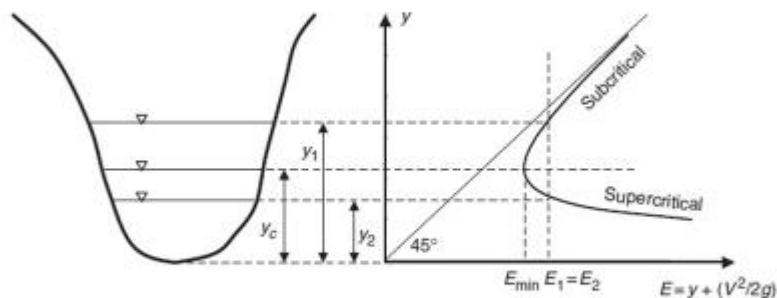
3. Si $y > y_c$ El flujo es subcrítico ($Fr < 1.0$).

En este caso E_s aumenta si y aumenta

4. Si $y < y_c$ El flujo es **super-critical** ($Fr > 1.0$).

En este caso E_s *decrece* si y aumenta.

37



38

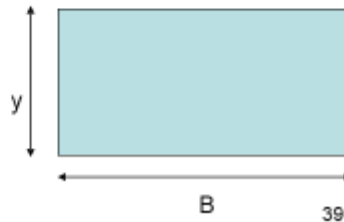
Profundidad crítica, y_c y velocidad crítica, v_c para un canal rectangular

Profundidad crítica , y_c , se define como la profundidad donde E_s es mínima, E_{min} , y velocidad crítica (v_c) por añadidura es la velocidad que ocurre cuando existe esa profundidad crítica. Entonces la expresión matemática de lo anterior es:

$$E_s = y + \frac{v^2}{2g} = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \quad \text{entonces se debe cumplir } \frac{\partial E}{\partial y} = 0$$

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{gB} \right)^{1/3}$$

$$v_c = \left(g \frac{Q}{B} \right)^{1/3}$$



Energía específica mínima en terminos de su energía crítica

$$\left. \begin{array}{l} E_{\min} = y_c + \frac{q^2}{2gy_c^2} \\ y_c^3 = \frac{q^2}{g} \end{array} \right\} E_{\min} = y_c + \frac{y_c}{2}$$

$$E_{\min} = \frac{3y_c}{2}$$

OR

$$y_c = \frac{2 E_{\min}}{3}$$

Profundidad crítica, y_c , para otras secciones

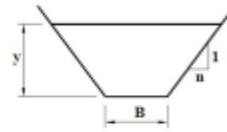
Rectangular section

$$E_c = \frac{3 y_c}{2}$$

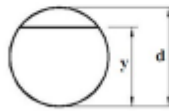


Trapezoidal section

$$E_c = \frac{(3B + 5n y_c) y_c}{2(B + 2n y_c)}$$



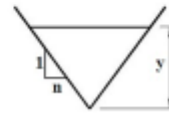
Circular section



$$E_c = \frac{d}{2}(1 - \cos \alpha) + \frac{d}{16} \frac{(2\alpha - \sin 2\alpha)}{\sin \alpha}$$

Triangle section

$$E_c = \frac{5}{4} y_c$$



41

Ejercicios:

1. En un canal de sección rectangular, con un caudal de $14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Estime Las propiedades del flujo en los tres siguientes casos

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	unidades
Tirante	0,8	1,15	3,9	m
Sección				
PM				
Velocidad				
N de Froude				
Es				

42

Considerando una transición suave en un canal rectangular, determine las propiedades del canal aguas abajo como función de las condiciones aguas arriba en los siguientes casos.

	Aguas Arriba	Aguas Abajo	Unidades
$d =$	5		m
$V =$	0,5		m/s
$B =$	20	18	m
$Q =$			
$Z_o =$	6	6	m
$E =$			

43

	Aguas Arriba	Aguas Abajo	Unidades
$d =$	0,1		m
$V =$			
$B =$	300	300	m
$Q =$	12	12	m ³ /s
$Z_o =$	0	-1	m
$E =$			

44

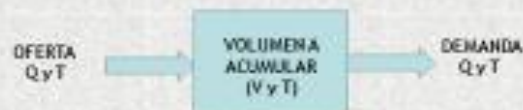
TRANQUES PARA RIEGO

JULIO HABERLAND
UNIVERSIDAD DE CHILE

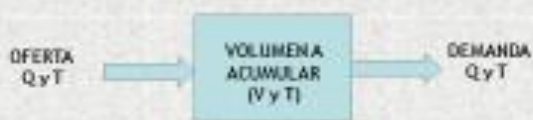
TRANQUES PARA RIEGO

Tranques: son estructuras normalmente construidas en tierra, que pueden estar revestidas o no, cuya finalidad es almacenar agua para lograr un desfase temporal en su uso.

El cálculo del volumen de agua a acumular será función del balance entre la OFERTA de agua (caudal y tiempo) y la DEMANDA (caudal y tiempo)



TRANQUES PARARIEGO



TRANQUES

Tranques de regulación corta: corresponde a aquellos reservorios destinados a acumular el agua entre dos ciclos de alimentación. Son normalmente utilizados bajo un régimen turnal y permiten suministrar agua durante la jornada de riego, lo que resulta especialmente importante cuando se riega con RLAF, que puede requerir suministro permanente de agua. También se incluye en estos los que permiten acumular agua durante todo el día, para concentrar el riego en pocas horas del día.

TRANQUES

Tranques de regulación larga o estacionales: corresponde a aquellos reservorios destinados a acumular el agua por períodos más largo que entre turno y turno de riego.

Pueden ser tranques que acumulan por períodos largos un caudal definido, para beneficiar una superficie menor durante un período más corto, (ej. Pozos de explotación continua)

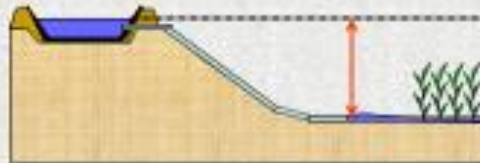
Pueden ser aquellos estacionales que acumulan el agua durante el período de lluvias (invierno) para suplir los requerimientos de agua durante el período de riego.

Tranques acumuladores nocturnos y de fin de semana

Tranques de regulación corta: hasta 20.000 - 25.000m³, almacenan el agua de riego para aumentar la dotación durante la jornada de riego. Ej: tranques de acumulación nocturna.

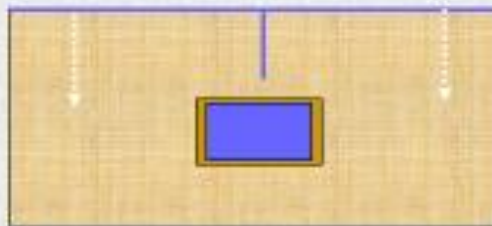
Ubicación del tranque

- En un terreno con pendiente: en la parte más alta para tener mayor energía disponible.



Ubicación del tranque

- En un terreno plano que se riega con un sistema presurizado: al centro del predio, se ubica a la misma distancia con todos los extremos y minimiza los costos de operación.



Aprovechando el relieve del terreno:



Terrenos escarpados:
menos agua



Terrenos planos:
más agua

- La forma circular tiene mayor resistencia y un menor costo en relación con la capacidad de almacenamiento, pero no es la más práctica ni económica.
- Generalmente se utilizan formas rectangulares o cuadradas.

Ejemplo Ubicación y Operación Tranque de Acumulación Nocturna

Derechos de agua de régimen permanente, con jornada de riego por surcos de 8 horas.

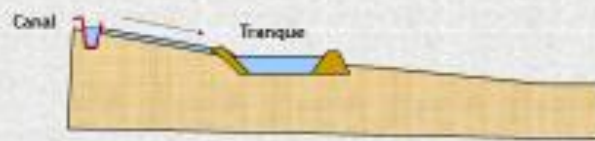
- Jornada de riego: 8 horas = $\frac{1}{3}$ del total de horas de 1 día (24 horas)
- Tiempo de almacenamiento: 16 horas ($\frac{2}{3}$)
- Capacidad del tranque: para regar $\frac{2}{3}$ de la superficie del predio que se riega en 1 día

Ejemplo Ubicación y Operación Tranque

➡ 1/3 predio: se riega con el aporte permanente del día

➡ 2/3 predio: se riegan con el agua almacenada.

Ubicación del tranque: en el primer 1/3 de cota más alta.



Construcción:

- Muros de tierra

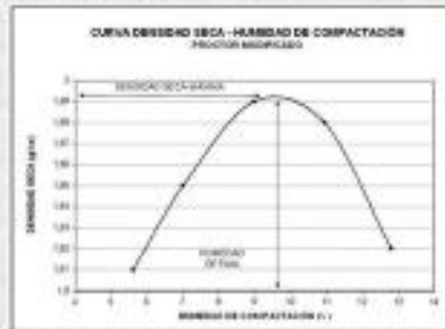
**Construcción:**

- Muros de tierra

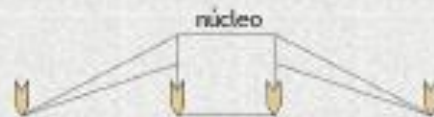


Construcción:

- Muros de tierra



1. Plano topográfico (1:100, 1:50).
2. Definir forma del tranque.
3. Suelo requerido para los taludes: diferencia entre la cota de la corona y el terreno.
4. Se elimina el suelo vegetal.
5. Se marcan la corona y los taludes con estacas.
6. Se acumula el material en capas delgadas a todo lo largo del muro. El material debe estar húmedo.



- Taludes

Dan estabilidad y permiten controlar las filtraciones

- Revestimiento de muros

Para aumentar la estanquidad.

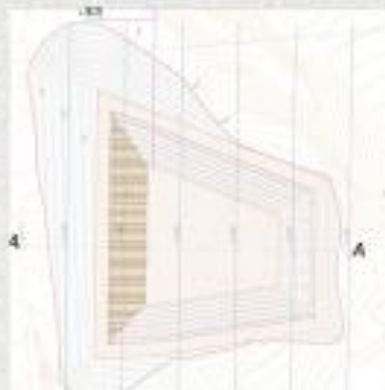
Membrana plástica

Asfalto

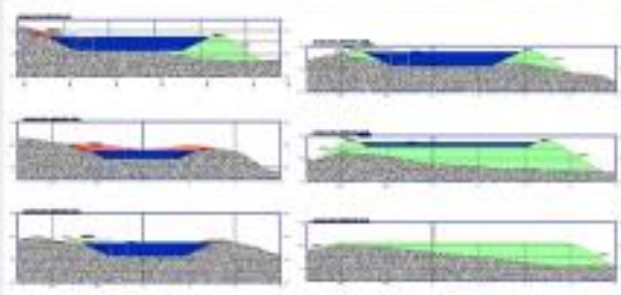
Piedra

Concreto

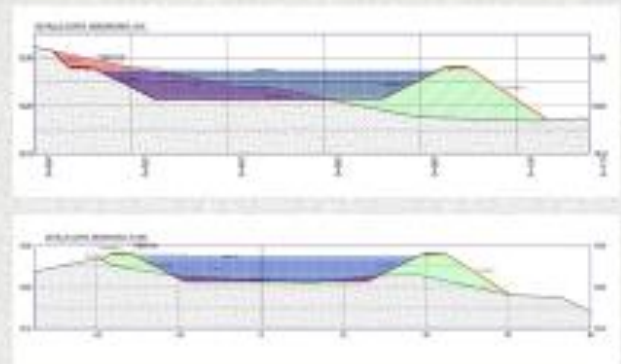
CUBICACIÓN (PLANTA)



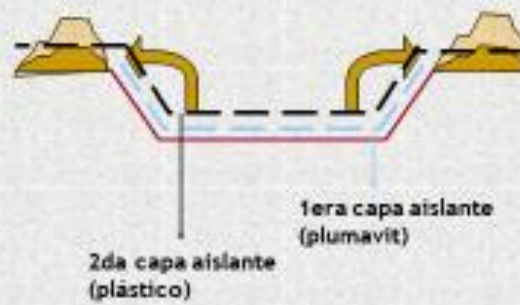
CUBICACIÓN (PERFILES)



CUBICACIÓN (PERFILES)



Ejemplo Acumulador económico para superficies pequeñas (invernadero, huertas, etc)



Ejemplo Tranque en Tierra Revestido



Ejemplo Tranque en Tierra Revestido



Ejemplo Tranque en Tierra a ser Revestido



Ejemplo Tranque en Tierra Revestido



Ejemplo Instalación de Geomembrana



VIII CONCLUSIONES

El programa de capacitación pudo cumplir con los objetivos y etapas propuestas. Tanto los seminarios desarrollados por los distintos profesionales, que cubrieron las áreas definidas por la encuesta y los trabajos prácticos desarrollados en clase fueron de calidad y los participantes durante las clases mostraron interés. Sin embargo, la respuesta en el tiempo por los beneficiarios no fue la esperada. Estos fueron bajando su participación, y a la vez en su mayoría no cumplieron con las tareas o trabajos que fueron solicitados fuera de horario. En respuesta a esto, a partir de la segunda mitad del programa de capacitación se cambió la modalidad de trabajo donde los trabajos prácticos de aprendizaje se comenzaban y terminaban en el tiempo de la capacitación asegurándose así que los beneficiarios adquirieran las competencias esperadas. Con respecto a la ausencia en el tiempo, este equipo ocupó los medios que disponía de manera de asegurar una participación mínima, que fue difícil de lograr al parecer por compromisos de trabajo de los beneficiarios. En este contexto y en discusión con los participantes del último día de curso, ellos manifestaron como solución para próximos cursos de este tipo, buscar alternativas en donde el compromiso de participación establezca una responsabilidad ya sea económica o con la institución donde trabaja a través de un informe u otro documento.

IX ANEXOS

ANEXO 1. Asignaturas cursadas en relación al uso eficiente del recurso hídrico.

Nivel de estudios	NOMBRE ASIGNATURAS CARRERA					
Ing. Agronómica	Riego presurizado	Drenaje	Hidráulica	Hidrología	Métodos de riego	Dinámica de fluidos
NS/NR	Riego	Métodos de riego				
Ing. Agronómica	Edafología	SAP	Riego	Economía		
Ing. Agronómica	NS/NR					
Magíster en medio ambiente, mención gestión ambiental	Relación suelo, agua, planta (riego 1)	Diseño métodos de riego (riego 2)				
Ing. Agronómica	NS/NR					
Ing. Agronómica	Sistemas de riego	Riego 1	Riego 2	Riego 3	Recurso hídrico	
Ing. Agronómica	Riego	Fitotecnia				
Ing. Agronómica	Riego					
Ing. Agronómica	Riego 1	Riego 2	Seminarios			
NS/NR	Métodos de riego	Diseño de riego				
Ing. Agronómica	Sistemas de riego	Métodos de riego				
Ing. Agronómica	Riego 1	Riego 2				
Ing. Agronómica	Fundamentos del riego	Diseño de sistemas de riego y drenaje				
Ing. Agronómica	Riego y drenaje	Sistemas de riego				
Ing. Agronómica	Fundamentos de riego	Sistemas de riego				
Ing. Agronómica	Riego					
Magíster en agricultura para zonas desérticas	fundamentos de riego	sistemas de riego	demanda de agua para cultivos en zonas desérticas	gestión de riego para condiciones desérticas	curso de riego básico	
Ing. Agronómica	riego 1					

Técnico agrícola nivel superior siilvoagrícola	Sistema de riego por goteo					
Ing. Agronómica	Riego 1	Riego 2				
Técnico agrícola	Curso nivel básico de riego					
Ing. Agronómica	Riego					
Ing. Agronómica	Riego					

ANEXO 2: Identificación de cursos de uso eficiente del recurso hídrico realizados por los encuestados.

NOMBRE CURSOS		
Diseño de estructuras hidráulicas	Diseño estructuras	Diseño de riego con equipos fotovoltaicos
Tecnología de desalación	Curso Riego CNR - INDAP	
Con consultor en empresa privada		
Hidroponía INDAP		
Riego Sustentable	Seminarios defensa de agua	Evaluación proyectos de riego
Curso básico de riego CNR		
Manejo y uso eficiente del agua. INIA		
Curso básico de riego para inversiones INDAP		
Taller convenio INDAP-DGA	Curso desalinización CEITSAZA	
Fundamentos del riego en zonas áridas CNR	Diseño de sistemas de riego CNR	
Curso riego básico. INDAP	Curso CNR. Potencialidades del riego en zonas extremas. Zona norte.	
Curso riego nivel básico CNR		
Curso riego CNR		
Riego básico		

ANEXO 3: Perfiles Chile valora.

a. Perfil Competencia Encargado de Riego Tecnificado



PERFIL COMPETENCIA ENCARGADO DE RIEGO TECNIFICADO

FECHA DE EMISIÓN: 21/02/2017 11:01

FICHA DE PERFIL OCUPACIONAL ENCARGADO DE RIEGO TECNIFICADO

Sector: AGRÍCOLA Y GANADERO

Subsector: TRANSVERSAL

Código: P-0100-6114-003-V02

Vigencia: 31/12/2017

Sector: AGRÍCOLA Y
GANADERO

Subsector: TRANSVERSAL

Código: P-0100-6114-003-V02

Estado Actual: Vigente

Nombre perfil : ENCARGADO DE RIEGO TECNIFICADO

Fecha de vigencia:
31/12/2017

Área Ocupacional : Perfil relevante para aquellas personas cuyas responsabilidades incluyen, entre otras, las de operar sistemas de riego tecnificado y fertirrigación, instruir, supervisar, controlar y dirigir las faenas de riego y fertirrigación en los distintos cuarteles en los huertos de pomáceas, kiwis, uva de mesa, cítricos, carozos, berries, paltos, nogales, avellanos, almendros, tomates, olivos y otros. Asimismo, estas personas deben cumplir con las funciones de conservar y mantener los implementos y materiales relacionados con las labores de riego tecnificado y fertirrigación, así como también las del manejo de productos agroquímicos que se entregan a las plantas a través del riego. Es necesario cumplir con las normas de higiene y seguridad exigidas según los procedimientos de la empresa, manteniendo una adecuada presentación personal de aseo y vestuario acorde con su labor. Este perfil de competencia incluye los conocimientos, habilidades y destrezas de las unidades de competencia definidas para el mismo. Deberá demostrar experiencia en manejo de personal.

Identificación del campo laboral de la ocupación: Al certificar sus competencias como operador de riego tecnificado, el trabajador habrá demostrado que posee las habilidades, destrezas, conocimientos y competencias conductuales en cada una de las unidades que componen el perfil, por lo que estaría facultado para desempeñarse en empresas dedicadas a la producción de frutales y hortalizas.

Código:	Unidades de competencia
	Descripción
U-0100-6113-003-V03	CUMPLIR NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD
U-0100-8341-011-V02	OPERAR SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO
U-0100-8341-012-V02	OPERAR SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN
U-0100-8341-013-V02	MONITOREAR Y CONTROLAR SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO

Contextos de Competencia			
Condiciones y situaciones:	Herramientas, equipos y materiales:	Evidencias	
		Directas	Indirectas
•Plantando árboles pequeños o almácigos. • En casetas de riego • Explicando pautas de riego. •Asignando sectores e hileras para regar dentro del huerto. •Revisando estado de cañerías y sistema de riego. • Elaborando registros. •Operando sistema de riego tecnificado. • Manipulando fertilizantes. •Calculando dosis de fertilizantes. •Mezclando fertilizante con agua de riego. •Verificando eficiencia del riego. •Realizando calicatas, barrenos u otro método de verificación de eficacia del riego. •Concluyendo labores de riego o fertirrigación •Limpiando tuberías y cañerías de riego. •Programando equipo de riego tecnificado. •Eliminando recipientes o envases de fertilizantes. •Registrando resultados de las labores de riego y/o fertirrigación. • Comunicando eventualidades por radio, celular personalmente al supervisor. • Usando basureros. • Transitando por el huerto. •Verificando correcto funcionamiento del sistema en caseta y huerto. •Tomando acciones correctivas ante situaciones que requieran de rápida solución. •Desarmando y armando partes del cabezal. •Reemplazando partes del sistema en general. • Trabajando de pie. • Trabajando mojado. •Limpiando y ordenando el lugar de trabajo. •Durante el ingreso y salida de la empresa. •Ingresándose y retirándose del huerto o parrón durante la jornada laboral.	•Recipientes de cosecha. •Tijeras de podar. •Ropa de trabajo (traje de agua, botas de agua, zapatos de seguridad, mascarilla, etc.) • Manómetro • Amperímetro • Probeta • Llave francesa • Llave de cadena • Llave Stilson • Sierra • Limas • Escofina • Soplete • Pala • Chuzo • Barrenos • Alicata • Tijeras • Solenoides • Emisores de distinto tipo • Válvulas •Fittings (coplas, codos, curvas, reducciones, tee, terminales, bujes, uniones, soldables o rosca) • Pegamento PVC. • Cinta teflón. •Cañerías de distintos materiales: PVC Presión, PVC agrícola, Polietileno, metálicas, cintas y mangas. • Bomba impulsora (ej.: Vogth) •Productos fertilizantes o • Productos fitosanitarios • Ácidos • Bases • Aguja • Bolsa con aspersores	•3 observaciones que incluyan las funciones descritas en las unidades de competencia laboral, respetando las normas de higiene y seguridad. •Entrevistas estructuradas con los contenidos de las unidades de competencia •Simulación de habilidades y conocimientos. • Fotografías	• Autoevaluación. • Evaluación de Jefe directo. • Registro de labores • Registro de asistencia • Registro de accidentabilidad. • Curriculum vitae. •Certificados de cursos de capacitación sobre la función descrita. • Charlas de inducción. • Cartas de recomendación.

Lista Unidades de Competencia

Nombre UCL: CUMPLIR NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD Código UCL: U-0100-6113-003-V03		
Fecha de Vigencia: 31/08/2017		Estado Actual: Vigente
Actividades clave		
1.- Cumplir normas de higiene según los procedimientos de la empresa.	Criterios de Desempeño: 1.Las inducciones programadas sobre normas de higiene son cumplidas regularmente. 2. La ropa de trabajo es reunida y usada en forma acorde a la labor. 3.La presentación personal es mantenida en forma acorde al trabajo desempeñado. 4.Las pertenencias cuyo ingreso este prohibido son almacenadas en los lugares o espacios asignados por la empresa. 5.Los requerimientos de diferente indumentaria para acceder a otras secciones de la empresa son respetadas. 6.Las conductas de higiene solicitadas por el área de trabajo son respetadas. 7. La existencia de enfermedades infecto contagiosas son comunicadas.	
	Criterios de Desempeño: 1.Las indicaciones para ingresar y salir del puesto de trabajo son seguidas en forma segura. 2.La señalética instalada en el lugar de trabajo es respetada y comprendida. 3. En caso de emergencia, actúa adecuadamente. 4. La conducta apropiada es mantenida durante toda la jornada. 5.Las retroalimentaciones por temas de higiene y seguridad entregadas por el jefe directo son atendidas de acuerdo a la función realizada. 6. La circulación por las áreas demarcadas son seguidas y respetadas 7.La manipulación de los elementos de trabajo son utilizados con seguridad y precaución	
2.- Cumplir normas de seguridad según los procedimientos de la empresa.		

Competencias Conductuales	
Nombre de la Competencia	Indicadores de Conducta
Orientación al autocuidado y orden	•Es la manera en que prepara la jornada, revisando que los insumos y materiales a utilizar se encuentren en condiciones operativas. •Es la forma en manera en que asiste responsablemente a las instancias de inducción o capacitación de normas de higiene y seguridad programadas por la empresa. •Es la manera en que informa oportuna y responsablemente a su superior situaciones asociadas al cumplimiento de las normas de higiene y seguridad. • Es la manera en que reúne adecuada y cuidadosamente su ropa de trabajo. • Es la manera en que utiliza su uniforme completo durante su jornada de trabajo. •Es la manera en que se preocupa constantemente de mantener una buena presentación personal acorde a la labor que desempeña • Es la manera en que solicita oportuna y responsablemente el equipamiento necesario para poder hacer ingreso a secciones ajenas a la que habitualmente trabaja. •Es la manera en que se preocupa diaria y responsablemente de mantener su aseo y presentación personal durante toda la jornada laboral. •Es la manera en que se mantiene constantemente las conductas de limpieza en el lugar de trabajo. • Es la forma en que usa correctamente el uniforme de trabajo, en distintas situaciones. • Es la manera en que comunica rápida y responsablemente las enfermedades o heridas. • Es la manera y forma con que circula y transita por las áreas demarcadas para tal efecto. • Es la manera segura y precavida como se desenvuelve en su puesto de trabajo. • Es la forma como manipula los implementos y maquinarias asociadas a su labor. • Es la manera segura como ingresa y sale de su puesto de trabajo diariamente • Es la manera como evita situaciones de riesgo en su jornada laboral.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Conocimientos básicos necesarios para realizar la competencia:

- Saber leer y escribir.

Conocimientos técnicos necesarios para cumplir la competencia:

- Uso correcto de los productos de higiene y desinfección.
- Conoce avisos o señaléticas.
- Conoce procedimientos de la empresa en relación a exigencias de higiene y seguridad.
- Procedimientos a seguir en caso de emergencia.
- Principios básicos de primeros auxilios.

- Normas y equipos de Prevención de riesgos.
- Principios de higiene personal y prevención de accidentes.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS	
Para la evaluación en situación real de trabajo	Para la evaluación simulada
• Para demostrar la competencia en la unidad se recomienda realizar la observación en conjunto con la unidad técnica asociada con el objeto de identificar de que forma logra realizar la función técnica cumpliendo con la normativa de higiene y seguridad exigidas de acuerdo a los procedimientos de la empresa. • El no cumplimiento de la unidad obligatoria significará el estado de aún no competencia en el perfil evaluado, la unidad es genérica y puede ser usada tanto para funciones en huerto frutal, viñas, planta de proceso, bodegas, área de envasado, ya que lo que varía son las distintas exigencias y no los procedimientos.	• El lugar donde se realizará la función debe contar con la infraestructura necesaria para poder desarrollar todos los criterios de evaluación indicados en la unidad de competencia y representar claramente una situación real de trabajo, no aplicando para este punto una evaluación entregando ejemplos o poniendo al trabajador en situaciones ficticias, la simulación debe ser realizada en un lugar donde se represente una situación real en el contexto del perfil ocupacional.

Nombre UCL: OPERAR SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO	
Código UCL: U-0100-8341-011-V02	
Fecha de Vigencia: 30/09/2016	Estado Actual: Vigente
Actividades clave	
I.- Operar sistema de riego tecnificado	Criterios de Desempeño: 1. Recibir las indicaciones y orden de trabajo según instrucciones del superior directo y los procedimientos de la empresa. 2. Reunir equipo y herramientas de trabajo, de acuerdo a las normas y procedimientos de la empresa. 3. Reunir información necesaria para la programación correcta del riego, de acuerdo a las necesidades de las plantas y a los procedimientos de la empresa. 4. Realizar la programación del riego según instrucciones del superior directo, normas, manual del fabricante y procedimientos de la empresa. 5. Revisar componentes del sistema de riego según instrucciones, normas, manual del fabricante y procedimientos de la empresa. 6. Distribuir zonas de riego de acuerdo al programa y a los procedimientos de la empresa. 7. Revisar nivel de agua de riego de acuerdo a instrucciones y procedimientos de la empresa. 8. Reconocer, rectificar o reportar problemas o anomalías en el sistema de riego según instrucciones, normas, manual del fabricante y procedimientos de la empresa.
2.- Concluir operaciones de riego tecnificado	Criterios de Desempeño: 1. Verificar eficiencia del riego según instrucciones y procedimientos de la empresa. 2. Evacuar agua y sedimentos del sistema de riego según instrucciones y procedimientos de la empresa. 3. Limpiar sistema de riego según instrucciones, normas, manual del fabricante y procedimientos de la empresa. 4. Apagar o reprogramar el equipo riego según instrucciones, normas, manual del fabricante y procedimientos de la empresa. 5. Registrar operaciones de riego según instrucciones, normas y procedimientos de la empresa. 6. Terminar la labor de riego según los procedimientos de la empresa.

Nombre de la Competencia	Competencias Conductuales
Orientación al logro Es la capacidad de trabajar para lograr los resultados y estándares definidos por los niveles superiores, en los tiempos previstos y con los recursos que se asignan.	Indicadores de Conducta •Recibe atentamente las indicaciones de su superior o revisa el programa de riego de manera de tener la certeza de que cuarteles y variedades serán regados durante la jornada para programar adecuadamente el riego. •Reúne oportunamente el equipo y herramientas, tales como: probetas, ganchos, llaves francesas, sierras, sopletes, entre otros elementos, de manera de iniciar oportunamente las labores de riego evitando retrasos posteriores. •Lee e interpreta correcta y atentamente la programación del riego de manera de realizar las actividades de acuerdo a lo programado, como por ejemplo cuanto aportar en mm de agua al perfil o litros de agua por planta de acuerdo al programa de riego establecido. •Programa eficientemente el equipo de bombeo asignando tiempo de riego a los cuarteles que serán regados durante la jornada, de acuerdo al programa de riego. •Enciende correctamente y en forma oportuna el equipo para no generar retraso en el inicio de las labores. •Revisa precavidamente el panel de control verificando que los marcadores de voltaje, amperaje y de presión estén en los rangos adecuados de operación según las necesidades de trabajo, diseño hidráulico y recomendaciones del fabricante. •Entiende, recolecta y aplica correctamente la información básica para efectuar un riego adecuado, como evapotranspiración, coeficiente de cultivo, mediante la interpretación de planillas agroclimatológicas para la zona o mediante la utilización de instrumentos como bandejas de evaporación y pluviómetros. •Distribuye eficientemente el agua de riego en todos los sectores del huerto indicados, evitando riego excesivo o déficit de agua en ellos, cumpliendo la programación. •Esta constantemente supervisando que las plantas reciban el agua de riego, asegurándose que se rieguen todos los sectores indicados por la empresa. •Apaga o reprograma hábil y correctamente el equipo de riego verificando datos en programa de riego. •Concluye correctamente las labores de riego, por ejemplo cerrando válvulas o cañerías de acuerdo a los procedimientos de la empresa. •Se preocupa cabalmente de cumplir con los tiempos de riego indicados por su supervisor, de acuerdo al sector, especie o variedad que debe regar. •Verifica oportuna y prolijamente en terreno que el tiempo de riego para el o los sectores asignados para riego durante la jornada fue el adecuado según la programación y las indicaciones de su superior, mediante calicatas, barrenos o lectura e interpretación de datos de instrumentos en terreno, como por ejemplo tensiómetros. •Completa correcta y eficientemente las planillas con información de los riegos, sectores, caudales, tiempos, etc., ajustándose a las indicaciones de la empresa. •Deja responsablemente ordenado y limpio el sector de trabajo, procurando cuidar la vida útil de la infraestructura de la empresa. •Informa adecuadamente al jefe directo o supervisor de posibles anomalías o eventualidades ocurridas durante el riego.

Nombre de la Competencia	Competencias Conductuales Indicadores de Conducta
Orden y Seguridad Es la preocupación continua por comprobar y controlar el trabajo asignado, realizando seguimientos del trabajo vigilando la calidad para asegurarse que se siguen las instrucciones y lo procedimientos establecidos.	•Revisa y verifica oportunamente los componentes del sistema eléctrico, asegurándose de que estén en adecuadas condiciones para iniciar los trabajos de riego tecnificado, evitando posibles problemas. •Se preocupa atentamente que los componentes del sistema de riego como manómetros, filtros, válvulas, bombas y otros se encuentren en buen estado de manera de evitar inconvenientes que puedan generar accidentes o ineficiencia en el riego. •Enciende cuidadosamente el equipo siguiendo normas de seguridad de la empresa, verificando voltaje correcto de alimentación y funcionamiento adecuado del sistema eléctrico, corrigiendo problemas de succión o bombeo en caseta como por ejemplo cavitaciones. •Está periódicamente revisando el nivel o volumen de agua existente en el pozo o estanque de acumulación, asegurándose de contar con agua suficiente para desarrollar las labores de riego según programación. •Verifica minuciosamente en terreno que las cañerías, válvulas, emisores y el sistema de conducción en general, se encuentre operando en óptimas condiciones. •Realiza oportunamente acciones correctivas en caso de encontrar algún inconveniente en el adecuado funcionamiento del equipo o sistema de riego que puedan provocar accidentes o desorden en el riego. •Mantiene constantemente comunicación fluida con sus superiores de manera de mantenerlos informados de las novedades ocurridas sobre todo lo relacionado con problemas graves. •Comprueba responsablemente la eficiencia en el riego, por ejemplo mediante la utilización de barrenos, calicatas u otros métodos, considerando las dimensiones recomendadas por su superior, de manera que el encargado de la parte técnica pueda verificar la humedad existente en el suelo y las necesidades reales de agua de riego. •Se preocupa responsablemente de abrir los terminales para dejar salir los materiales acumulados en ellos y no generar acumulación de residuos que afecten el sistema de riego. • Ejecuta de manera responsable y ordenada labores de limpieza de cañerías. •Verifica oportunamente en terreno que efectivamente queden limpias las válvulas y tuberías del sistema de riego, evitando problemas futuros en el sistema de riego •Realiza responsablemente las aplicaciones de productos utilizados para limpieza del sistema de riego de manera adecuada, como por ejemplo ácidos. •Registra en forma ordenada y clara en planillas los riegos, sectores, caudales, tiempos, etc., cumpliendo a cabalidad con los procedimientos para completar estos registros. •Termina correctamente la labor de riego según los procedimientos de la empresa, registrando toda la información solicitada. •Comunica oportunamente a su superior los problemas producidos durante la jornada de riego.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Conocimientos básicos necesarios para realizar la competencia.

- Lectura y comprensión escrita
- Cálculos numéricos
- Procedimientos de registro de labores de riego.
- Procedimientos de registro de información de riegos.
- Conocimientos básicos de computación a nivel usuario.
- Conocimientos de gasfitería.
- Interpretar ordenes e instructivos de trabajo.

Conocimientos específicos necesarios para realizar la competencia.

- Conocer correcto uso y manejo de equipo de riego.
- Conocer diferentes partes de equipo de riego.
- Usos de implementos agrícolas en labores de riego.
- Conocimientos básicos de electricidad.
- Conocimientos básicos de hidráulica.
- Programación de riegos.
- Conocimientos de diámetros de materiales de riego (por ejemplo: tuberías, conexiones, llaves, válvulas, etc.)

Conocimientos reglamentarios necesarios para realizar la competencia.

- Propósitos del uso de equipos de protección personal.
- Buenas Prácticas Agrícolas
- Normas de higiene
- Propósitos del uso de equipos de protección personal.
- Normas de seguridad (tales como: prohibición de ingreso a sectores con bandera roja, conocer los caminos habilitados para transitar, etc.)
- Interpreta avisos o señaléticas.
- Principios básicos de primeros auxilios.

Habilidades

- Lee y entiende manuales específicos de equipos de riego.
- Lee y entiende procedimientos de la empresa.
- Lee y entiende instrucciones de su superior
- Lee y entiende pautas de trabajo.
- Mantiene casetas de riego en óptimas condiciones
- Respeta normas de higiene
- Respeta normas de seguridad
- Interpreta datos de presión.
- Mantiene equipo de riego tecnificado en condiciones óptimas.
- Calcula caudales y volúmenes de agua de riego.
- Mantiene relaciones positivas en el trabajo.
- Trabaja bajo presión.
- Trabajo en equipo.
- Chequea niveles de agua.
- Maniobra con habilidad equipo de riego.
- Detecta rápidamente irregularidades y problemas asociados al funcionamiento y operación del sistema de riego tecnificado.
- Da respuesta a errores típicos

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS	
Para la evaluación en situación real de trabajo	Para la evaluación simulada

• N/A

• N/A

Nombre UCL: OPERAR SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN	
Código UCL: U-0100-8341-012-V02	
Fecha de Vigencia: 30/09/2016	Estado Actual: Vigente
Actividades clave	
1.- Aplicar productos químicos a través del riego	Criterios de Desempeño: 1. Recibir instrucciones y orden de aplicación de fertilizante de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa. 2. Reunir equipo, herramientas e insumos para la aplicación de productos de acuerdo a las normas y procedimientos de la empresa 3. Verificar dosis a aplicar de acuerdo a la orden de trabajo, indicaciones del fabricante y procedimientos de la empresa. 4. Disolver el fertilizante en el agua, según instrucciones del superior directo, indicaciones del fabricante y procedimientos de la empresa. 5. Preparar sistema para la fertirrigación según instrucciones del superior directo, manual del fabricante y los procedimientos de la empresa 6. Mezclar la solución fertilizante según instrucciones del superior directo, indicaciones del fabricante y procedimientos de la empresa 7. Aplicar fertilizantes mediante riego, de acuerdo a instrucciones del superior directo, indicaciones del fabricante y los procedimientos de la empresa. 8. Realizar acciones correctivas relacionadas a la aplicación de fertilizantes, de acuerdo a instrucciones del superior directo, indicaciones del fabricante y los procedimientos de la empresa.
2.- Concluir operaciones de fertirrigación	Criterios de Desempeño: 1. Evacuar la solución fertilizante del sistema de riego de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa. 2. Lavar cañerías de riego según normas y procedimientos de la empresa. 3. Enjuagar tuberías del sistema de riego de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa. 4. Apagar o reprogramar el equipo según instrucciones del superior directo, indicaciones del fabricante y los procedimientos de la empresa 5. Programar retiro y/o eliminación de recipientes vacíos de fertilizantes y productos de limpieza, siguiendo las normas y procedimientos de la empresa. 6. Registrar operaciones de fertirriego, según instrucciones del superior directo, normas y procedimientos de la empresa

Nombre de la Competencia	Competencias Conductuales
Orientación al logro Es la capacidad de trabajar para lograr los resultados y estándares definidos por los niveles superiores, en los tiempos previstos y con los recursos que se asignan.	Indicadores de Conducta •Recibe atentamente las instrucciones y orden de aplicación de fertilizantes, preguntando dudas a su superior en caso de ser necesario. •Solicita oportunamente los productos a usar para la fertirrigación, como por ejemplo fertilizantes orgánicos y/o químicos en distintas formulaciones, para iniciar responsablemente sus labores, conoce la diferente incompatibilidad de fertilizantes en sistemas de riego. •Verifica correctamente que las dosis entregadas por el encargado o preparadas por el estén de acuerdo a la orden de trabajo. •Reúne responsablemente el equipo y herramientas, como probeta, colador, embudo, medidas de diferentes capacidades, balanzas, batidor, etc., evitando así retraso en el inicio de la aplicación. •Homegeniza adecuada y responsablemente el producto con en el agua para generar una solución o suspensión homogénea y hacer un uso adecuado de los fertilizantes, respetando la forma de mezclar el producto según recomendaciones del fabricante o indicaciones de la empresa. •Prepara y revisa cuidadosamente el sistema de riego según el tipo de producto que se aplicará con el agua de riego. •Esta constantemente atento y preocupado de que la solución o suspensión del producto en el agua se mantenga homogénea, mezclando o agitando el recipiente que contiene el producto durante la aplicación. •Conecta oportuna, responsable y cuidadosamente la bomba de fertiriego y la enciende para comenzar con el proceso de inyección de fertilizantes. •Opera hábilmente el equipo, realizando la fertirrigación evitando excesos de volúmenes de agua que dañen las plantas y que no queden los sectores solicitados del huerto sin que sean alcanzados por el fertilizante aplicado. •Se preocupa oportunamente de abrir las terminales para dejar salir los residuos del fertilizante en ellos y no generar acumulación de residuos que afecten el sistema de riego. •Limpia o lava prolijamente las tuberías del sistema, aplicando por ejemplo ácido para mejorar la limpieza de estas. •Se preocupa de enjuagar correctamente el quipo o cañerías, consiente de prolongar la vida útil del equipo. •Termina correctamente las labores de fertirrigación atento a seguir los procedimientos de la empresa. •Registra responsablemente en planillas las aplicaciones de productos de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa. •Informa oportunamente en relación a situaciones de fallas o problemas en el sistema de riego que sean de difícil solución. •Verifica atentamente que el nuevo programa ingresado este en concordancia con los requerimientos de fertilizaciones que la empresa le solicita, de manera de asegurarse que se cumplan las indicaciones recibidas. •Se asegura responsablemente que el tablero eléctrico del sistema de fertirrigación quede en buenas condiciones para las futuras fertirrigaciones. •Devuelve o guarda responsablemente las herramientas, implementos o productos utilizados para prolongar la vida útil de estos y mantener la eficiencia.

Nombre de la Competencia	Competencias Conductuales Indicadores de Conducta
Orden y Seguridad Es la preocupación continua por comprobar y controlar el trabajo asignado, realizando seguimientos del trabajo vigilando la calidad para asegurarse que se siguen las instrucciones y lo procedimientos establecidos.	• Reúne responsablemente el uniforme que utiliza en la aplicación de fertilizantes en el agua de riego, como por ejemplo: mascarilla, guantes, antiparras, etc. • Revisa y verifica ordenadamente y en forma segura que los manómetros y filtros se encuentre en buen estado de manera de no generar inconvenientes que puedan generar accidentes. • Se preocupa atentamente de hacer un buen uso de equipos y herramientas, de manera de no estropearlos por mala manipulación de ellos. • Cuida responsablemente de no botar o esparcir el producto fertilizante fuera del recipiente donde lo mezclara con el agua, de forma de no desperdiciar producto, no dañar el entorno ni a compañeros o a si mismo. • Realiza oportunamente las acciones correctivas que sean necesarias, en caso de comprobar la existencia de alguna falla en sistema de fertirrigación. • Mantiene constantemente comunicación fluida con sus superiores de manera de mantenerlos informados de las novedades ocurridas. • Evitan en todo momento conductas inseguras o que puedan provocar accidentes. • Realiza correcta y responsablemente las aplicaciones de productos para la limpieza del sistema de fertirrigación, como por ejemplo ácidos, evitando usar un exceso de estos o derramarlo en sectores no adecuados. • Ejecuta responsable y oportunamente las labores de limpieza de cañerías y verificando en terreno que efectivamente se este llevando a cabo. • Aplica en forma segura y responsable los productos corrosivos para la limpieza del sistema de fertirrigación, usando para ello el equipo de protección adecuado como guantes, mascarilla, traje de agua, botas de agua, antiparras, etc. • Programa oportunamente el retiro de los recipientes vacíos que contenían los productos aplicados en la fertirrigación como baldes, bidones, sacos, etc. de manera que el encargado pueda realizar las labores de eliminación de estos de acuerdo a los procedimientos de triple lavado necesarios. • Deja responsablemente limpio y ordenado su lugar de trabajo, evitando dejar productos corrosivos o tóxicos en envases o lugares no apropiados par evitar accidentes a terceros o a si mismo, como tampoco dañar el medio ambiente. • Termina correctamente la labor de riego según los procedimientos de la empresa. • Comunica oportunamente a su superior los problemas producidos durante la jornada de riego.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Conocimientos básicos necesarios para realizar la competencia.

- Lectura y comprensión escrita.
- Cálculos numéricos.
- Procedimientos de registro de labores de riego.
- Procedimientos de registro de información de riegos.
- Conocimientos básicos de computación a nivel usuario.
- Conocimientos de gasfitería.
- Interpretar ordenes e instructivos de trabajo.

Conocimientos específicos necesarios para realizar la competencia.

- Conocer correcto uso y manejo de equipo de riego.
- Conocer diferentes partes de equipo de riego.
- Usos de implementos agrícolas en labores de riego.
- Conocimientos básicos de electricidad.
- Conocimientos básicos de hidráulica.
- Programación de riegos.
- Conocimientos de diámetros de materiales de riego (por ejemplo: tuberías, conexiones, llaves, válvulas, etc.)

Conocimientos reglamentarios necesarios para realizar la competencia.

- Propósitos del uso de equipos de protección personal.
- Buenas Prácticas Agrícolas.
- Normas de higiene.
- Propósitos del uso de equipos de protección personal.
- Normas de seguridad (tales como: prohibición de ingreso a sectores con bandera roja, conocer los caminos habilitados para transitar, etc.)
- Interpreta avisos o señaléticas.
- Principios básicos de primeros auxilios.

Habilidades

- Lee y entiende manuales específicos de equipos de riego.
- Lee y entiende procedimientos de la empresa.
- Lee y entiende instrucciones de su superior
- Lee y entiende pautas de trabajo.
- Mantiene casetas de riego en óptimas condiciones
- Respeta normas de higiene
- Respeta normas de seguridad
- Interpreta datos de presión.
- Mantiene equipo de riego tecnificado en condiciones óptimas.
- Calcula caudales y volúmenes de agua de riego.
- Mantiene relaciones positivas en el trabajo.
- Trabaja bajo presión.
- Trabajo en equipo.
- Chequea niveles de agua.
- Maniobra con habilidad equipo de riego.
- Detecta rápidamente irregularidades y problemas asociados al funcionamiento y operación del sistema de riego tecnificado.
- Da respuesta a errores típicos

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS

Para la evaluación en situación real de trabajo

Para la evaluación simulada

• N/A

• N/A

Nombre UCL: MONITOREAR Y CONTROLAR SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO

Código UCL: U-0100-8341-013-V02

Fecha de Vigencia: 30/09/2016

Estado Actual: Vigente

Actividades clave

1.- Monitorear y controlar problemas en caseta de riego

Criterios de Desempeño:

1. Recibir las indicaciones y orden de trabajo según instrucciones del superior directo y los procedimientos de la empresa.
2. Reunir equipo y herramientas de trabajo, de acuerdo a las normas y procedimientos de la empresa.
3. Realizar monitoreo de instrumentos según instrucciones del superior directo y procedimientos de la empresa.
4. Revisar voltaje eléctrico, presión de trabajo de bombas y filtros de acuerdo a instrucciones, manual del fabricante y procedimientos de la empresa.
5. Reconocer, rectificar o reportar problemas o anomalías en el cabezal de riego.
6. Solucionar los problemas detectados de acuerdo a catálogos del fabricante y a los procedimientos de la empresa.
7. Registrar en planillas las mantenciones y soluciones realizadas en el cabezal de riego, de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa.

2.- Monitorear y controlar problemas en terreno

Criterios de Desempeño:

1. Recibir instrucciones y orden de trabajo según instrucciones del superior directo y procedimientos de la empresa.
2. Reunir equipo y herramientas de trabajo, de acuerdo a las normas y procedimientos de la empresa.
3. Realizar monitoreo de cañerías, válvulas, fittings, emisores y sistema eléctrico según las instrucciones del superior directo y los procedimientos de la empresa.
4. Reconocer, rectificar o reportar problemas o anomalías en el sistema de riego en terreno, de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa.
5. Verificar en terreno estado, ubicación y funcionamientos de mangueras, válvulas y emisores de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa.
6. Efectuar mediciones de caudal en los emisores, de presión en las cañerías y de voltaje en válvulas solenoides, de acuerdo a normas, manual del fabricante y procedimientos de la empresa.
7. Registrar en planillas mantenciones y reparaciones realizadas en terreno cumpliendo de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa.

Nombre UCL: MONITOREAR Y CONTROLAR SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO		
Código UCL: U-0100-8341-013-V02		
Fecha de Vigencia: 30/09/2016	Estado Actual: Vigente	
Actividades clave		

3.- Realizar mantención y/o reparaciones menores en sistema de riego	Criterios de Desempeño:
	1. Recibir instrucciones y orden de trabajo según instrucciones del superior directo y procedimientos de la empresa. 2. Reunir equipo y herramientas de trabajo, de acuerdo al trabajo a realizar, a las normas y a los procedimientos de la empresa. 3. Realizar mantención, acondicionamiento y/o reemplazo de emisores, cañerías, líneas eléctricas de baja tensión y de solenoides eléctricos según recomendación del fabricante y procedimientos de la empresa. 4. Efectuar mantención de sistemas de filtración según instrucciones y procedimientos de la empresa. 5. Verificar que las mantenciones al sistema de riego y eléctrico se ajusten en el tiempo a las recomendaciones del fabricante y a los procedimientos de la empresa. 6. Registrar en planillas mantenciones y reparaciones realizadas al sistema de riego, de acuerdo a normas y procedimientos de la empresa.

Competencias Conductuales		
Nombre de la Competencia	Indicadores de Conducta	

	• Recibe atentamente las indicaciones de su superior de manera de tener la certeza de los parámetros a controlar en la caseta de riego evitando desconcentraciones. • Lee e interpreta cuidadosamente los indicadores de los diferentes componentes de la caseta de riego de manera de conocer los parámetros a monitorear, de acuerdo a lo programado por su superior y a las necesidades del equipo. • Verifica metodológicamente y con cuidado que las lecturas de voltajes y manométricas en el cabezal de riego correspondan a las necesidades de presión y energía del sistema con conocimiento acabo del sistema. • Realiza oportunamente las acciones correctivas que sean necesarias, en caso de comprobar la existencia de alguna falla en sistema, informando en caso de observar una falla grave. • Comprueba responsablemente que las medidas de control aplicadas se ajustan a las reales necesidades de riego de las plantas, al manejo del equipo según recomendaciones del fabricante, a las normas de la empresa y las indicaciones del encargado. • Recibe atentamente las indicaciones de su superior o jefe directo respecto a las técnicas y materiales correctos a utilizar. • Reúne responsablemente el equipo y herramientas necesarios según la labor a realizar, tales como overol, botas de agua, guantes, probeta, manómetro, amperímetro, cronómetros, entre otros elementos. Esto de manera de no atrasar las labores de riego y de otorgar a plantas el agua indicada en el programa de riego. • Revisa cuidadosamente el programa de mantención de los equipos en terreno, realizándolo oportunamente según las recomendaciones del fabricante y las normas de la empresa. • Utiliza correcta, cuidadosa y responsablemente las herramientas necesarias para realizar los monitoreos del riego, evitando estropearlos en su utilización en terreno. • Registra oportunamente los pormenores y estado general del equipo en terreno para proceder a informar y/o determinar la necesidad de realizar reparaciones mayores en el sistema. • Se informa oportunamente de los problemas surgidos en el sistema de riego tecnificado en sus diferentes aspectos. • Evalúa responsablemente la gravedad del problema e informa objetivamente sobre su capacidad técnica para resolverlo. • Reúne responsablemente el equipo y herramientas necesarias para realizar la reparación, tales como: llaves francesas, sierras, sopletes, cañerías, pegamento, entre otros elementos. Esto de manera de no atrasar las labores de riego y de otorgar a los árboles o plantas el agua indicada en el programa de riego evitando pérdidas productivas. • Detiene cuidadosamente y en los momentos apropiados el riego del cuartel o del cabezal de riego en el caso de limpieza de filtros, informando y dejando registro de las operaciones realizadas, según los procedimientos de la empresa. • Sigue correctamente la secuencia lógica de labores para realizar la reparación o mantención, de la manera más eficiente, usando los insumos disponibles, y siguiendo los procedimientos de la empresa. • Verifica oportunamente el correcto funcionamiento del sistema una vez finalizada su labor.
Orientación al logro Es la capacidad de trabajar para lograr los resultados y estándares definidos por los niveles superiores, en los tiempos previstos y con los recursos que se asignan.	

Nombre de la Competencia	Competencias Conductuales Indicadores de Conducta
Orden y Seguridad Es la preocupación continua por comprobar y controlar el trabajo asignado, realizando seguimientos del trabajo vigilando la calidad para asegurarse que se siguen las instrucciones y lo procedimientos establecidos.	•Revisa y verifica responsablemente y con conocimiento de causa que los manómetros, medidores de voltaje y filtros se encuentren en buen estado de manera de no generar inconvenientes que puedan generar accidentes o ineficiencia del riego. •Revisa y verifica ordenada y responsablemente que su equipo y herramientas de trabajo se encuentren en óptimas condiciones de operación, para evitar errores en las lecturas que puedan generar accidentes o pérdidas de eficiencia. •Periódicamente está controlando y verificando que las lecturas de los equipos se encuentren dentro de los rangos aceptados de funcionamiento según diseño, procurando mantener la eficiencia al máximo. •Mantiene constantemente una conducta metódica y responsable para la realización de sus labores, evitando e todo momento condiciones inseguras. •Reúne responsablemente el uniforme que utilizará en terreno, como por ejemplo: botas de agua, guantes, antiparras y verifica que se encuentre en buenas condiciones. • Revisa y verifica atentamente que sus manómetros, amperímetros y probetas se encuentren en buen estado de manera de no generar inconvenientes que puedan generar accidentes o ineficiencia del riego. •Programa oportuna y responsablemente la realización de las diferentes tareas de mantención, de manera de no interferir directamente en la programación del riego, evitando pérdidas de eficiencia. •Se preocupa responsablemente de que cada componente del sistema este en condiciones operativas para no retrasar las labores de riego y puedan existir pérdidas de agua innecesarias. •Reúne y utiliza responsablemente el uniforme y materiales necesarios para cumplir labores de reparación del sistema de riego, en terreno o en la caseta, como por ejemplo: pala, llave francesa, sierra, soplete, pegamento, etc. •Realiza las labores de reparación o mantención del equipo de riego tecnificado informando oportunamente y señalizando el área de trabajo si correspondiera, para evitar accidentes a terceros. •Ejecuta labores de reparación y mantención de manera responsable, verificando en todo momento la correcta utilización de las herramientas y de los equipos •Concluye ordenadamente las labores, registrando responsablemente los pormenores de la faena, según normas de la empresa y procedimientos internos.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Conocimientos básicos necesarios para realizar la competencia.

- Lectura y comprensión escrita.
- Cálculos numéricos.
- Procedimientos de registro de labores de riego.
- Procedimientos de registro de información de riegos.
- Conocimientos básicos de computación a nivel usuario.
- Conocimientos de gasfitería.
- Interpretar ordenes e instructivos de trabajo.

Conocimientos específicos necesarios para realizar la competencia.

- Conocer correcto uso y manejo de equipo de riego.
- Conocer diferentes partes de equipo de riego.
- Usos de implementos agrícolas en labores de riego.
- Conocimientos básicos de electricidad.
- Conocimientos básicos de hidráulica.
- Programación de riegos.
- Conocimientos de diámetros de materiales de riego (por ejemplo: tuberías, conexiones, llaves, válvulas, etc.)

Conocimientos reglamentarios necesarios para realizar la competencia.

- Propósitos del uso de equipos de protección personal.
- Buenas Prácticas Agrícolas.
- Normas de higiene.
- Propósitos del uso de equipos de protección personal.

Normas de seguridad (tales como: prohibición de ingreso a sectores con bandera roja, conocer los caminos habilitados para transitar, etc.)
 Interpreta avisos o señaléticas.
 Principios básicos de primeros auxilios.

Habilidades

Lee y entiende manuales específicos de equipos de riego.
 Lee y entiende procedimientos de la empresa.
 Lee y entiende instrucciones de su superior.
 Lee y entiende pautas de trabajo.
 Mantiene casetas de riego en óptimas condiciones.
 Respeta normas de higiene.
 Respeta normas de seguridad.
 Interpreta datos de presión.
 Mantiene equipo de riego tecnificado en condiciones óptimas.
 Calcula caudales y volúmenes de agua de riego.
 Mantiene relaciones positivas en el trabajo.
 Trabaja bajo presión.
 Trabajo en equipo.
 Chequea niveles de agua.
 Maniobra con habilidad equipo de riego.
 Detecta rápidamente irregularidades y problemas asociados al funcionamiento y operación del sistema de riego tecnificado.
 Da respuesta a errores típicos.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS

Para la evaluación en situación real de trabajo

Para la evaluación simulada

• N/A

• N/A

b. Perfil Competencia Operario de Riego Gravitacional



PERFIL COMPETENCIA OPERARIO DE RIEGO GRAVITACIONAL

FECHA DE EMISIÓN: 21/02/2017 11:04

FICHA DE PERFIL OCUPACIONAL OPERARIO DE RIEGO GRAVITACIONAL

Sector: AGRÍCOLA Y GANADERO

Subsector: TRANSVERSAL

Código: P-0100-9211-002-V02

Vigencia: 31/08/2017

Sector: AGRÍCOLA Y GANADERO	Subsector: TRANSVERSAL	Código: P-0100-9211-002-V02	Estado Actual: Vigente
Nombre perfil : OPERARIO DE RIEGO GRAVITACIONAL			
Fecha de vigencia: 31/08/2017			

Propósito

Realizar el riego gravitacional en terrenos y cultivos en los distintos cuarteles de producciones agrícolas de los sub-sectores frutícola, olivícola, vitivinícola, agroindustria, hortalizas, cereales, semillas, flores, pecuario, que utilizan el sistema tradicional o gravitacional, deben cumplir con las funciones de conservar y mantener los implementos y materiales relacionados con las labores de riego gravitacional, de acuerdo a los procedimientos de la empresa.

Área Ocupacional : N/A

Unidades de competencia	
Código:	Descripción
U-0100-6113-003-V03	CUMPLIR NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD
U-0100-9211-009-V02	REGAR GRAVITACIONALMENTE

Contextos de Competencia				
Condiciones y situaciones:	Herramientas, equipos y materiales:	Evidencias		
		de Producto	Directas de Desempeño	Indirectas
• Al interior de la planta en zona de producción agrícola. • Recibiendo pautas de riego. • Revisando estado de canales y acequias. • Elaborando registros. • Operando riego por surcos o por tendido. • Verificando eficiencia del riego. • Realizando calicatas, barrenos u otro método de verificación de eficacia del riego. • Limpiando canales y acequias • Cumpliendo las normas de seguridad • Siguiendo BPA • Preparando materiales	• Uniforme (guantes, antiparras, gorro, buzo, delantal, botas). • Bloqueador solar. • Pala, Chuzo • Barreno • Picota • Tacos • Carretilla • Mangas de riego • Llaves • Herramientas	• Planillas de registro de zonas regadas • Planillas de registro de contingencias.	• Observaciones, que incluyan el riego tradicional • Entrevista de conocimientos básicos necesarios respecto al riego gravitacional. • Simulación de habilidades y conocimientos.	• Autoevaluación. • Evaluación de Jefe directo. • Currículum vitae actualizado. • Planillas o registros de riego.

Lista Unidades de Competencia

Nombre UCL: CUMPLIR NORMAS DE HIGIENE Y SEGURIDAD	
Código UCL: U-0100-6113-003-V03	
Fecha de Vigencia: 31/08/2017	Estado Actual: Vigente
Actividades clave	
1.- Cumplir normas de higiene según los procedimientos de la empresa.	Criterios de Desempeño: 1. Las inducciones programadas sobre normas de higiene son cumplidas regularmente. 2. La ropa de trabajo es reunida y usada en forma acorde a la labor. 3. La presentación personal es mantenida en forma acorde al trabajo desempeñado. 4. Las pertenencias cuyo ingreso este prohibido son almacenadas en los lugares o espacios asignados por la empresa. 5. Los requerimientos de diferente indumentaria para acceder a otras secciones de la empresa son respetadas. 6. Las conductas de higiene solicitadas por el área de trabajo son respetadas. 7. La existencia de enfermedades infecto contagiosas son comunicadas.
2.- Cumplir normas de seguridad según los procedimientos de la empresa.	Criterios de Desempeño: 1. Las indicaciones para ingresar y salir del puesto de trabajo son seguidas en forma segura. 2. La señalética instalada en el lugar de trabajo es respetada y comprendida. 3. En caso de emergencia, actúa adecuadamente. 4. La conducta apropiada es mantenida durante toda la jornada. 5. Las retroalimentaciones por temas de higiene y seguridad entregadas por el jefe directo son atendidas de acuerdo a la función realizada. 6. La circulación por las áreas demarcadas son seguidas y respetadas. 7. La manipulación de los elementos de trabajo son utilizados con seguridad y precaución

Competencias Conductuales	
Nombre de la Competencia	Indicadores de Conducta
Orientación al autocuidado y orden	•Es la manera en que prepara la jornada, revisando que los insumos y materiales a utilizar se encuentren en condiciones operativas. •Es la forma en manera en que asiste responsablemente a las instancias de inducción o capacitación de normas de higiene y seguridad programadas por la empresa. •Es la manera en que informa oportuna y responsablemente a su superior situaciones asociadas al cumplimiento de las normas de higiene y seguridad. • Es la manera en que reúne adecuada y cuidadosamente su ropa de trabajo. • Es la manera en que utiliza su uniforme completo durante su jornada de trabajo. •Es la manera en que se preocupa constantemente de mantener una buena presentación personal acorde a la labor que desempeña • Es la manera en que solicita oportuna y responsablemente el equipamiento necesario para poder hacer ingreso a secciones ajenas a la que habitualmente trabaja.
	•Es la manera en que se preocupa diaria y responsablemente de mantener su aseo y presentación personal durante toda la jornada laboral. •Es la manera en que se mantiene constantemente las conductas de limpieza en el lugar de trabajo. • Es la forma en que usa correctamente el uniforme de trabajo, en distintas situaciones. • Es la manera en que comunica rápida y responsablemente las enfermedades o heridas. • Es la manera y forma con que circula y transita por las áreas demarcadas para tal efecto. • Es la manera segura y precavida como se desenvuelve en su puesto de trabajo. • Es la forma como manipula los implementos y maquinarias asociadas a su labor. • Es la manera segura como ingresa y sale de su puesto de trabajo diariamente • Es la manera como evita situaciones de riesgo en su jornada laboral.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Conocimientos básicos necesarios para realizar la competencia:

- Saber leer y escribir.

Conocimientos técnicos necesarios para cumplir la competencia:

- Uso correcto de los productos de higiene y desinfección.
- Conoce avisos o señaléticas.
- Conoce procedimientos de la empresa en relación a exigencias de higiene y seguridad.
- Procedimientos a seguir en caso de emergencia.
- Principios básicos de primeros auxilios.
- Normas y equipos de Prevención de riesgos.
- Principios de higiene personal y prevención de accidentes.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS	
Para la evaluación en situación real de trabajo	Para la evaluación simulada
•Para demostrar la competencia en la unidad se recomienda realizar la observación en conjunto con la unidad técnica asociada con el objeto de identificar de que forma logra realizar la función técnica cumpliendo con la normativa de higiene y seguridad exigidas de acuerdo a los procedimientos de la empresa. •El no cumplimiento de la unidad obligatoria significará el estado de aún no competencia en el perfil evaluado, la unidad es genérica y puede ser usada tanto para funciones en huerto frutal, viñas, planta de proceso, bodegas, área de envasado, ya que lo que varía son las distintas exigencias y no los procedimientos.	•El lugar donde se realizará la función debe contar con la infraestructura necesaria para poder desarrollar todos los criterios de evaluación indicados en la unidad de competencia y representar claramente una situación real de trabajo, no aplicando para este punto una evaluación entregando ejemplos o poniendo al trabajador en situaciones ficticias, la simulación debe ser realizada en un lugar donde se represente una situación real en el contexto del perfil ocupacional.

Nombre UCL: REGAR GRAVITACIONALMENTE	
Código UCL: U-0100-921 I-009-V02	
Fecha de Vigencia: 31/08/2017	Estado Actual: Vigente
Actividades clave	
I.- Realizar riego gravitacional	Criterios de Desempeño: 1. Las instrucciones son recibidas en forma oral o escrita, de acuerdo a los procedimientos de la empresa. 2. El material de trabajo es reunido y revisado de acuerdo a los procedimientos de la empresa. 3. El nivel de agua de la fuente de abastecimiento es revisado de acuerdo a los procedimientos de la empresa. 4. Los inconvenientes son informados de acuerdo a los procedimientos de la empresa. 5. El estado del cultivo y sobre todo en la zona de entre-hilera es revisado, de acuerdo a los procedimientos de la empresa. 6. Las exigencias de higiene y seguridad personales son adoptadas de acuerdo a los procedimientos de la empresa. 7. Las exigencias de presentación personal se cumplen durante toda la jornada laboral, de acuerdo a los procedimientos de la empresa. 8. El agua de riego es dirigida por las zonas a regar, de acuerdo a los procedimientos de la empresa.
2.- Concluir riego de acuerdo a los procedimientos de la empresa.	Criterios de Desempeño: 1. Los desagües son revisados. 2. El estado de avance del agua es monitoreado por las zonas de riego. 3. El riego es detenido. 4. La salida de agua. 5. La eficiencia de riego es verificada. 6. Las normas de higiene y seguridad son cumplidas en su totalidad. 7. El riego es concluido y los materiales son guardados.

Competencias Conductuales	
Nombre de la Competencia	Indicadores de Conducta
Orientación a la calidad	• Forma en que lee y/o escucha atentamente las instrucciones respecto al riego, solicitando retroalimentación en caso de ser necesario para tener una jornada exitosa. • Como revisa diariamente los niveles de agua de las fuentes de riego como acequias o canales, de manera de asegurarse de contar con agua suficiente para realizar los riegos. • Abre cuidadosa y responsablemente las compuertas de manera de no generar atrasos en las labores. • Manera como conduce correctamente el agua por las zonas de riego, por ejemplo utilizando una pala, asegurándose de realizar el riego con la mayor eficiencia posible. • Forma como utiliza responsablemente ropa de trabajo y botas de agua para utilizar durante el riego de manera de evitar tener contacto con el agua de riego y de evitar posibles problemas de contaminación. • Revisa cuidadosamente los sectores por donde transitará el agua con el fin de evitar anegamientos y problemas de cobertura o uniformidad en el riego. • Mantiene durante toda la jornada de trabajo su presentación personal, preocupándose de tener una cumplir con la normativa establecida.
Orientación al autocuidado y orden	• Cumple con las normas de Orden y Seguridad, preocupándose de cumplir con la normativa establecida para el área en donde se encuentra realizando sus funciones. • Mantiene constantemente las conductas de limpieza y sanidad en el lugar de trabajo cumpliendo a cabalidad con las exigencias propias del lugar de trabajo. • Usa responsable y correctamente sus elementos de seguridad. • Mantiene el orden y limpieza del lugar de trabajo, eliminado desechos generados del proceso de riego.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Conocimientos básicos necesarios para realizar la competencia.

- Saber leer y escribir, preferentemente.

Conocimientos técnicos necesarios para cumplir la competencia:

- Buenas Prácticas agrícolas.
- Estructura básica de las plantas.
- Propósitos del riego.
- Conoce uso de materiales de trabajo para riego (pala, chuzo, etc.).
- Propósitos del uso de equipos de protección personal.

- Requerimientos de agua de diferentes especies.
- Reconocimiento de síntomas de déficit hídrico o de saturación.
- Conceptos básicos de Buenas Prácticas Agrícolas.
- Normas de orden, higiene y seguridad.
- Interpretación de avisos o señalizaciones.
- Principios de higiene personal y prevención de accidentes.

Habilidades

- N/A

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS	
Para la evaluación en situación real de trabajo	Para la evaluación simulada
• Para demostrar la competencia en la unidad se necesita para poder desarrollar todos los criterios de evaluación indicados en la recomendación realizar la observación en una la unidad de competencia y representar claramente una situación real de situación real en donde se cuente como mínimo trabajo, no aplicando para este punto una evaluación entregando ejemplos o con los siguientes implementos: Zona de riego, poniendo al trabajador en situaciones ficticias, la simulación debe ser realizada en un lugar donde se represente una situación real en el contexto del perfil ocupacional.	• El lugar donde se realizará la función debe contar con la infraestructura necesaria para poder desarrollar todos los criterios de evaluación indicados en la recomendación entregando ejemplos o con los siguientes implementos: Zona de riego, poniendo al trabajador en situaciones ficticias, la simulación debe ser realizada en un lugar donde se represente una situación real en el contexto del perfil ocupacional.

c. Perfil Competencia Regador de la Agricultura Familiar Campesina



PERFIL COMPETENCIA REGADOR DE LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA

FECHA DE EMISIÓN: 21/02/2017 11:05

FICHA DE PERFIL OCUPACIONAL REGADOR DE LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA

Sector: AGRÍCOLA Y GANADERO

Subsector: TRANSVERSAL

Código: P-0100-9211-001-V01

Vigencia: 31/08/2017

Sector: AGRÍCOLA Y GANADERO

Subsector: TRANSVERSAL

Código: P-0100-9211-001-V01

Estado Actual: Vigente

Nombre perfil : REGADOR DE LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA

Fecha de vigencia:
31/08/2017

Propósito

No aplica

Área Ocupacional : Operar sistemas de riego, tradicional o tecnificado, en terrenos de cultivos, frutales y praderas, cumpliendo con programaciones establecidas, eficiencia y recursos disponibles, de acuerdo a la especie, variedad y realidad edafoclimática de la zona en que se encuentran localizados.

Unidades de competencia	
Código:	Descripción
U-0100-9211-001-V01	PREPARAR EL SUELO Y MANTENER EL SISTEMA DE RIEGO
U-0100-9211-002-V01	EJECUTAR Y CONTROLAR EL RIEGO
U-0100-9211-003-V01	REGAR MEDIANTE SISTEMAS TECNIFICADOS (OPCIONAL)

Contextos de Competencia				
Condiciones y situaciones:	Herramientas, equipos y materiales:	Evidencias		
		Directas	Indirectas	
		de Producto	de Desempeño	
• Programando riegos. • En terreno limpiando, arando y nivelando el suelo. • Preparando el terreno en distintas condiciones climáticas. • Buscando el sentido de la pendiente para trazar acequias. • Solucionando contingencias al trazar y construir acequias de riego. • Regando terreno en distintos turnos de riego, de día o de noche. • Regando distintos tipos de cultivos o frutales. • Con la pala ayudando a conducir el agua hacia los sectores a regar. • Con ramas y materiales de desecho construyendo los tacos en las salidas y entradas de las acequias. • Reconstruyendo y arreglando acequias y canales. • Programando equipo de riego tecnificado. • En la caseta operando sistema de riego tecnificado. • En la bodega manipulando agroquímicos. • En la bodega calculando dosis de fertilizantes. • En la caseta incorporando la mezcla de fertilizantes al sistema de riego. • En terreno y en la caseta realizando la mantención al sistema de riego.	• Herramientas como palas, azadones, picotas. • Maquinaria como arado, rastra. • Documento con la programación de riego. • Materiales para construir tacos o topes. • Planilla con programa de riego y fertilización. • Materiales, herramientas, equipos y repuestos de los sistemas de riego tecnificados. • Ropa de trabajo (traje de agua, botas de agua, zapatos de seguridad, gorro protector, gafas, etc.). • Bloqueador solar.	• Una entrevista estructurada con los contenidos de la unidad de competencia. • Elaboración de un plan de riego para el cultivo o frutal que presente en su predio. • Limpiar acequia o canal que utilice para regar. • Dibujo de un trazado de acequias en el terreno, donde se identifiquen las entradas y salidas del agua a los • sectores. • Riego tecnificado: I) Elaboración de un plan de fertirrigación para un cultivo o frutal que esté presente en • el predio. • II) Dibujo de sistema de riego utilizado, donde se identifiquen las partes de éste, como: bombas, válvulas, • inyección de fertilizante, filtros, matrices, submatrices, laterales y emisores. • III) Programación en tablero de un riego de prueba para un sector del predio.	• Observación de preparación de suelo con herramientas específicas de la labor. • Observación del trazado de acequias según pendiente y tipo de suelo. • Observación de cumplimiento de aspectos técnicos del riego. • A lo menos una observación de la operación del equipo de riego.	• Programa que contenga el Calendario de los riegos de la temporada. • Registro de labores de preparación de suelo, de acuerdo a superficie a regar. • Registro de herramientas y equipos utilizados. • Riego tecnificado: • Calendario de riego. • Registros de fertirrigación. • Registros de mantención del equipo de riego tecnificado.

Lista Unidades de Competencia

Nombre UCL: PREPARAR EL SUELO Y MANTENER EL SISTEMA DE RIEGO		
Código UCL: U-0100-9211-001-V01		
Fecha de Vigencia: 31/08/2017	Estado Actual: Vigente	
Actividades clave		
I.- PREPARAR EL SUELO.-	Criterios de Desempeño: 1.Las herramientas e implementos a utilizar son reunidos en terreno según tipo de riego a realizar. 2.El terreno es preparado de acuerdo a pendiente, tipo de suelo, tipo de riego a utilizar, disponibilidad de agua y cultivo a regar. 3.Las acequias y surcos son trazadas en el terreno de acuerdo a cultivo a colocar, tipo de suelo, pendiente de éste y disponibilidad de agua. 4.El riego de verificación se realiza observando que el agua en terreno está llegando a todos los sectores requeridos en el trazado.	
	Criterios de Desempeño: 1.Las labores de mantención del sistema de riego son programadas según época del año y necesidades detectadas. 2.Las herramientas correspondientes a la labor de mantención del sistema de riego son utilizadas según normas de seguridad. 3.La limpieza, desmalezado y despeje de la acequia y surcos se realiza siguiendo rutina de trabajo y de acuerdo a necesidades detectadas.	
2.- REALIZAR MANTENCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO		

Competencias Conductuales	
Nombre de la Competencia	Indicadores de Conducta
Gestionar capacidades personales	• La forma en que la persona se anticipa a las eventualidades propias de la labor, superando dificultades encontradas.
Trabajar con organización y orden	• La forma con que la persona es capaz de identificar, organizar y ejecutar las labores, utilizando los recursos disponibles y siguiendo la secuencia de los procesos en base a prioridades.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Básicos

- Características de clima y suelo de su zona geográfica.
- Estacionalidad de las labores los cultivos.
- Propósito del riego para las plantas.
- Uso de materiales de trabajo para riego (pala, chuzo, etc.)

Técnicos

- Insumos y herramientas necesarios para la preparación de suelos.
- Preparación de suelo según tipo de cultivo.
- Tipos de cultivos.
- Normativas en cuanto a uso de implementos de seguridad.
- Manejo de herramientas para la mantención y limpieza de acequias y surcos.
- Identificación de especies y variedades de malezas que crecen en acequias.
- Normativas en cuanto a uso de implementos de seguridad.

Habilidades

- N/A

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS	
Para la evaluación en situación real de trabajo	Para la evaluación simulada
• Se recomienda realizar la evaluación de esta UCL en periodos donde el agricultor se encuentre regando (a partir de septiembre). • Considerar situación climática previa, además de estacionalidad y zona geográfica. • Que la evaluación se concerte en lugar y día que el productor sugiera, para no sacarlo de su contexto, ni de sus labores diarias, idealmente que se encuentre en turno de riego. • Utilización de lenguaje y términos comunes al productor al momento de la evaluación. • Establecer diferencias entre las realidades del pequeño productor, según tamaño de producción. • Generar confianza entre el productor evaluado y el evaluador, para esto se recomiendan conversaciones previas al día de esta instancia. • Que no roten los evaluadores y si llegase a suceder se sugiere que éstos sean inducidos respecto del contexto y particular situación de esta evaluación. • Se podría realizar una autoevaluación al productor, mediante una lista de chequeo de algunos de los Criterios de Desempeño de esta UCL. • Considerar evaluar las siguientes habilidades en los campesinos regadores para esta UCL: a. Capacidad de identificar anomalías en la preparación del terreno a regar. b. Comunicación verbal (escucha activa). c. Capacidad de observación del entorno. d. Capacidad de análisis de información de nivel básico. e. Análisis y solución de problemas al preparar el terreno a regar.	• Se recomienda evitar la simulación para este segmento de productores, ya que socio-culturalmente el campesino puede no acceder a realizar este tipo de ejercicio. Idealmente a éste se le debe evaluar realizando las labores directamente en su terreno.

Nombre UCL: EJECUTAR Y CONTROLAR EL RIEGO	
Código UCL: U-0100-921 I-002-V01	
Fecha de Vigencia: 31/08/2017	Estado Actual: Vigente
Actividades clave	
I.- EJECUTAR EL RIEGO	Criterios de Desempeño: 1.El sector a regar es definido según programación, cumpliendo tiempos y frecuencia de riego. 2.El caudal de agua que entra al sector es regulado mediante apertura y cierre de compuertas según superficie a regar y tiempo de riego definido. 3.La dirección del agua de riego en cada sector es determinada por la construcción de pretilas de acuerdo a superficie a regar. 4.La compuerta es cerrada una vez concluido el riego del sector y se abre nuevamente para el sector siguiente según programación. 5.La habilitación del sistema de desagüe es verificado antes de finalizar el riego programado.
2.- PREPARAR LABORES DE RIEGO	Criterios de Desempeño: 1. El programa de riego es definido según clima, tipo de suelo y cultivo. 2.El lugar por donde pasará el agua es preparado y revisado antes de iniciar el riego programado. 3. La disponibilidad de agua es verificada antes de comenzar el riego. 4. Las herramientas e implementos de trabajo son llevados al lugar del riego. 5.Los tacos son colocados de manera que permitan encauzar el agua de riego a los sectores definidos según programación.
3.- CONTROLAR EL RIEGO	Criterios de Desempeño: 1.La cantidad de agua que ingresa al sector a regar es controlada y monitoreada de acuerdo a tiempo de riego, tipo de suelo y cultivo. 2.La eficiencia de riego es verificada de acuerdo a la humedad del suelo y a observaciones visuales del sector regado. 3.El monitoreo de las necesidades de agua del cultivo se realiza de acuerdo a parámetros de exceso o déficit de humedad en éstos y tipo de suelo. 4.La limpieza de las fuentes de abastecimiento y sectores por donde circula el agua es realizada según necesidad de la labor.

Competencias Conductuales	
Nombre de la Competencia	Indicadores de Conducta
Gestionar capacidades personales	• La forma en que la persona se anticipa a las eventualidades propias de la labor, superando dificultades encontradas.
Trabajar con organización y orden	• La forma con que la persona es capaz de identificar, organizar y ejecutar las labores, utilizando los recursos disponibles y siguiendo la secuencia de los procesos en base a prioridades.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Básicos

- Características de clima y suelo de su zona geográfica.
- Estacionalidad de las labores en los cultivos.
- Propósitos del riego.
- Uso de materiales de trabajo para riego (pala, lima, guadaña, rozón.)
- Elementos básicos de protección personal.
- Operaciones matemáticas básicas como suma, resta, multiplicación y división.

Técnicos

- Tipos de riego tradicional.
- Técnicas de distribución de agua.
- Necesidad de agua para los cultivos.
- Especies y variedades de cultivos relacionados con la producción donde trabaje.
- Especies y variedades de malezas de su zona agroclimática.
- Requerimientos de agua de diferentes especies.
- Reconocimiento de síntomas de déficit hídrico o de saturación.
- Tipos y usos del suelo.
- Reconocimiento de la pendiente del suelo.
- Normativa referente al uso de equipos de protección personal.

Habilidades

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS	
Para la evaluación en situación real de trabajo	Para la evaluación simulada
•Se recomienda realizar la evaluación de esta UCL en periodos donde el agricultor se encuentre regando (a partir de septiembre). •Considerar situación climática previa, además de estacionalidad y zona geográfica. •Que la evaluación se concerte en lugar y día que el productor sugiera, para no sacarlo de su contexto, ni de sus labores diarias, idealmente que se encuentre en turno de riego. •Utilización de lenguaje y términos comunes al productor al momento de la evaluación. •Establecer diferencias entre las realidades del regador campesino, según tamaño de producción a regar. •Generar confianza entre el productor evaluado y el evaluador, para esto se recomiendan conversaciones previas al día de esta instancia. •Que no roten los evaluadores y si llegase a suceder se sugiere que éstos sean inducidos respecto del contexto y particular situación de esta evaluación. •Se podría realizar una autoevaluación al productor, mediante una lista de chequeo de algunos de los Criterios de Desempeño de esta UCL. •Considerar evaluar las siguientes habilidades en los campesinos regadores para esta UCL: a. Capacidad de observación del entorno. b. Identificación, análisis y solución de problemas. c. Detección de irregularidades y problemas asociados al riego.	•Se recomienda evitar la simulación para este segmento de productores, ya que socio-culturalmente el campesino puede no acceder a realizar este tipo de ejercicio. Idealmente a éste se le debe evaluar realizando las labores directamente en su terreno.

Nombre UCL: REGAR MEDIANTE SISTEMAS TECNIFICADOS(OPCIONAL)	
Código UCL: U-0100-921 I-003-V01	
Fecha de Vigencia: 31/08/2017	Estado Actual: Vigente
Actividades clave	
1.- CONTROLAR Y MANTENER SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO	Criterios de Desempeño: 1.Los instrumentos de medición a presión y amperaje del sistema de riego son monitoreados de acuerdo a rangos establecidos mientras éste se encuentre operativo. 2.Los controles de caudal, presión y voltaje se realizan de acuerdo a manual del fabricante y rutina de trabajo. 3.Las mantenciones y reemplazo de piezas del sistema de riego se realizan según recomendación del fabricante e indicaciones técnicas. 4.El registro de las mantenciones y reparaciones realizadas al sistema de riego, se anotan según rutina y programa de trabajo.
2.- OPERAR SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN	Criterios de Desempeño: 1.Los productos fertilizantes son reunidos de acuerdo a la programación de fertilización y necesidades del cultivo. 2.El sistema de fertirrigación es preparado según tipo de fertilizante a aplicar e indicaciones técnicas. 3.La solución fertilizante se prepara según programa de fertilización, tipo de producto, indicaciones técnicas y normas de seguridad. 4.La solución fertilizante es inyectada al sistema de riego de acuerdo a rutina de trabajo e indicaciones técnicas. 5.El registro de datos de control y stock de fertilizantes son anotados según rutina y programa de trabajo. 6.Los fertilizantes son guardados en bodega de productos químicos de acuerdo a normativa vigente.
3.- OPERAR SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO	Criterios de Desempeño: 1.Los sectores son regados de acuerdo a programa de riego establecido y necesidades del cultivo. 2. Las bombas y válvulas comienzan a operar de acuerdo a sectores a regar. 3.El volumen de agua que sale desde los emisores es verificado de acuerdo a observaciones en terreno y a las presiones de operación del sistema. 4. El equipo de riego es apagado una vez concluido el riego programado. 5.El registro de riego, datos de control y seguimiento son anotados según plan de trabajo.

Nombre UCL: REGAR MEDIANTE SISTEMAS TECNIFICADOS(OPCIONAL)	
Código UCL: U-0100-9211-003-V01	
Fecha de Vigencia: 31/08/2017	Estado Actual: Vigente
Actividades clave	
4.- PREPARAR LABORES DE RIEGO TECNIFICADO	Criterios de Desempeño: 1. La programación del riego, se realiza de acuerdo a las necesidades del cultivo y tipo de suelo. 2. El equipo y las herramientas de riego son reunidos según plan de trabajo. 3. Los componentes del sistema de riego son preparados antes de realizar la operación de acuerdo a rutina de trabajo. 4. El sistema eléctrico es chequeado antes de comenzar el riego de acuerdo a rutina de trabajo. 5. Los niveles de agua son verificados antes de comenzar las labores de riego según rutina de trabajo.

Competencias Conductuales	
Nombre de la Competencia	Indicadores de Conducta
Trabajar con organización y orden	La forma con que la persona es capaz de identificar, organizar y ejecutar las labores, utilizando los recursos disponibles y siguiendo la secuencia de los procesos en base a prioridades.
Trabajar con calidad y mejorando continuamente	La forma en que la persona identifica oportunidades de mejora y genera acciones para optimizar los procesos de trabajo y sus resultados.
Cuidar el Medio Ambiente	La forma en que la persona realiza las diferentes actividades productivas procurando minimizar el impacto de éstas en el medio ambiente, estableciendo acciones que permitan proteger, mantener y renovar los recursos naturales con los que se cuenta.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Básicos

- Características de clima y suelo de su zona geográfica.
- Estacionalidad de las labores en los cultivos.
- Propósitos del riego.
- Manejo de especies y variedades de cultivos/frutales en los que trabaja.
- Tipos y usos de herramientas que se utilizan en la operación de
- los equipos de la sala de riego y terreno.
- Operaciones matemáticas básicas como suma, resta, multiplicación y división.
- Lectoescritura.

Técnicos

- Identifica y reconoce diferentes partes del equipo de riego y fertirriego. Operación y mantención de equipos de riego tecnificado y fertirriego. Interpretación de datos de presión y caudal.
- Manejo de agroquímicos utilizados en la fertirrigación.
- Dosificación de agroquímicos.
- Registro de labores de riego y fertilización.
- Normas vinculadas al uso de equipos de protección personal.
- Normas vinculadas al uso de agroquímicos.

Habilidades

- N/A

Nombre UCL: REGAR MEDIANTE SISTEMAS TECNIFICADOS(OPCIONAL)	
Código UCL: U-0100-9211-003-V01	
Fecha de Vigencia: 31/08/2017	Estado Actual: Vigente
Actividades clave	
4.- PREPARAR LABORES DE RIEGO TECNIFICADO	Criterios de Desempeño: 1. La programación del riego, se realiza de acuerdo a las necesidades del cultivo y tipo de suelo. 2. El equipo y las herramientas de riego son reunidos según plan de trabajo. 3. Los componentes del sistema de riego son preparados antes de realizar la operación de acuerdo a rutina de trabajo. 4. El sistema eléctrico es chequeado antes de comenzar el riego de acuerdo a rutina de trabajo. 5. Los niveles de agua son verificados antes de comenzar las labores de riego según rutina de trabajo.

Competencias Conductuales	
Nombre de la Competencia	Indicadores de Conducta
Trabajar con organización y orden	La forma con que la persona es capaz de identificar, organizar y ejecutar las labores, utilizando los recursos disponibles y siguiendo la secuencia de los procesos en base a prioridades.
Trabajar con calidad y mejorando continuamente	La forma en que la persona identifica oportunidades de mejora y genera acciones para optimizar los procesos de trabajo y sus resultados.
Cuidar el Medio Ambiente	La forma en que la persona realiza las diferentes actividades productivas procurando minimizar el impacto de éstas en el medio ambiente, estableciendo acciones que permitan proteger, mantener y renovar los recursos naturales con los que se cuenta.

Conocimientos

Conocimientos necesarios para realizar la competencia:

Básicos

- Características de clima y suelo de su zona geográfica.
- Estacionalidad de las labores en los cultivos.
- Propósitos del riego.
- Manejo de especies y variedades de cultivos/frutales en los que trabaja.
- Tipos y usos de herramientas que se utilizan en la operación de
- los equipos de la sala de riego y terreno.
- Operaciones matemáticas básicas como suma, resta, multiplicación y división.
- Lectoescritura.

Técnicos

- Identifica y reconoce diferentes partes del equipo de riego y fertirriego. Operación y mantención de equipos de riego tecnificado y fertirriego. Interpretación de datos de presión y caudal.
- Manejo de agroquímicos utilizados en la fertirrigación.
- Dosificación de agroquímicos.
- Registro de labores de riego y fertilización.
- Normas vinculadas al uso de equipos de protección personal.
- Normas vinculadas al uso de agroquímicos.

Habilidades

- N/A