



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

**ASOCIACION GREMIAL DE
AGRICULTORES DE ARICA**

**UNIVERSIDAD DE OLDENBURG
ALEMANIA**



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

**CORPORACION
CODING**

Curso Taller

**“Tecnologías limpias y optimización del uso
de recursos hídricos en la agricultura
de zonas áridas”**

Apuntes

Contenido:

Riego tecnificado

Calidad de agua

Fertirrigación

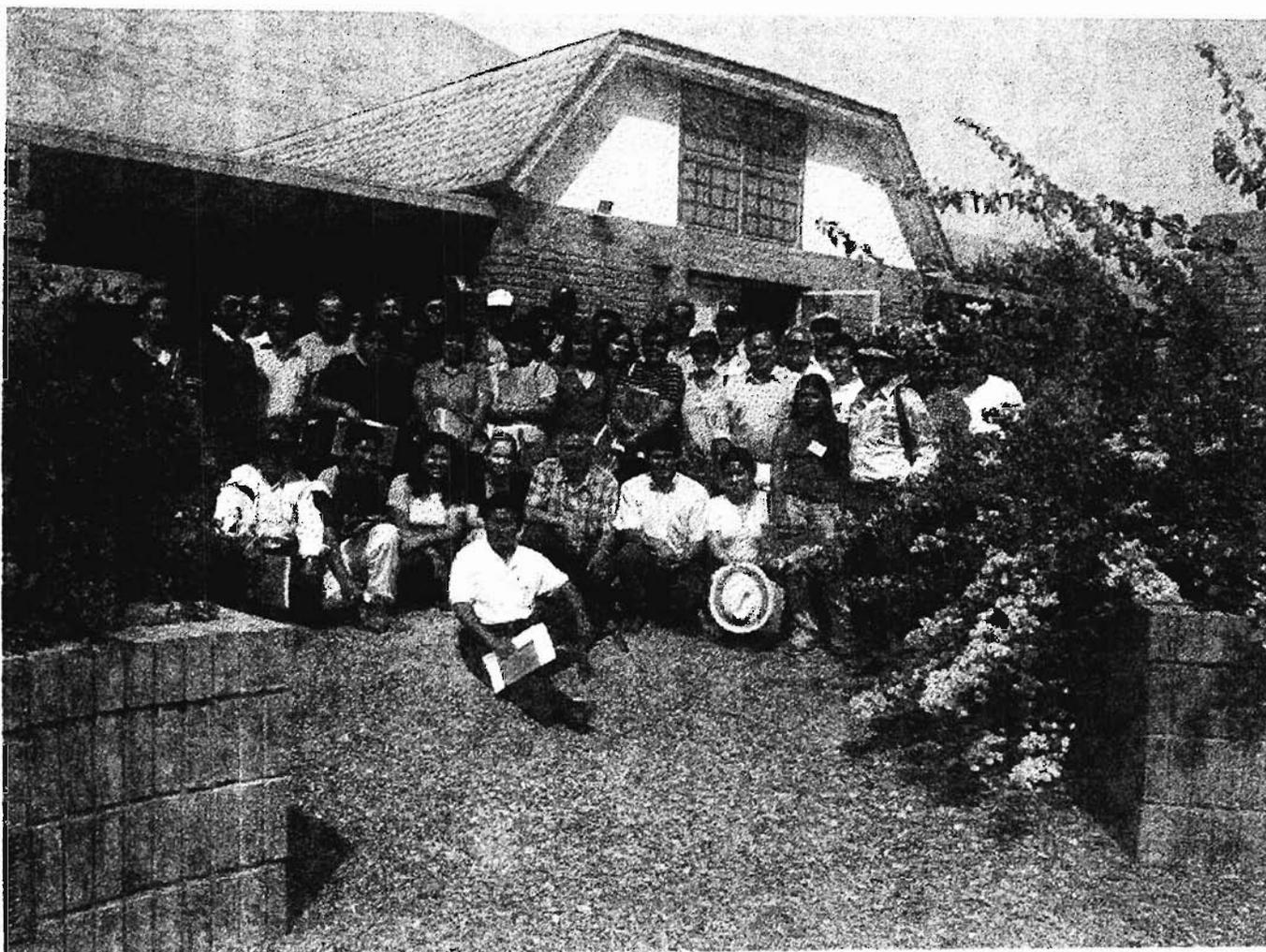
Control y automatización

Agricultura orgánica

Control natural de plagas

Energías renovables en agricultura

Aspectos económicos



San Miguel de Azapa
13.01. - 18.01.2003

RIEGO TECNIFICADO

Expositor: Aníbal Díaz González



SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ESTADO DE JALISCO



GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ESTADO DE JALISCO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

2011-11-15

CURSO - TALLER

"TECNOLOGÍAS LIMPIAS Y OPTIMIZACIÓN DEL USO DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS"

MODULO: RIEGO TECNIFICADO

Expositor: Aribal Díaz González

Introducción

▲ El agua es un elemento vital y de especial relevancia en zonas de clima árido.

De esta manera, surge la necesidad de utilizar metodologías de riego de alta eficiencia lo cual se denomina riego tecnificado.

El buen uso de la técnica nos permite obtener beneficios respecto a calidad y productividad.

MÉTODOS DE RIEGO

El uso de uno u otro método de riego depende de muchos factores, entre los que se destacan:

- ▲ La topografía del terreno y la forma de la parcela.
- ▲ Las características físicas del suelo, en particular las relativas a su capacidad para almacenar el agua de riego.

▲ Tipo de cultivo, del que es imprescindible conocer sus requerimientos de agua para generar producciones máximas, así como su comportamiento en situaciones de falta de agua.

▲ La disponibilidad de agua y el precio de la misma.

▲ La calidad del agua de riego.

▲ El clima.

▲ La disponibilidad de mano de obra.

▲ El costo de las instalaciones de cada sistema de riego, tanto en lo que se refiere a inversión inicial como en la ejecución de los riegos y mantenimiento del sistema.

▲ El efecto en el medio ambiente.

Existen bastantes tipos de sistemas o variantes, cuya elección se realizara teniendo en cuenta aspectos mas particulares.

En la actualidad distinguimos tres métodos de riego utilizados:

▲ Riego por superficie.

▲ Riego por aspersión.

▲ Riego localizado

TIPOS DE SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO SEGUN EL EMISOR

Riego por goteo

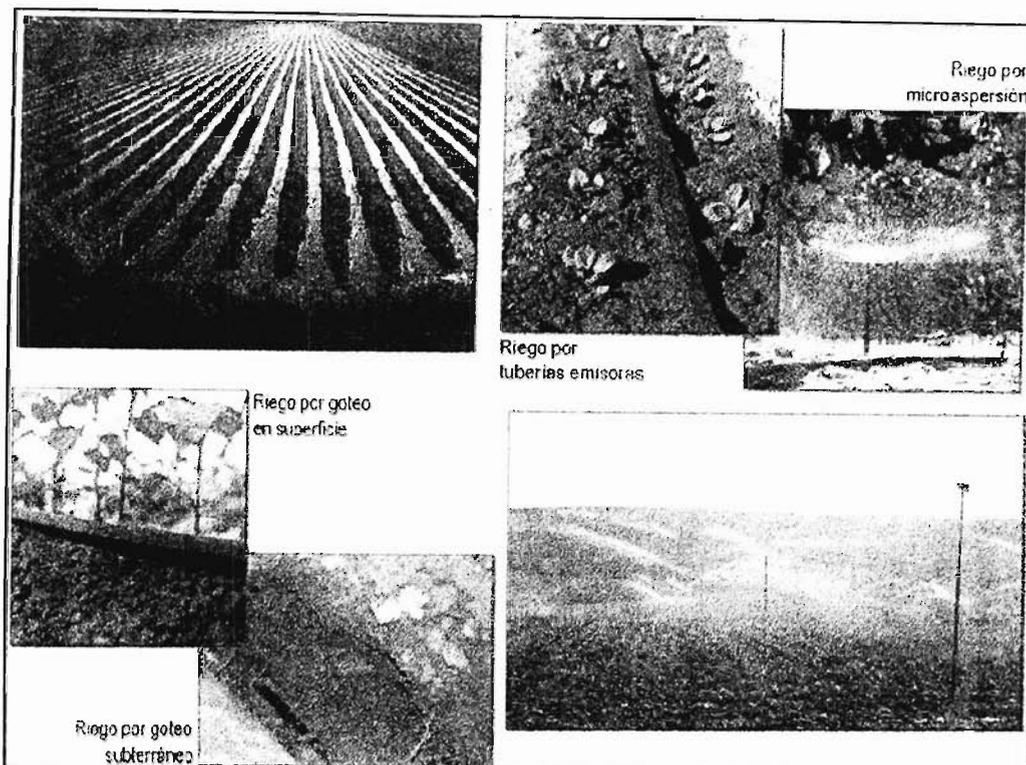
- En superficie
- Subterráneo

Riego por tuberías emisoras

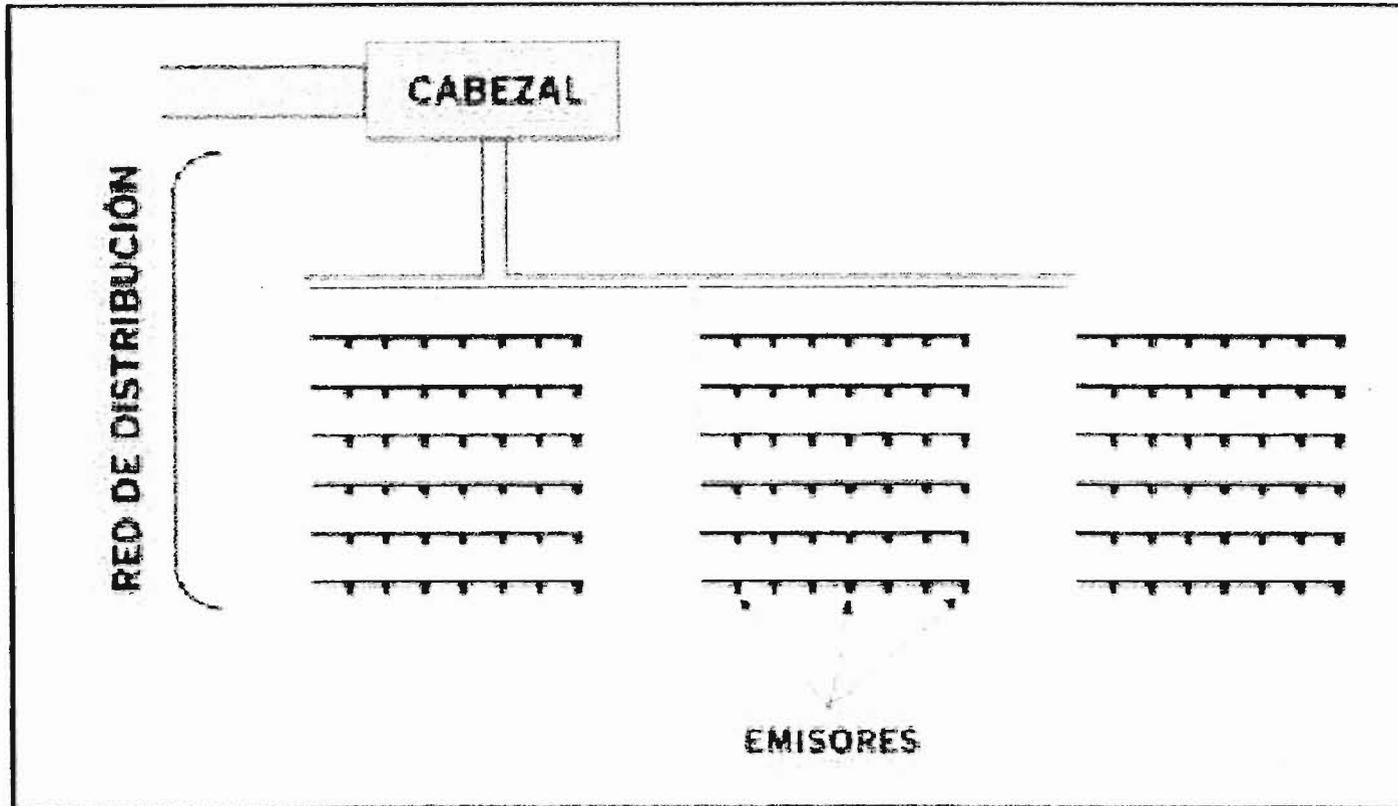
- Tuberías goteadoras
- Tuberías exudantes

Riego por microaspersión y microdifusión

- Microaspersores
- Microdifusores
- Microjets

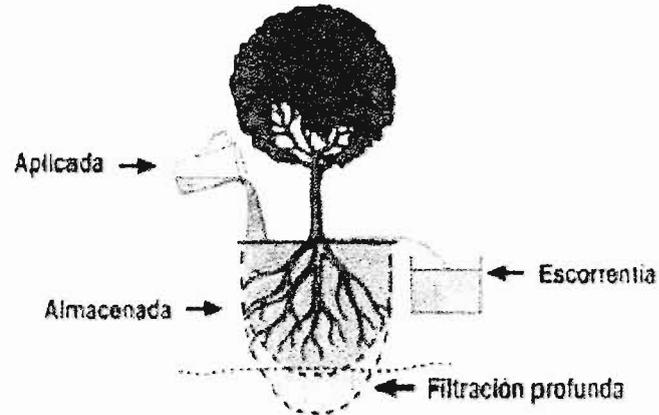


COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN DE RIEGO LOCALIZADO



EFICIENCIA DE APLICACIÓN

Aplicada = Filtración profunda + Almacenada + Escorrentia



$$E_a = \frac{\text{Almacenada}}{\text{Aplicada}} \times 100 = 100 - \text{relación de escorrentia} - \text{relación de filtración}$$

METODOS DE RIEGO	EFICIENCIA DE APLICACION (%)
Tendido	30
Surcos	45
Bordes rectos	50
Bordes en contorno	60
Pretilos	60
Tazas	65
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Goteo	90

Tabla N° 1, de eficiencia aproximada de aplicación del agua según el método de riego utilizado. (reglamento ley N° 18.450).

Concepto sobre diseño y manejo de riego tecnificado

- ▲ Eficiencia (η)
- ▲ Evapotranspiración del cultivo (Etc)
- ▲ evapotranspiracion referencial (Eto)
- ▲ Coeficiente del cultivo (Kc)
- ▲ Factor de cubrimiento (F)
- ▲ Demanda de agua del cultivo (DA)

Como determinar la demanda de agua de los cultivos

La demanda de agua o evapotranspiración del cultivo, depende del estado de desarrollo en que se encuentre el vegetal, de las condiciones de clima, suelo y agua.

Una forma practica de determinar la demanda es a través de la bandeja de evaporación clase A y la otra es a través de registros de datos meteorológicos.

Método de la bandeja:

$$Etc = EB \times Kp \times Kc \text{ (mm/día)}$$

donde:

- Etc: Evaporación del cultivo en mm/día.
- EB: Evaporación desde la bandeja en mm/día.
- Kp: Coeficiente de la bandeja.
- Kc: Coeficiente del cultivo.

Kp

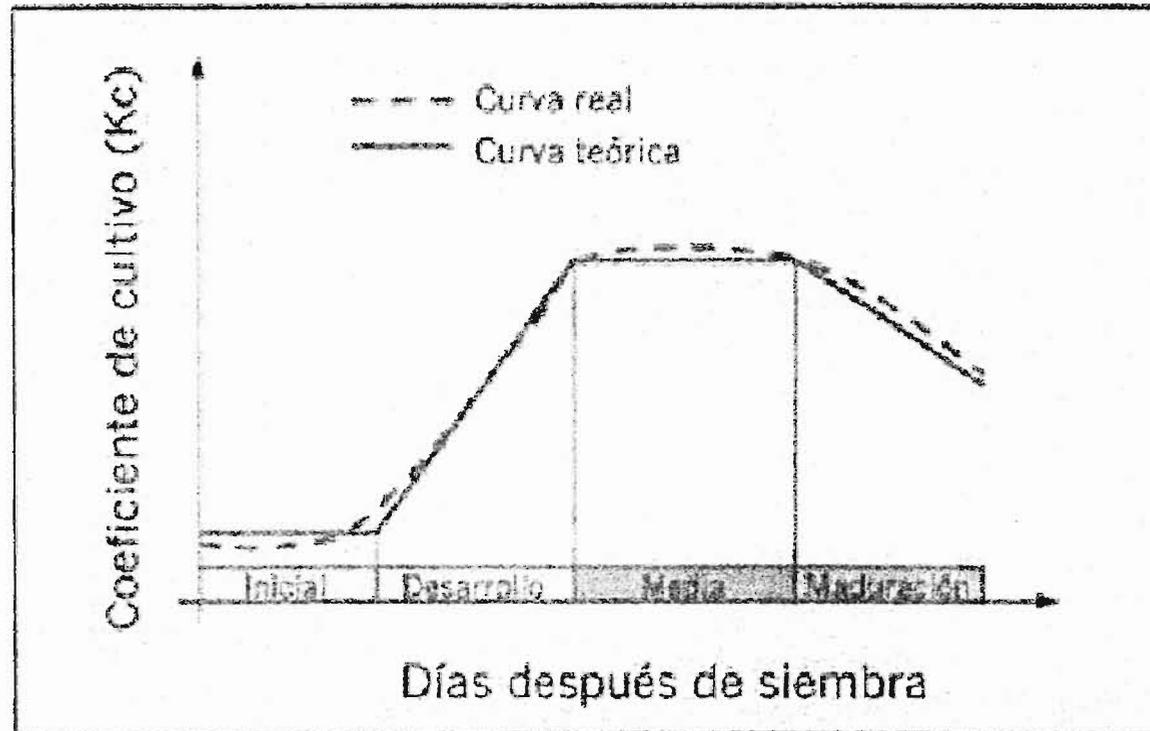
Kp es un factor característico la bandeja, depende del lugar donde este instalada.

Varia normalmente entre valores de 0.6 y 0.8.



K_c es un factor que varia según el tipo de cultivo y las distintas etapas de desarrollo.

CURVAS REAL Y TEÓRICA DEL COEFICIENTE DE CULTIVO

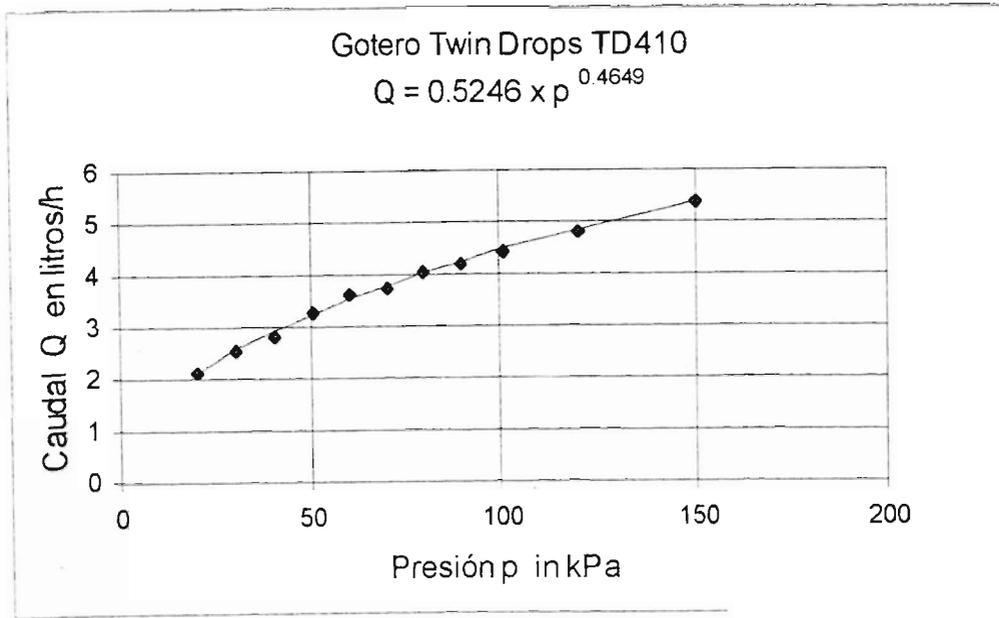


FASES DEL DESARROLLO DEL CULTIVO

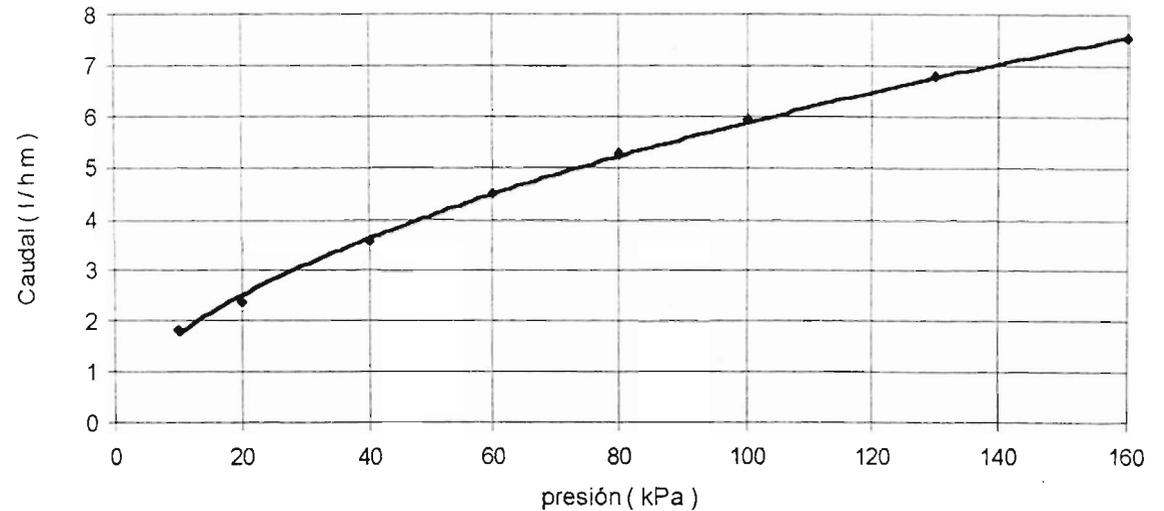
Cultivo	Inicial	Desarrollo del cultivo	Mediados del periodo	Finales del periodo	Cosecha	Perd.total Vegetativo
Poroto:						
Poroto verde	0.30-0.40	0.65-0.75	0.95-1.05	0.90-0.95	0.85-0.95	0.85-0.90
Poroto seco	0.30-0.40	0.70-0.80	1.05-1.20	0.65-0.75	0.25-0.30	0.70-0.80
Repollo	0.40-0.50	0.70-0.80	0.95-1.10	0.90-1.00	0.80-0.95	0.70-0.80
Cebolla:						
Cebolla seca	0.40-0.60	0.70-0.80	0.95-1.10	0.85-0.90	0.75-0.85	0.80-0.90
Cebolla verde	0.40-0.60	0.60-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.80
Arveja fresca	0.40-0.50	0.70-0.85	1.05-1.20	1.00-1.15	0.95-1.10	0.80-0.95
Morrón fresco	0.30-0.40	0.60-0.75	0.95-1.10	0.85-1.10	0.80-0.90	0.70-0.80
Tomate	0.40-0.50	0.70-0.80	1.05-1.25	0.80-0.95	0.60-0.65	0.75-0.90
Sandia	0.40-0.50	0.70-0.80	0.95-1.05	0.80-0.90	0.65-0.75	0.75-0.85
Maíz:						
Maíz dulce	0.30-0.50	0.70-0.90	1.05-1.20	1.00-1.15	0.95-1.10	0.80-0.95
Maíz grano	0.30-0.50	0.70-0.85	1.05-1.20	0.80-0.95	0.55-0.60	0.75-0.90
Papa	0.40-0.50	0.70-0.80	1.05-1.20	0.85-0.95	0.70-0.75	0.75-0.90
Tabaco	0.30-0.40	0.70-0.90	1.00-1.20	0.90-1.00	0.75-0.85	0.85-0.95
Trigo	0.30-0.40	0.70-0.80	1.05-1.20	0.65-0.75	0.20-0.25	0.80-0.90
Alfalfa	0.30-0.40				1.05-1.20	0.85-1.05
Vid	0.35-0.55	0.60-0.80	0.70-0.90	0.60-0.80	0.55-0.70	0.55-0.75
Cítricos:						
Desmalezado						0.65-0.75
Sin desmalezar						0.85-0.90
Olivo						0.40-0.60
Palto						0.60-0.80
Durazno	0.45	0.80	1.15	1.05	0.85	0.80
Almendro	0.45	0.80	1.15	1.05	0.85	0.80
Nogal	0.45	0.80	1.15	1.05	0.85	0.80

Tabla N° 2: De coeficiente del cultivo (Kc).

Relacion caudal / presion



Cinta Chapin Single



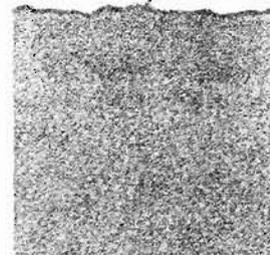
BULBO HÚMEDO

“Zona del suelo humedecida por un emisor de riego localizado”

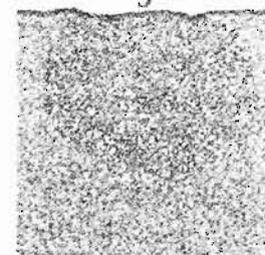


Porción de suelo mojado

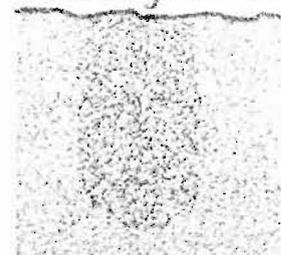
EL BULBO HÚMEDO SEGÚN EL TIPO DE SUELO



Suelo Arcilloso



Suelo Franco



Suelo Arenoso

Taller Riego Tecnificado

1. Demanda de agua

Punto de partir:

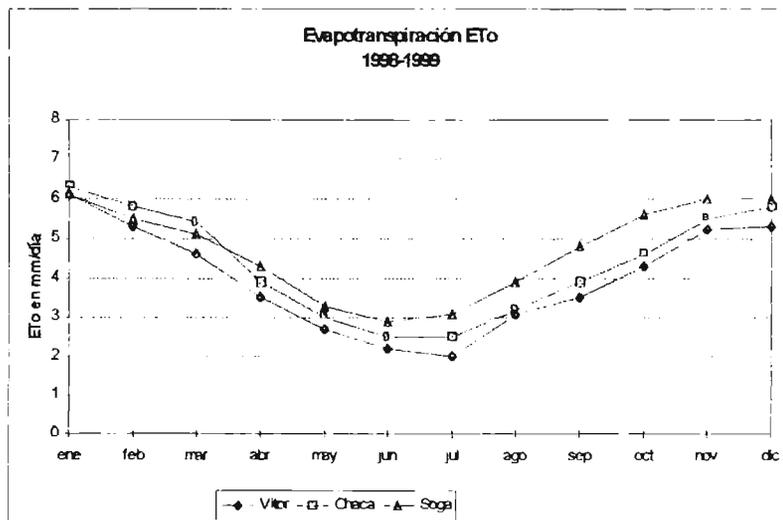
Evapotranspiración Eto de un cultivo referencial

Medición de Eto a través de:

- Evaporación de bandeja
- Datos meteorológicos

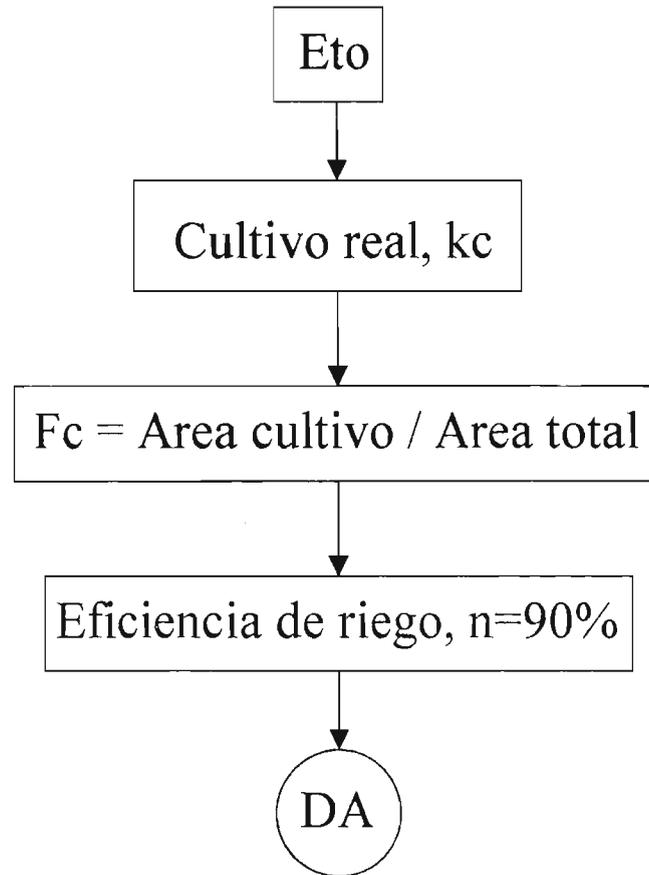


Centro Tecnológico Nuevos Horizontes



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

Demanda de agua, DA, hortalizas:



$$DA = Eto * Kc * Fc / n$$

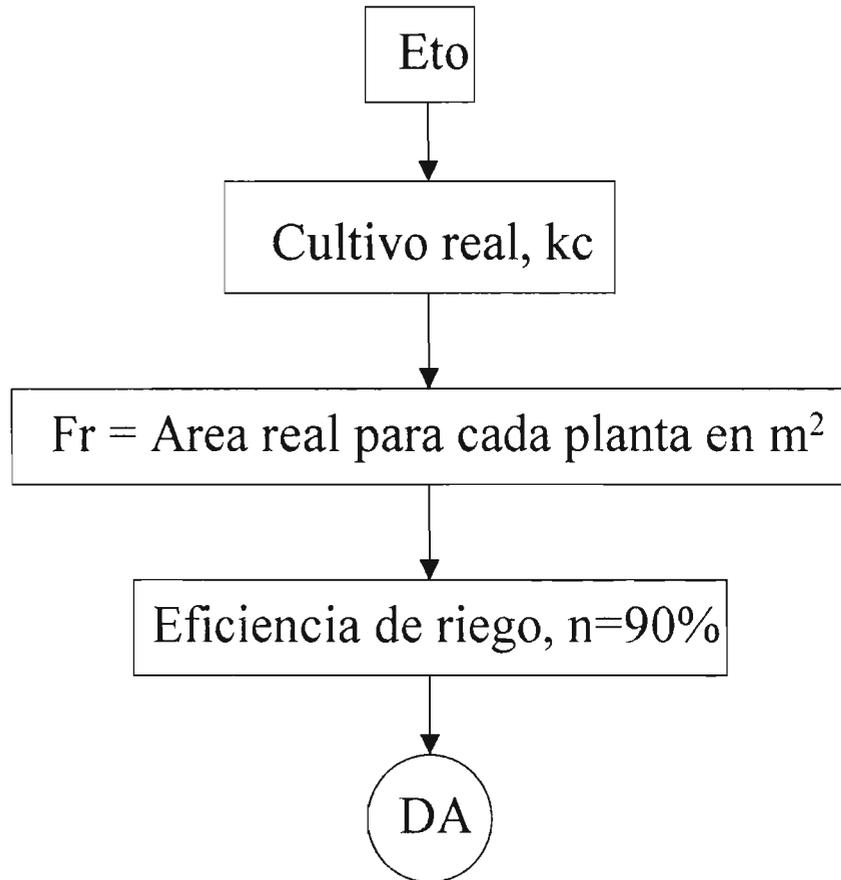
Unidades: mm/día

litros/(m² y día)

m³/ (ha y día)



Demanda de agua, DA, frutales etc.:



$$DA = Eto * Kc * Fr / n \quad \text{Unidad: litros/(planta y día)}$$



Demanda de agua, ejemplos, San Miguel de Azapa

1. Poroto verde

	Unidad	abril	mayo	junio
Eto	mm/día	?	?	?
Kc	-	0,4	1,05	0,95
F real	-	0,2	0,5	0,7
n	-	0,9	0,9	0,9
DA	m ³ /ha día	?	?	?



Calidad del Agua para Riego

**Leonardo Figueroa Tagle
Laboratorista Químico
Diplomado en Gestión Ambiental
Asesor Profesional**

Calidad del Agua para Riego

Leonardo Figueroa Tagle
Laboratorista Químico
Diplomado en Gestión Ambiental
Asesor Profesional

¿Qué es el agua como materia?

- Compuesto químico de fórmula H_2O
- Es materia líquida, reconocida como solvente universal, capaz de **disolver** diversas materias, tanto inorgánicas (abonos como el nitrato de potasio), como orgánicas (abonos como la urea o colorantes de plantas).
- Es materia líquida con cuyo movimiento es capaz de **meteorizar** o erosionar materia sólida, como el suelo en la interacción respectiva.

¿Cuál es la importancia del agua como materia?

- El agua como compuesto químico es materia esencial para la vida, es indispensable, irremplazable en sus funciones para el normal desarrollo de las plantas.



¿Cuál es la importancia del agua como materia?

- En su interacción con la corteza terrestre o el suelo, disuelve las materias solubles, generando una **solución acuosa** de carácter electrolítica, siempre con presencia de sales disueltas, en la forma de cationes o iones de carga eléctrica positiva, por ejemplo el catión calcio Ca^{2+} y aniones o iones de carga eléctrica negativa, por ejemplo el anión cloruro Cl^- .

¿Cuál es la importancia del agua como materia?

- Paralelo a su acción disolvente, es capaz de actuar como medio de transporte de las materias que solubiliza, solutos o sólidos disueltos, en cualquier medio donde se le permita fluir y entre distintos sustratos del medio ambiente (superficie del suelo, perfil del suelo, interior del tejido vegetal: Raíz, tallo, hoja, flor, fruto).

¿Cuál es la importancia del agua como materia?

- En su acción de meteorización del suelo, es decir la acción de disminuir el tamaño a sus partículas sólidas, es capaz de transportar aquellas materias sólidas que no son solubles, sólidos no disueltos, generando una solución turbia, que "aclara" o decanta con facilidad cuando los sólidos son arena o que permanece en suspensión cuando los sólidos son arcilla.

¿Cuáles son algunos de los iones que forman la solución electrolítica del agua?

• Cationes:

- Sodio Na^{1+}
- Calcio Ca^{2+}
- Magnesio Mg^{2+}
- Potasio K^{1+}
- Litio Li^{1+}
- Cobre Cu^{2+}
- Hierro $Fe^{2,3+}$
- Manganeso Mn^{2+}
- Zinc Zn^{2+}
- Protón H^{1+}

• Aniones:

- Cloruro Cl^{1-}
- Sulfato SO_4^{2-}
- Nitrato NO_3^{1-}
- Bicarbonato HCO_3^{1-}
- Carbonato CO_3^{2-}
- Fosfato ácido $H_2PO_4^{1-}$
- Borato $B(OH)_4^{1-}$
- Arseniato $H_2AsO_4^{1-}$
- Hidróxido OH^{1-}

¿Qué propiedades están relacionadas con los iones y su concentración en la solución acuosa?

- El grado de acidez o alcalinidad: *pH*
- La capacidad de conducir la corriente eléctrica: *CE* (conductividad eléctrica).
- La presión osmótica: *PO*
- La salinidad: *STD o RSF*
- El potencial redox: E_h
- La dureza: *Total, temporal, permanente.*
- Iones en equilibrio: [Cationes] = [Aniones]

¿Por qué se debe tener en cuenta la calidad del agua para uso en riego?

- Porque afecta:
 - ⇒ al *suelo* que riega.
 - ⇒ al *estanque de almacenamiento.*
 - ⇒ al *medio de riego tecnificado*: Cinta, gotero, aspersor.
 - ⇒ a la *solución de fertirrigación.*
 - ⇒ a la *planta regada.*

¿Cómo afecta al suelo? A)

- Generando *la solución del suelo*: Disuelve las sales solubles del suelo y aporta con las propias que transporta. Es un efecto vital en la disponibilidad de los iones del suelo para ser absorbidos por la planta. Puede ser un efecto negativo o positivo según las magnitudes de las propiedades asociadas a la solución acuosa del suelo que se genera.

¿Cómo afecta al suelo? B)

- Eventualmente *dispersando los agregados* del suelo: Si existe un suelo de baja salinidad y éste se riega con agua también de baja salinidad, el agregado se dispersa en sus componentes, generando turbidez en la solución por suspensión de arcillas, de carga negativa superficial, las que se repelen entre sí. Las partículas tapan los poros del suelo y disminuyen su capacidad de drenaje.

¿Cómo afecta al suelo? C)

- Si el agua es de **pH básico o alcalino** o el propio suelo contiene sales que se hidrolizan alcalinamente, se disuelve la materia orgánica del agregado del suelo, la que enlaza a los apartados del suelo, arena, limo y arcilla, generando arcillas en suspensión, y con ello disminuyendo la capacidad de drenaje del suelo.

¿Cómo afecta al estanque de almacenamiento?

- **Proporcionando nutrientes para los microorganismos que transporta:** Con la radiación solar, más el bajo movimiento de la masa de agua acumulada y los nutrientes que el agua contiene, es posible que se genere un aumento de las colonias de microalgas que dificultan el riego tecnificado al disminuir el flujo del agua en el sistema.

¿Cómo afecta al medio de riego tecnificado?

- **Disminuyendo la abertura de salida** del agua del sistema: La presencia de cationes calcio y magnesio, que otorgan la propiedad de **dureza del agua**, durante las etapas de "no riego", se unen a los aniones carbonatados, fosfatados y sulfatados, generando sales poco solubles o insolubles en agua, tapando las aberturas del sistema de riego.

¿Cómo afecta a la solución de fertirrigación?

- **Aumenta nutrientes a la formulación:** Si no se considera el aporte de nutrientes que proporciona el agua de riego. En algunos casos, el aporte resulta incontrolable porque el agua en sí misma aporta con más de lo que la propia fórmula recomienda.
- Puede generar cambios de E_h y con ello cambios en especies químicas: $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$

¿Cómo afecta a la planta regada?

- ***Aumentando el estrés hídrico:*** Si el agua de riego es muy salina, aumenta la PO de la solución de riego y con ello la planta pierde agua de sus tejidos celulares.
- ***Por aporte de tóxicos específicos:*** Eventualmente una concentración elevada de cloruro, sodio, borato, litio, pueden frente a plantas sensibles generar toxicidad causando mal desarrollo hasta muerte.

¿Cómo se determina la calidad del agua para riego?

- **Mediante análisis químico instrumental y clásico:**

- Volumetría.
- Emisión atómica.
- Absorción atómica
- Potenciometría.
- Conductometría
- Absorción molecular.

- **Según la especificidad de lo requerido, ya que, la *Calidad es relativa:***

- Estándar normalizado.
- Tipo de riego.
- Tipo de suelo.
- Especie o variedad cultivada.

Datos típicos obtenidos y su análisis de validez

VALIDACION DEL ANALISIS DE AGUA

Muestra: Caleta Vitor					
Parámetro	mg/l	meq/l	mM/l	% de CE	suma %
pH =	7,25				
CEmS/cm 25°C =	1,22				
RSF mg/l =	860,00				
Calcio mg/l =	107,00	5,34	2,67	43,76	
Magnesio mg/l =	15,20	1,25	0,63	10,25	suma %
Sodio mg/l =	121,00	5,26	5,26	43,12	cationes
Potasio mg/l =	16,60	0,42	0,42	3,48	100,62
Sulfato mg/l =	433,00	9,02	4,51	73,94	
Cloruro mg/l =	109,70	3,09	3,09	25,36	
Bicarbonato mg/l =	50,00	0,82	0,82	6,72	suma %
Carbonato mg/l =	0,00	0,00	0,00	0,00	aniones
Nitrato mg/l =	4,15	0,07	0,07	0,55	suma %
SUMATORIA	856,65				106,57
STD o RSF calc.	831,24				6,72
SUMA ANIONES		13,00			
SUMA CATIONES		12,28			
BALANCE B		1,06 Aceptable si = + ó - 2% a 5% de >10meq/l			

Evaluación de Calidad sin asociar a suelo ni cultivo específico.

Agua de buena calidad en relación a la realidad de las subterráneas pertenecientes a la cuenca de Azapa. Se destaca su baja concentración del elemento Boro. Su riesgo a la salinización del suelo es alto (C3), puede ser disminuido con eficiencia de acuerdo a una técnica de riego adecuada. Su riesgo a la sodificación del suelo es bajo (S1). Su salinidad potencial es Condicionada a la tolerancia del cultivo que se riegue.

Calidad Agua Vertiente

<u>Parámetro</u>	<u>Valor</u>
pH	7,18
CE mS/cm 25°C	0,24
Na ⁺ mg/L	33,95
K ⁺ mg/L	10,95
Ca ²⁺ mg/L	4,21
Mg ²⁺ mg/L	3,65
Li ⁺ mg/L	0,25
Cl ⁻ mg/L	10,28
SO ₄ ²⁻ mg/L	39,36
NO ₃ ⁻ mg/L	2,42
HCO ₃ ⁻ mg/L	65,27
CO ₃ ²⁻ mg/L	0,00
RAS	2,92
PSI	2,96
Salinidad Potencial	0,7
B mg/L	0,01
STD mg/L	175
Dureza mg/L CaCO ₃	26

Agua Caracarani Junio 1999

Calidad Agua Vertiente Putaraya en Quebrada Camarones

<u>Parámetro</u>	<u>Valor</u>
pH	6,5
CE mS/cm 25°C	1,056
Cl ⁻ mg/L	196,9
SO ₄ ²⁻ mg/L	126,4
HCO ₃ ⁻ mg/L	74
CO ₃ ²⁻ mg/L	0
NO ₃ ⁻ mg/L	0,27
H ₂ PO ₄ ⁻ mg/L	0,16
Na ⁺ mg/L	130,8
NH ₄ ⁺ mg/L	0
K mg/L	12,3
Ca mg/L	53,3
Mg mg/L	3,2
RAS	4,7
B mg/L	2,4
STD mg/L	832

Calidad agua pozo Pica Iquique

Parámetro	Valor
pH	8,60
CE mS/cm 25°C	1,26
Na ⁺ mg/L	176,0
K ⁺ mg/L	14,9
Ca ²⁺ mg/L	39,7
Mg ²⁺ mg/L	0,97
Cl ⁻ mg/L	102,1
SO ₄ ²⁻ mg/L	219,8
NO ₃ ⁻ mg/L	3,1
HCO ₃ ⁻ mg/L	98,8
CO ₃ ²⁻ mg/L	30
H ₂ PO ₄ ⁻ mg/L	0,0
B mg/L	1,5
RAS	7,5
PSI	9,0
CSR	1
% (HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻)	25,9
Salinidad Potencial	5,2
STD mg/L	890
Dureza mg/L CaCO ₃	103

Calidad Agua Pozo Azapa km 4,5

Parámetro	Valor
pH	7,5
CE mS/cm 25°C	3,3
Na ⁺ mg/L	158,0
K ⁺ mg/L	16,8
Ca ²⁺ mg/L	477,0
Mg ²⁺ mg/L	52,3
Cl ⁻ mg/L	659,4
SO ₄ ²⁻ mg/L	412,8
NO ₃ ⁻ mg/L	41,5
HCO ₃ ⁻ mg/L	311,1
CO ₃ ²⁻ mg/L	0,0
H ₂ PO ₄ ⁻ mg/L	0,0
B mg/L	0,9
RAS	1,8
PSI	1,4
CSR	0
% (HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻)	15,5
Salinidad Potencial	23
STD mg/L	2.130
Dureza mg/L CaCO ₃	1.405,0

FERTIRRIGACIÓN

Preparado por:

Jorge Alache González
Ingeniero agrónomo

CETECNHO LTDA.

Arica, Enero de 2003

FERTIRRIGACIÓN

I. INTRODUCCIÓN

La extrema aridez del norte de Chile en general y de la provincia de Arica en particular y, en consecuencia la necesidad imperiosa de optimizar el uso de recurso hídrico ha obligado a la agricultura intensiva de esta región a incorporar progresivamente el uso de técnicas de riego de alta eficiencia, como una forma de mejorar la competitividad de los cultivos. Esto se ha verificado principalmente en los centros productivos de mayor rentabilidad en las nuevas explotaciones y lentamente empieza a surgir también en sectores con mayores limitaciones de suelo, agua y clima. Sin embargo, en general estas instalaciones no están siendo usadas correctamente o no se les aprovecha en todo su potencial; razón por la cual se decidió abordar estos temas en el presente curso- taller.

La mayor parte de los sistemas de riego tecnificados en uso en la región corresponden al tipo "localizado de alta frecuencia", ya sea mediante el uso de goteros, cintas de riego, microjet, microaspersores u otros emisores. Este presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional en relación con la utilización de aguas salinas y al ahorro de agua. Sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que las mayores posibilidades de este sistema de riego se centran en su utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes. Es decir, que ofrece la posibilidad de realizar una fertilización día a día, en función del proceso fotosintético y exactamente a la medida de un cultivo, un sustrato y un agua de riego determinados y para unas condiciones ambientales definidas.

Por otra parte la dosificación de fertilizantes distribuida durante todos los días del ciclo de cultivo permite hacer frente a los posibles problemas de contaminación que pueden originarse por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo o sustrato. Aspecto de gran importancia en la actualidad en el mercado de exportación dada la exigencias internacionales y, que sin duda en el mediano plazo serán también exigencias del mercado nacional.

El sistema de fertirrigación es, hoy por hoy, el método más racional para realizar una fertilización optimizada y respetando el medio ambiente dentro de la denominada Agricultura Sostenible.

II. DESCRIPCIÓN

Fertirrigación o fertigación, es el proceso mediante el cual los fertilizantes o elementos nutritivos que necesita una planta son aplicados junto con el agua de riego. Por otro lado cuando se aplica otro tipo de productos químicos tales como: herbicidas, insecticidas fumigantes de suelo, acondicionadores de suelo y compuestos para limpieza de la red, se usa el término "quemigación".

2.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Entre las ventajas del sistema de fertirrigación podemos citar:

- Dosificación racional de fertilizantes.
- Ahorro considerable de agua.
- Utilización de aguas de riego de baja calidad.
- Nutrición optimizada del cultivo y por lo tanto aumento de rendimientos y calidad de los frutos o producto.
- Control de la contaminación.
- Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes.
- Alternativas en la utilización de diversos tipos de fertilizantes: simples y complejos cristalinos y disoluciones concentradas.
- Fabricación "a la carta" de fertilizantes concentrados adaptados a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas durante todos y cada uno de los días del ciclo de cultivo. Las aplicaciones pueden hacerse al ritmo que el cultivo lo necesita en las fases de crecimiento vegetativo, floración, cuajado y postcosecha (cultivos anuales) o brotación, desarrollo, crecimiento, floración, cuaja, llenado de frutos, dormancia y senescencia (frutales).
- Automatización de la fertilización.

Entre los posibles inconvenientes del sistema de fertirrigación podemos citar:

- Alto costo inicial de infraestructura.
- Obturación de goteros.
- Manejo por personal especializado.

Las grandes ventajas que aporta el sistema de fertirrigación compensan sobradamente los inconvenientes citados que, por otra parte, pueden tener una solución relativamente simple. El costo inicial se puede amortizar en poco tiempo y la obturación de goteros se puede evitar si se sigue una tecnología de fertirrigación adecuada. El problema de formación del personal se puede resolver mediante cursos de formación y obras de divulgación escritas por los especialistas que puedan informar de sus propias experiencias.

2.2. SISTEMAS DE RIEGO APTOS PARA LA FERTIRRIGACIÓN

La diferencia fundamental entre los diversos métodos de riego es su eficiencia, es decir, la cantidad de agua utilizada directamente por la planta con relación al total de agua aplicada al potrero. La tabla N°1 muestra la eficiencia promedio de diferentes métodos de riego.

Los métodos de riego gravitacionales son menos eficientes y en promedio, por cada 100 litros de agua aplicados al cultivo, alrededor de 40 a 50 son efectivamente utilizados por la planta, el resto se pierde por escurrimiento superficial y/o percolación profunda. Por el contrario, los métodos de riego presurizados son más eficientes y se aprovecha casi la totalidad del agua aplicada.

Los fertilizantes tienen un costo importante y perder la mitad de todo lo que se aplica es un verdadero derroche de dinero. En lo que a uso y aplicación de fertilizantes se refiere, se debe ser muy eficiente y ojalá no desperdiciar nada. Es por este motivo que la fertirrigación sólo se practica comercialmente en métodos de riego presurizados en donde existe la seguridad de aprovechar al máximo todo el insumo.

Tabla N°1 Eficiencia de los métodos de riego

Tipo	Método de riego	Eficiencia (%)
Gravitacional	Tendido	30
	Surcos	45
	Bordes	50
	Tazas	65
	Surcos en contorno	65
Presurizado	Aspersión	75
	Micro-aspersión	85
	Goteo	90
	Cinta	90

El riego localizado, ya sea goteo, cinta, micro-aspersión o micro-jet brinda la oportunidad óptima para la aplicación de fertilizantes y agroquímicos a través del sistema de riego. Las raíces se desarrollan intensivamente en un volumen reducido de suelo, en donde el agua y los nutrientes se encuentran fácilmente. Este es el mejor escenario que puede tener el cultivo para expresar todo su potencial, lo que más tarde se traducirá en altas producciones ya sea por planta individual así como en todo el predio.

2.3. PROCESO DE FERTIRRIGACIÓN

La solución formada por agua y algún fertilizante se prepara en un balde tambor o recipiente, esta recibe el nombre de "solución madre" que es inyectada al sistema de riego. La mezcla de agua y solución madre recibe el nombre de "solución fertilizante" y es la que circula por las tuberías. Posteriormente la solución es localizada en el suelo muy cerca de las raíces, la cual da lugar a otra solución (solución suelo), que es la que alimenta la planta.

No obstante es conveniente separar por lo menos tres disoluciones concentradas de fertilizantes, una que contenga los macronutrientes con excepción de Calcio, otra que contenga las sales de Calcio en forma exclusiva y un tercero que incluya los micronutrientes. En otro depósito complementario se almacena el ácido cuya misión es, fundamentalmente la de destapar goteros cuando sea necesario. En muchos casos la disolución de ácido se utiliza para realizar lavados sistemáticos al final de cada fertirrigación. La posibilidad de mezclar el segundo depósito para las sales de Ca y los micronutrientes puede considerarse cuando su almacenamiento no es prolongado y con un pH entre 4,5 y 6. En cualquier caso, la utilización de un depósito para los micronutrientes es más seguro para la estabilidad de los correspondientes quelatos.

III. LAS PLANTAS Y SU NUTRICIÓN

Raíces y absorción: el sistema radical de las plantas está formado por las raicillas, raíces suberizadas y la raíz primaria lignificada. Las raicillas, cuyo tamaño aproximado es entre 1 y 10 mm, su función es absorber el agua y los nutrientes. Son de color blanco y se mantienen en función entre 20 a 30 días. Proliferan durante todo el ciclo y en especial en los períodos de prefloración y poscosecha. Las raíces suberizadas tienen un tamaño de entre 1 y 10 cm, su función es absorber el agua (no nutrientes) y contribuyen en alguna medida al sostén de la planta; su color es café claro. La raíz principal, de color café oscuro, puede medir de 10 cm a 1m, su función principal es sostener a la planta, no absorbe nutrientes y absorbe un mínimo de agua.

Con un sistema radical abundante, vigoroso y sano, las plantas pueden absorber en forma más eficiente el agua y por consiguiente su alimento (nutrientes). Luego es importante favorecer un buen sistema radicular, por ejemplo, a través de la preparación del suelo, buen drenaje, evitando el tránsito excesivo, dando una buena nutrición, haciendo lavado de sales, evitando la acidificación, incorporando materia orgánica, realizando riegos adecuados, sin exceso ni falta de agua, controlando insectos y nematodos del suelo que destruyen las raíces, entre otros.

En un sistema de riego localizado las raíces restringen su desarrollo radicular al bulbo de mojado, generándose una acumulación de raíces cerca de la superficie. Es decir, exploran menos suelo que con los riegos tradicionales, por lo cual es muy necesario promover su desarrollo especialmente cuando se hace

fertirrigación. En la figura 1 se observa la gran acumulación de raicillas en la parte alta del suelo en clavel con fertirriego.

Las especies vegetales difieren en su potencial de generar raíces y también en la duración de su ciclo activo de absorción, por lo cual la capacidad de utilización de los nutrientes y del agua es muy distinta. Si las especies poseen un bajo potencial de producción de raíces la dependencia de la fertilización es mayor y por lo tanto es necesario favorecer el desarrollo de raíces y fortalecer la nutrición.

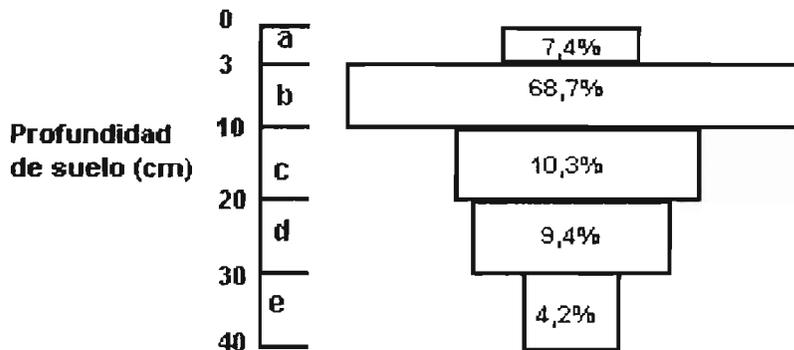


Figura 1. Distribución porcentual de raíces en clavel con fertirriego

En sistemas más intensos como es el fertirriego o la hidroponía se afecta el desarrollo de raíces, por lo que es necesario hacer una fertilización más precisa. Para ello se debe trazar un "plan estratégico nutricional", puesto que los errores en la fertilización tiene un efecto negativo mucho mayor, desaprovechándose el potencial de estos sistemas. En condiciones extremas, en suelos pobres o en sistemas de alta producción, el desafío es aún mayor respecto a las labores que se deben realizar para promover el desarrollo de raíces y la exactitud de las dosis de fertilizantes, dado que el aporte del suelo es proporcionalmente menor, siendo "0" en los sistemas hidropónicos.

Fenología de las plantas: la fertilización de los cultivos se basa en el conocimiento del ciclo de vida de una planta. Esta información es clave para planificar en forma precisa la fertilización del suelo, foliar y, especialmente, en fertirriego. En la fenología de las plantas se distinguen dos etapas o fases. La vegetativa y la reproductiva.

La fase vegetativa comprende cinco etapas: "latencia", activación, germinación y brotación, desarrollo y crecimiento.

La fase reproductiva en la vida de las plantas se inicia con la floración y se extiende hasta la poscosecha en las "perennes". La etapa de llenado de fruto es la más relevante de esta fase que en general comprende: floración, cuaja, llenado de fruto, "pinta", cosecha y poscosecha.

3.1. REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES

Para cumplir con sus necesidades metabólicas y construir sus tejidos las plantas requieren de 17 elementos (átomos) con el níquel recientemente incorporado (Tabla 2). Cada uno tiene una función única y específica. Se les denomina nutrientes esenciales porque si uno de ellos les falta, las plantas no pueden cumplir su ciclo vital. Los más abundantes en la planta son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, que son suministrados por el aire y el suelo: los que la planta usa en mayor cantidad son los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre), y los que utiliza en menor cantidad los micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, níquel, molibdeno, boro y cloro). También están los elementos, que sin ser esenciales son benéficos en algunos cultivos, como el sodio, silicio, cobalto y vanadio.

Tabla 2. Nutrientes esenciales y contenido aproximado en los tejidos de las plantas cultivadas.

Elemento esencial	Símbolo químico	Nivel promedio en la planta (% o ppm)	Clasificación
Carbono	C	89-90%	Aportados por el aire y agua
Hidrógeno	H		
Oxígeno	O		
Nitrógeno	N	2-3%	Macronutrientes primarios
Fósforo	P	0,5%	
Potasio	K	3-5%	
Calcio	Ca	0,6%	Macronutrientes secundarios
Magnesio	Mg	0,3%	
Azufre	S	0,4%	
Hierro	Fe	50-250 ppm	Micronutrientes metálicos
Manganeso	Mn	20-500 ppm	
Zinc	Zn	25-50 ppm	
Cobre	Cu	5-20 ppm	
Níquel	Ni	0,1-1,0 ppm	
Molibdeno	Mo	0,2-1,0 ppm	
Boro	B	20-30 ppm	Micronutrientes no metálicos
Cloro	Cl	0,01-0,5%	
Sodio	Na	0,01-10%	Elementos benéficos
Silicio	Si	0,2-2,0%	
Cobalto	Co		
Vanadio	V		

Nutrición completa y balanceada: Ley del mínimo. Concepto básico para la fertilización de los cultivos que implica que la planta debe disponer de todos los nutrientes que necesita para sus tejidos y funciones metabólicas, en la proporción en que estos nutrientes están en sus tejidos. Cualquiera de ellos que falte o que esté bajo el mínimo pasará a ser el elemento limitante para una mayor productividad. No basta que exista abundancia de los demás nutrientes, si uno sólo está bajo el mínimo el sistema llega a su tope.

Absorción de nutrientes: Las plantas no absorben fertilizantes, estos que son moléculas se disocian en contacto con el agua y generan iones con carga y la planta al absorber con distintas cargas intenta mantener el pH de la savia, la cual es ácida y bordea entre 5,5 a 5,7.

Tabla 3. Forma en que las plantas absorben los nutrientes.

Elementos	Cationes (carga positiva)	Elementos	Aniones (carga negativa)
Potasio	K^+	Nitrógeno nítrico	NO_3^-
Calcio	Ca^{+2}	Fósforo en suelos Alcalinos	HPO_4^{-2}
Sodio	Na^+	Fósforo en suelos ácidos	$H_2PO_4^-$
Magnesio	Mg^{+2}	Azufre	SO_4^{-2}
Cobre	Cu^+	Cloro	CL^-
Hierro en suelos oxigenados	Fe^{+2}	Molibdeno	MoO_4^-
Hierro en suelos mal oxigenados	Fe^{+3}	Boro	HBO_3^{-2}
Manganeso	Mn^{+2}		$H_2BO_3^-$
Níquel	Ni^{+2}		BO_3^{-3}
Zinc	Zn^{+2}	Silicio	H_4SiO_4
Nitrógeno amoniaco	NH_4^+		

Sinergismo y antagonismo entre iones nutricionales. Las distintas cargas entre los nutrientes generan sinergismos (ayuda mutua) y antagonismos (inhibición mutua) que afectan la óptima disponibilidad para las plantas.

Es destacable el sinergismo nitrato/potasio y nitrato/amoniaco. Los primeros forman el Nitrato de Potasio, fertilizante fundamental en estrategias de nutrición especializada. Se produce el encuentro de dos macronutrientes primarios (nitrógeno y potasio) en su forma más importantes de absorción. El nitrato y el amoniaco, también son sinérgicos.

Tabla 4. Sinergismo y antagonismo entre iones.

Sinergismo	Catión	Anión
Cationes y aniones que se ayudan mutuamente para entrar a las plantas.	K ⁺ Mg ⁺² NH ₄ ⁺ Ca ⁺²	NO ₃ ⁻ NO ₃ ⁻ NO ₃ ⁻ NO ₃ ⁻
Antagonismo	Catión	Anión
Cationes y aniones que producen precipitados insolubles por una alta afinidad de cargas.	Ca ⁺² Ca ⁺² Mg ⁺² Zn ⁺² Ca ⁺²	HPO ₄ ⁻² SO ₄ ⁻² SO ₄ ⁻² HPO ₄ ⁻² BO ₃ ⁻²
Antagonismo	Catión	Catión
Cationes que compiten entre sí para entrar a la planta.	K ⁺ Na ⁺ NH ₄ ⁺ NH ₄ ⁺ NH ₄ ⁺ K ⁺ Ca ⁺²	Ca ⁺² Mg ⁺² K ⁺ Ca ⁺² Mg ⁺² Mg ⁺² Mg ⁺²
Antagonismo	Anión	Anión
Aniones que compiten entre si para entrar a la planta.	Cl ⁻ Cl ⁻ Cl ⁻ SO ₄ ⁻²	H ₂ PO ₄ ⁻² NO ₃ ⁻ SO ₄ ⁻² NO ₃ ⁻

Destacan los precipitados que forma habitualmente el calcio con el azufre, fósforo y boro. Es frecuente que esto ocurra en suelos y aguas. También es importante la deficiencia de zinc ante un exceso de fosfato en el suelo, por el mismo efecto.

Importante es el antagonismo de ión amonio sobre los nutrientes calcio, magnesio, y potasio. Un uso masivo y desbalanceado de fertilizantes amoniacales o urea, suelen afectar seriamente la nutrición cálcica, magnésica y potásica de los cultivos.

Es necesario mencionar el antagonismo que ejerce el ion cloruro (abundante en fertilizantes como cloruro de potasio) en iones tan relevantes para la nutrición como el nitrato, el fosfato y el sulfato. Esto es más importante aun en cultivos de alta productividad, donde un exceso del ion cloruro afecta más gravemente la nutrición balanceada. Aquí es necesario mencionar el rol que juega el ion acompañante, antes de decidir que materia prima se elige para aportar un nutriente determinado.

3.2. FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS

Nitrógeno: Es fundamental en el crecimiento y producción, forma parte de un gran número de compuestos orgánicos necesarios, incluyendo aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila.

Fósforo: Forma parte también de muchos compuestos orgánicos importantes, donde se incluyen la glucosa, ATP, ácidos nucleicos, fosfolípidos y ciertas coenzimas. Estimula la brotación de los centros de crecimiento (meristemas), especialmente en raíces, permanece la formación de semillas y aporta energía durante la fotosíntesis y transporte de carbohidratos.

Potasio: Actúa como coenzima o activador de núcleos enzimáticos (+ de 60 complejos enzimáticos); la síntesis de proteínas requiere altos niveles de potasio. El potasio no forma parte estable en la estructura de ninguna de las moléculas que se encuentran dentro de las células de las plantas. Importante en la regulación de la apertura y cierre de estomas y en el transporte de carbohidratos desde las hojas a los frutos.

Azufre: Está incorporado dentro de diversos compuestos orgánicos que incluyen aminoácidos y proteínas. La coenzima A y las vitaminas, tiamina y biotina contienen azufre.

Magnesio: Es parte esencial de la molécula de clorofila y es necesario para la actividad de muchas enzimas, incluyendo aquellos pasos más importantes de la actuación del ATP. Es esencial para mantener la estructura del ribosoma.

Calcio: Se encuentra a menudo precipitado como cristales de oxalato cálcico en las vacuolas. Se encuentra también en las paredes de la célula como pectato cálcico, el cual une las paredes primarias de las células adyacentes. Se precisa para mantener la integridad de la membrana y forma parte de la enzima alfa amilasa. Algunas veces interfiere la capacidad del Magnesio para activar las enzimas. Es de baja movilidad en el xilema y aún menor en el floema.

Hierro: Es necesario para la síntesis de la clorofila y es una parte esencial del citocromo, el cual actúa como portador de electrones en la fotosíntesis y en la respiración. Forma también parte esencial de la ferridoxina y posiblemente de la nitrato reductasa, activando también algunas otras enzimas.

Cloro: Es necesario para la fotosíntesis, donde actúa como activador de enzimas para la producción de oxígeno a partir del agua. Se le suponen otras funciones adicionales, ya que se ven claros los efectos de su deficiencia en las raíces.

Manganeso: Activa una o más enzimas en la síntesis de los ácidos grasos, así como en la enzima responsable de la formación de DNA y RNA activando también la enzima deshidrogenasa en el ciclo de Krebs. Participa directamente en la

producción fotosintética de O_2 a partir de H_2O y puede formar parte en la formación de la clorofila.

Boro: Su papel en las plantas no es bien conocido, se le atribuye participación en el transporte de carbohidratos en el floema, que interviene en la absorción y metabolismo de los cationes, especialmente del calcio, en la formación de las pectinas de las paredes celulares y en la síntesis de ácidos nucleicos. Agiliza la germinación del polen y posterior desarrollo del tubo polínico y participa en los procesos de división y elongación celular en los puntos de alta actividad metabólica (ápices de brotes y de raíces).

Cinc : Se precisa para la formación de la hormona del ácido indolacético. Activa las enzimas alcohol deshidrogenasa, ácido láctico deshidrogenasa ácido glutámico deshidrogenasa y carbopeptidasa.

Molibdeno: Actúa como portador de electrones en la conversión del nitrato de amonio y también es esencial en la fijación del N.

Cobre: Actúa como un portador de electrones y es parte de algunas enzimas. Forma parte de la plastocianina, la cual actúa en la fotosíntesis y también de oxidasa polifenol y posiblemente de la nitrato reductasa. Puede tomar parte en la fijación del N_2 .

Carbono: Constituyente de todos los compuestos orgánicos encontrados en las plantas.

Hidrógeno: Constituyente de todos los compuestos orgánicos en los cuales el carbono también se encuentra formado parte. Es muy importante su acción en el intercambio de cationes en las relaciones planta-suelo.

Oxígeno: Forma parte de la mayoría de los compuestos orgánicos de las plantas, solamente unos pocos de estos compuestos orgánicos como por ejemplo el Caroteno, no contienen oxígeno. También da lugar al intercambio de aniones entre las raíces y el medio exterior. Es por último, receptor terminal del H^+ en la respiración aeróbica.

Todos estos elementos excepto el oxígeno, hidrógeno y carbono, son absorbidos casi exclusivamente por las raíces e ingresan al sistema vascular por medio del agua.

Los requerimientos de macronutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio están determinados por la especie vegetal, por el período fenológico y por el nivel de producción esperado.

Para conocer la cantidad de fertilizante a aplicar y la distribución a lo largo de la temporada de cultivo es necesario disponer de información validada a las condiciones locales. En la mayoría de los casos, no es posible conseguirla, sin

embargo, es factible utilizar información bibliográfica desarrollada para otras zonas con altas probabilidades de éxito. La tabla 5 muestra la extracción de los principales macronutrientes en función de la producción obtenida para las principales hortalizas y algunos frutales.

La cantidad de nutrientes que requiere un cultivo puede ser suministrada por un fertilizante, por el suelo y por el agua de riego. Es conveniente evaluar el aporte de nutrientes por el suelo y el agua de riego. Para ello se debe obtener una muestra de suelo o agua según corresponda y enviarla a un laboratorio químico para su análisis.

Tabla 5. Extracciones medias de algunos cultivos hortícolas y frutales expresadas sobre la base de la producción (ton/ha) (Dominguez, 1996, otros autores)

Cultivo	Nivel de cosecha (ton/ha)	N (Kg/ton)	P ₂ O ₅ (Kg/ton)	K ₂ O (Kg/ton)	MgO (Kg/ton)
Ajo	6-15	8.0-13.0	4.0-6.0	8.0-15.0	s/i
Alcachofa	12-30	8.0-10.0	1.5-4.0	12.0-20.0	1.3-1.6
Berenjena	35-80	3.0-4.0	0.6-1.0	4.0-5.0	0.4-0.8
Cebolla	25-50	2.5-4.0	1.0-1.5	3.0-4.5	0.81.0
Coliflor	15-30	4.0-5.0	1.0-1.8	4.0-7.0	0.4-0.7
Espárrago	6-10	10.0-20.0	3.0-5.0	15.0-30.0	1.0-2.0
Espinaca	15-60	1.6-4.5	0.5-1.5	3.0-5.0	0.3-0.4
Frutillas	25-50	2.0-3.5	1.0-1.5	4.0-5.0	0.4-0.5
Lechuga	18-50	3.4-6.0	0.6-1.2	4.0-5.0	0.3-0.5
Melón	25-70	1.0-1.6	0.8-2.7	4.5-10.0	1.0-2.5
Pepino	40-300	3.5-4.5	0.7-0.9	2.6-3.2	0.2-0.5
Pimentón	35-100	12.0-20.0	0.8-1.2	4.0-7.0	0.5-0.9
Porotos Verdes	10-30	6.0-7.0	3.0-6.0	12.0-25.0	2.0-3.0
Repollo	25-50	3.0-7.0	1.0-2.0	7.0-8.0	0.7-0.9
Sandía	20-50	3.0-4.0	0.8-1.5	4.0-5.0	1.0-2.0
Tomate	25-200	2.5-4.0	0.5-1.0	3.0-7.0	0.4-1.0
Zanahoria	25-35	3.0-5.0	1.2-1.6	6.0-7.0	0.5-0.8
Olivo	15-20	6.2	1.5	11.2	s/i
Mango	15	6.7	1.7	7.3	5.0
Cítricos	30	9.0	2.0	11.7	1.3
Palto Fuerte	10	1.15	0.39	2.35	0.83

Tabla 6. Recomendaciones generales de fertilización (kg/ha) para hortalizas y algunos frutales en función de la producción esperada (toneladas) (Dominguez, 1996)

Cultivo	Nivel de cosecha (ton/ha)	N (Kg/ha)	P₂O₅ (Kg/ton)	K₂O (Kg/ha)
Ajo	6-15	60-200	60-120	100-200
Alcachofa	12-30	200-400	60-120	60-300
Berenjena	35-80	200-400	90-160	150-400
Cebolla	20-50	60-220	60-150	60-200
Coliflor	15-30	150-250	80-120	2120-240
Espárrago	6-10	120-200	50-100	100-200
Espinaca	15-60	60-180	30-90	50-150
Frutilla	25-50	100-240	50-100	150-300
Lechuga	18-50	60-180	30-90	50-150
Melón	15-70	150-350	50-150	100-450
Pepino	40-300	60-500	50-200	80-700
Pimenton (aire libre)	35-50	150-200	50-150	100-270
Pimentón (invernadero)	70-120	250-350	90-200	150-600
Porotos verdes	10-30	60-100	30-60	50-100
Repollo	25-50	100-200	60-120	100-200
Sandía	20-50	80-300	60-200	80-400
Tomate (aire libre)	45-80	150-250	40-150	80-300
Tomate (invernadero)	80-200	250-600	100-200	300-750
Zanahoria	25-35	80-160	30-100	100-250
Olivo	15-20	175-200	100-150	300-350
Naranja	70-90	460	100	330
Palto	10-15	260	90	200

IV. FERTILIZANTES USADOS EN FERTIRRIGACIÓN

En teoría pueden utilizarse en los sistemas de riego localizados todo tipo de fertilizantes, de preferencia los que sean más solubles. Por lo tanto es importante conocer la composición química de los productos y su solubilidad en agua.

La solubilidad de varios tipos de fertilizantes debe ser considerada en fertirrigación. La tabla 7 posee información importante de los fertilizantes más empleados.

Tabla 7. Solubilidad de fertilizantes en agua a diferentes temperaturas (g/lit), conductividad eléctrica en solución de 1 g/lit a 20° C (C.E.) y pH en solución de 1 g/l a 20°C (pH).

FERTILIZANTE	Temperatura en °C			C.E. mmhos/cm	pH
	20	40	100		
MATERIAS PRIMAS					
KNO3 Nitrato de potasio	316	639	2452	1,3	7,0
KCl Cloruro de potasio	342	403	562	1,9	6,6
K2SO4 Sulfato de potasio	111	148	241	1,4	7,0
KH2PO4 Fosfato monopotásico	227	339		0,75	4,1
NH4NO3 Nitrato de amonio	1877	2830		1,6	5,5
(NH4) 2 SO4 Sulfato de amonio	754	812	1020	1,8	5,5
(NH4) 2 HPO4 Fosfato diamónico	686	818			4,1
NH4 H2PO4 Fosfato monoamónico	368	567	1740	0,8	4,9
Ca (NO3) 2-4H2O Nitrato de calcio	1294	1960		1,2	6,5
CaCl2-CH2O Cloruro de calcio	745				
MgSO4-7H2O Sulfato de magnesio hept.	356	454		0,8	5,6
Mg(NO3)2-6H2O Nitrato de magnesio	701	818		0,5	6,0
NaNO Nitrato de sodio	883	1049	1760		
NaCl Cloruro de Sodio	359	364	392	2,0	
Na2SO4 Sulfato de sodio		481	423		
CO(NH2)2 Urea	1080	1670	2510	0,015	5,8
NH4Cl Cloruro de amonio	376	460	773		
H3BO3 Ácido bórico	500	870			
H3PO4 Ácido fosfórico 85%	460			1,8	2,5
MEZCLAS NPK					
Ultrasol inicial 15-30-15+S+Mg+M.E.				1,06	5,4
Ultrasol desarrollo 18-6-18+S+Mg+M.E.				1,34	5,4
Ultrasol crecimiento 25-10-10+S+Mg-M.E.				1,33	5,4
Ultrasol producción 13-6-40+M.E.				1,25	5,6
Ultrasol multiprop. 18-18-18+S+Mg+M.E.				1,18	5,2
Ultrasol fruta 9-0-47+M.E.				1,05	5,4
Ultrasol pinta 0-5-48+M.E.				1,1	5,5
Ultrasol poscosecha 13-13-36+M.E.				1,2	5,5

Algunos fertilizantes se disuelven muy bien como es el caso de la urea, el nitrato de calcio, el nitrato de sodio. Otros son de mediana solubilidad como: cloruro de potasio y fosfato diamónico. Los menos solubles son el sulfato de Calcio, el

superfosfato triple, superfosfato normal y sulfato de hierro; por ello no deben ser usados en fertirrigación, por otro lado la combinación de dos o más tipos de fertilizantes puede hacer decrecer la solubilidad.

4.1. FERTILIZANTES SOLUBLES. CONCEPTOS BÁSICOS Y DEFINICIONES

Fertilizante soluble. Materia prima mineral cristalizada de origen natural o sintetizada industrialmente que contiene uno o dos nutrientes esenciales para los cultivos. Normalmente se trata de una sal o moléculas compuesta por un catión y un anión (ej. Nitrato de Potasio, KNO_3 , catión K^+ más anión NO_3^-) Estas materias primas se pueden mezclar, si son física y químicamente compatibles, y dan origen a los fertilizantes solubles NPK, los cuales pueden incluir la gama completa de nutrientes que los cultivos necesitan.

Fertilizantes líquidos. Son materias primas derivadas de procesos industriales o preparadas especialmente para ser usados en fertirriego. Los fertilizantes líquidos tienen distintas categorías o tipos. Están las soluciones ácidas (no confundir con ácidos para fertirriego) las suspensiones y las mezclas líquidas NPK, realizadas a partir de fertilizantes solubles. En nuestro país, se han usado, en menor medida soluciones ácidas (tiosulfato de amonio y tiosulfato de potasio) básicamente para condiciones de suelos alcalinos. Su principal limitantes es la logística requerida para su almacenamiento y transporte.

Solubilidad. La solubilidad de los fertilizantes es la capacidad de disolución de la sal o molécula fertilizante en agua. Esta capacidad está relacionada con la composición química y física de la molécula, lo cual incide en su velocidad de disolución. En general, los fertilizantes solubles son electrolitos fuertes, es decir, se deben solubilizar al 100%, aunque algunos fertilizantes llamados solubles contienen impurezas insolubles en agua (arenas, silicatos, micas, apatitas). El porcentaje de insolubles debe ser mínimo e, internacionalmente, se considera como máximo tolerable un 0.01%. Esta información siempre debe ser proporcionada por el productor. En este concepto influye la pureza de la sal fertilizante, la cual incide en los insolubles y en las impurezas.

Pureza de la sal o fertilizante soluble. Los fertilizantes o sales, son obtenidos por procesos de extracción minera y/o industriales que, según su precisión, permiten la obtención de las sales en distinto grado de pureza, lo cual se traduce en diferencias de la calidad final del producto y en la variedad de sus posibles usos. En la medida que más preciso es el proceso de obtención, la sal es más pura y el producto de más calidad. Así, de acuerdo al grado de pureza, una misma sal puede tener distintos grados, lo cual también está asociado a distintos costos:

Grado analítico. La sal está en su grado máximo de pureza, cercana a 100 %,y, dado el costo de su proceso de obtención, solo se utiliza en laboratorios para investigación o analítica (ej. Fosfato monoamónico analítico Merck para laboratorios).

Grado refinado industrial. La sal se obtiene por un proceso doble o triple refinado y cristalización lográndose una pureza cercana al 99.9%, lo cual le permite ser usada en procesos industriales de alta precisión y tecnología (ej. Nitrato de Potasio Industrial, grado refinado, de SOQUIMICH llamado "Niterox")

Grado técnico o hidropónico. La sal está en un alto grado de pureza, sobre 99,7%, gracias a un doble proceso de refinado. Esta pureza es la requerida en sistemas hidropónicos cerrados, donde se debe usar solo materias primas muy duras para evitar acumulación de impurezas o contaminantes que dañen los cultivos. El tomate cultivado en sistemas hidropónicos se cultiva con fertilizantes grado técnico o grado hidropónico. (ej. Nitrato de Potasio grado técnico hidropónico SOQUIMICH).

Grado agrícola. La sal se encuentra en un nivel de pureza entre el 95-99% y es utilizada para aplicación directa al suelo en forma individual o en mezclas. Ej. La mayoría de los nitratos, fosfatos, sulfatos y otros fertilizantes granulados para uso directo al suelo o vía mezclas.

Impurezas en los fertilizantes solubles. Las impurezas son la sumatoria de impurezas insolubles en agua (arena, silicatos, apatitas) e impurezas solubles en agua, que son sales solubles distintas a la sal fertilizante que se desea purificar. Entre las impurezas solubles más comunes se encuentra sulfatos, fosfatos, cloruros y nitratos. También pueden ser metales pesados y contaminantes varios de los procesos de producción. Todo esto dependerá de la materia prima y de la calidad del proceso de purificación con que se obtenga la sal. Toda esta información debe venir contenida en las hojas técnicas de los productos solubles en todo el mundo.

Conductividad eléctrica de los fertilizantes solubles. La conductividad eléctrica en una medida de la concentración de sales en un medio líquido o sólido. A mayor concentración salina, mayor es la "conductividad" de electricidad, medida con un conductímetro. Todos los fertilizantes solubles tienen distinta C.E. en fertilizantes solubles esta variable se utiliza para conocer la salinidad que genera el fertilizante en comparación con las otras sales fertilizantes, de manera de elegir los productos más adecuados según sea el caso, más salinos o menos salinos. La unidad de medida más frecuentes son los milimhos/cm (mmhos/cm) y se mide a la concentración de 1 g del fertilizante por litro de agua de riego a 20° C. Normalmente en zonas de suelos y aguas salinas, se busca aplicar fertilizantes de baja C.E.. En zonas de baja salinidad en agua y suelo y dependiendo del tipo de cultivo, se puede necesitar fertilizantes de alta C.E.

pH de los fertilizantes solubles. Como se sabe, el pH es una medida de la concentración de iones H⁺ en medios sólidos o líquidos. Todos los fertilizantes tienen distinto pH en solución y este parámetro también es clave en la elección de un fertilizante soluble, dado que en algunos casos se requiere de fertilizantes solubles de reacción ácida, en otros de reacción neutra y en otros de reacción

alcalina. Esto depende del ambiente suelo-agua-planta con que se trabaje. A los fertilizantes solubles se les mide su pH en una solución de 1 g/lit a 20°C. (Ver tabla 7).

En la tabla 7 se resume parte de los parámetros indicados para los principales fertilizantes solubles en uso en nuestro país. De esta se desprende que los fertilizantes solubles cambian su solubilidad en relación a la temperatura. La mayoría de los fertilizantes, además, tienen una reacción endotérmica al solubilizarse en agua, es decir, enfrían aún más el medio, lo cual es especialmente importante cuando se trabaja con aguas frías de pozo o en invierno. Bajo esas condiciones es necesario usar termómetro para dimensionar el potencial de disolución que tiene nuestra agua. Muchos errores se cometen por el desconocimiento de este concepto. Mientras más fría el agua, menor es la cantidad de fertilizantes que se puede utilizar. Para esto siempre es útil verificar la temperatura del agua y las tablas.

Compatibilidad física en mezclas. La compatibilidad física en mezcla de las distintas fuentes fertilizantes solubles, es función de su higroscopicidad, de su composición iónica y de su estructura molecular.

Higroscopicidad. Es la absorción de la humedad del aire que sufren los fertilizantes bajo condiciones específicas de temperatura y humedad ambientes. La higroscopicidad de un fertilizante suele expresarse en términos "humedad relativa crítica" (HRC). Esta es la humedad relativa de la atmósfera por encima de la cual el fertilizante comienza absorber humedad atmosférica, comienza a humedecerse.

La mezclas de fertilizantes suelen tener humedades relativas críticas menores a las de sus componentes. Se humedecen antes. Un caso extremo es el de urea y nitrato de amonio, en que la humedad relativa crítica baja a 18%, versus el Nitrato de Potasio que es caso extremo llega a 60%.

Generalmente la humedad relativa crítica baja (empeora) al aumentar la temperatura. Una alta humedad relativa crítica tiene la ventaja de que el fertilizante puede exponerse al aire y manejarse en condiciones de humedad atmosférica mayor sin que se humedezca, pierda su fluidez ni posteriormente se apelmace.

Compatibilidad química en mezcla física. Se refiere a la compatibilidad asociada a la composición iónica entre materias primas solubles.

Entre los distintos iones de los fertilizantes existen sinergismos e incompatibilidades. Las incompatibilidades más importantes son:

Antagonismos catión/anión en mezclas solubles tanto en seco como en tanque	
Se producen precipitados insolubles por una alta afinidad de cargas	$\text{Ca}^{++}/\text{HPO}_4^{-}$
	$\text{Ca}^{++}/\text{SO}_4^{-}$
	$\text{SO}_4^{-}/\text{Mg}^{++}$
	$\text{HPO}_4^{-}/\text{Zn}^{++}$
	$\text{Ca}^{++}/\text{BO}_3^{-}$

Destacan los precipitados que forma habitualmente el calcio con el azufre, fósforo y boro. Es frecuente que esto ocurra en suelos y aguas.

Compatibilidad química en estanque. Muchas mezclas son incompatibles en seco por que se apelmazan, se endurecen o se humedecen, pero no es así en el estanque de aplicación donde el tiempo de mezcla es muy breve y la aplicación rápida evita incompatibilidades.

Reacciones químicas con el agua y ácidos. En fertirriego es frecuente el uso de ácidos en presencia de aguas y suelos salinos. Cuando se aplican ácidos al agua SIEMPRE se debe aplicar el ácido al agua y no al revés, dado que si se agrega agua al ácido, se genera una fuerte reacción exotérmica que pueden dañar al operario.

Los fertilizantes solubles deben ser aplicados a los cultivos en concentraciones proporcionales a los estados fenológicos, dado que la susceptibilidad a las sales fertilizantes es mayor en los primeros estados de crecimiento y aumenta en forma notable en función del desarrollo del cultivo.

En la tabla 8 se presenta la compatibilidad química de la mezcla de algunos fertilizantes utilizados en fertirrigación.

Tabla 8. Compatibilidad química de algunos fertilizantes utilizados en fertirrigación.

I= Incompatible
C=Compatible

NO ₃ NH ₄									
C	UREA								
C	C	(NH ₄) ₂ SO ₄							
C	C	C	(NH ₄) ₂ HPO ₄						
C	C	C	C	NH ₄ H ₂ PO ₄					
C	C	C	C	C	KCl				
C	C	C	C	C	C	K ₂ SO ₄			
C	C	C	C	C	C	C	KNO ₃		
C	C	I	I	I	C	I	C	Ca(NO ₃)	

V. INTERACCION ENTRE LA DISOLUCIÓN FERTILIZANTE Y EL AGUA DE RIEGO

El agua constituye sobre el 80 a 90% del peso de los tejidos vegetales y es vehículo fundamental para la circulación de todos los elementos nutritivos en el organismo de la planta. El consumo de agua, que es la sumatoria del agua de los tejidos más el agua que circula por la planta y es reciclada a la atmósfera en forma de vapor, llega a sumar entre 350 y 750 lts por cada kilo de materia seca que produce la planta.

5.1. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua para el suelo y los cultivos, está asociada a tres características:

- Calidad física
- Calidad química
- Calidad biológica

Calidad física del agua.

Considera las partículas en suspensión; arena, limo, arcillas, residuos vegetales no descompuestos, semillas de malezas y eventuales basuras. El principal problema de calidad física de las aguas de riego, especialmente para fertirriego, lo causan la arena, el limo y la arcilla en suspensión. Las estructuras que se usan para limpiar el agua de partículas son : Decantador, hidrociclones, filtros de arena, mallas y discos.

Calidad biológica del agua.

Se refiere a la materia orgánica en suspensión, algas y bacterias. Los residuos de algas acumulan Fe lo que favorece el desarrollo de bacterias, estas oxidan el Fe^{++} a Fe^{+++} , el que precipita. Este hierro es retenido por los filamentos de las bacterias formando una masa gelatinosa de color rojizo que obstruyen los goteros. La concentración crítica en el agua de riego es de 0,2 mg/l.

Las normas de manejo para evitar problemas de origen biológico previo al centro de bombeo son:

- Impedir la entrada de luz a los estanques acumuladores.
- Instalar la toma de agua a más de 2m de profundidad.
- Tratamientos con sulfato de cobre (dosis: 0,05 a 2 mg/l de agua a tratar)
- Tratamientos con quelatos de cobre.

Normas de manejo para evitar problemas de origen biológico dentro de la sala de bombeo:

- Tratamientos con hipoclorito de sodio, en dosis de 10 ppm, controlando que el emisor más alejado presente una concentración de 2-3 ppm de cloro libre durante 45 minutos.
- La inyección debe ser antes del filtro de arena.
- La concentración final de cloro libre nunca debe exceder 30 ppm en el emisor más alejado del centro de bombeo

Calidad química del agua de riego.

Los problemas de calidad química suelen ser menos vistosos pero son, normalmente los más perjudiciales.

Estos problemas están asociados a:

- **Sales disueltas.** La concentración de sales disueltas en el agua, la cual se mide indirectamente por la vía de la conductividad eléctrica (C.E.) se expresa en mmhos/cm. Mientras más alto es el valor de C.E., más sales disueltas contiene el agua. Se usa como indicador para clasificar el agua de riego según el cuadro siguiente:

Tabla 9. Calidad de agua según su salinidad.

Calidad del agua según su conductividad eléctrica	Concentración salina medida como conductividad eléctrica (mmhos/cm)
Agua de buena calidad	Menos de 0,5 mmhos/cm
Agua de calidad media	Entre 0,5 y 1,5 mmhos/cm
Agua de calidad riesgosa	Sobre 1,5 mmhos/cm

- **pH:** el pH es una medida de la concentración de iones H⁺ en el agua. El pH afecta la solubilidad de las diferentes sales disueltas en ella. A medida que aumentan los iones carbonato y bicarbonato y disminuye el H⁺, el pH del agua también aumenta y se producen precipitaciones de sales de magnesio, calcio, sodio y potasio y bloqueo de nutrientes. Según el pH las aguas se clasifican como sigue:

Tabla 10. Clasificación de agua de riego según pH.

Clasificación	Problemas
Levemente ácida	Solo en cultivos sensibles
Neutra	No tiene problemas
Levemente alcalina	Problemas menores de precipitación
Muy alcalina	Severos problemas de precipitación de sales e inmovilización de nutrientes. El agua debe ser tratada con ácidos.

Tabla 11. Principales iones que forman sales en el agua de riego.

	Nombre del ion	Símbolo	Peso equivalente
Cationes	Calcio	Ca ⁺⁺	20 g
	Magnesio	Mg ⁺⁺	12
	Sodio	Na ⁺	23
	Potasio	K ⁺	39
Aniones	Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	61
	Carbonato	CO ₃ ⁼	30
	Cloruro	CL ⁻	35,5
	Sulfato	SO ₄ ⁼	48
	Borato	BO ₃ ⁻	58,8

Las diferentes sales que contiene el agua afectan la nutrición de los cultivos y solubilidad de los nutrientes que se inyectan a través del agua. En el caso de los carbonatos y bicarbonatos, estos aumentan el pH, con la consecuente problemática sobre los nutrientes en especial calcio, fierro, magnesio, manganeso, cobre y zinc. El uso de aguas con carbonatos produce precipitación de sales y alteración de pH del suelo, por lo que en fertirriego, deben ser tratadas con ácidos. La calidad del agua de acuerdo a la concentración de carbonatos es la siguiente:

Tabla 12. Clasificación de aguas según su dureza (carbonatos).

Concentración de Carbonatos en el Agua de riego	Clasificación del agua	Tipo de manejo al agua	Tipo de manejo de fertilizantes
0 a 120 ppm (mg/l)	Agua blanda	Sin restricción	Sin restricción
120-180 ppm	Agua semi dura	Probable uso de ácidos si el pH es mayor a 7,5	Preferir fertilizantes de reacción ácida en mezcla con los de reacción neutra y alcalina
180-250 ppm	Agua dura	Se debe usar ácidos en el agua de riego y llevar el pH cerca de 7	Principalmente fertilizantes de reacción ácida en mezcla con fertilizantes de reacción neutra
>250 ppm	Agua muy dura	Acidular el agua siempre	Idem anterior

Tabla 13. Ejemplo de cálculo de los nutrientes aportados por el agua de riego a partir de un análisis de agua.

Análisis de agua		Transformación a ppm		Valoración de nutrientes aportados					
Elemento	Meq/l	Peso equivalente	Ppm=mg/l (meq/l x P.E.)	Lt agua de Riego por m ²	Numero de riegos	Agua total por m ² (lt)	Mg/m ³ de agua	Kg/ha	
Magnesio	1,6	12,96	19,46	5	40	200	3892	39	
Potasio	0,1	39,10	3,91	5	40	200	782	8	
Calcio	2,54	20,04	50,90	5	40	200	10180	102	
Nitrato	2,0	14,00	28,00	5	40	200	5600	56	

Cuando la cantidad de carbonatos y sales del agua impiden el normal uso de los nutrientes, generando elevado pH y alta alcalinidad, se debe acidular el agua. Esto es válido también cuando se usan fertilizantes foliares y agroquímicos y existe el mismo problema de aguas duras.

La tabla siguiente muestra los mililitros (ml o cc) de ácido por cada 100 lts. De agua de riego, necesarios para llevar el pH del agua a un nivel de 6-6,2.

Tabla 14. Tratamiento de la alcalinidad del agua de riego con ácidos.

Acido a utilizar	Concentración de CaCO ₃ /lt de agua en ppm						
	50	100	150	200	250	300	350
Acido fosfórico 85%	4	9	13	18	22	27	31
Acido sulfúrico 93%	2	4	6	8	10	12	13
Acido nítrico 37%	9	18	27	37	46	55	63

Ejemplo. Si se presenta un agua de riego con una concentración de 200 ppm de carbonatos (CO₃=), se deberá aplicar 18 ml de ácido fosfórico 85% por cada 100 lts de agua para llegar a un pH cercano a 6,0. Otra opción sería aplicar 8 ml de ácido sulfúrico 93% o bien 37 ml de ácido nítrico.

VI. LA DOSIS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS NUTRIENTES

Una vez definida la fenología del cultivo, corresponde definir las dosis totales de los nutrientes. Estas dosis se calculan directamente por la formula del balance, dado que prácticamente no se ha realizado en el país calibraciones en fertiriego en hortalizas y frutales.

$$\text{Dosis de nutriente} = \frac{\text{demanda del cultivo} - \text{aporte del suelo}}{\text{Eficiencia del fertilizante}}$$

Demanda de los cultivos: Se entenderá como la cantidad del nutriente contenido en los tejidos que serán exportados del predio. La demanda de los frutales se obtiene por la relación directa entre la cantidad de materia seca del fruto o tejido a cosechar por la concentración del nutriente en dicha materia seca (M.S.), más la cantidad de nutriente contenidos en la madera que se retira del potrero.

Ejemplo. Extracción de nitrógeno del cultivo
 Producción de fruta fresca/ha: 30.000 kg
 Materia Seca en la fruta: 10%
 Análisis de tejidos: 1% N en la materia seca

$$30.000 \times 0,10 (10\%) = 3.000 \text{ kg de materia seca/ha}$$

3.000 kg M.S. x 0,01 (1% N)= 30 kg de N es la demanda de N para la fruta, también llamada Requerimiento interno (Ri). A esto se le debe agregar la demanda de N para follaje, madera y raíces, parte de los cuales se recicla y parte se sacará del predio. Si esto no se mide directamente por la evaluación de la cantidad y concentración del nutriente en los tejidos, se debe realizar una estimación lo más razonable posible, considerando información de tablas de extracción por especie.

Si se trabaja con análisis de tejidos, lo cual es ideal, se debe cuidar de transformar la demanda de elemento atómico a la demanda de unidad de nutriente, debido a que el informe de laboratorio viene en términos de elemento.

Tabla 15. Transformación de elementos atómicos a unidad de nutriente.

Si tenemos	Multiplicamos	Obtenemos
N	1,00	N
O	2,29	P ₂ O ₅
K	1,20	K ₂ O
S	3,00	SO ₄ ⁼
Mg	1,65	MgO
Ca	1,39	CaO

Aporte del suelo. Se determina mediante análisis de suelo. En general en fertirriego, el aporte del suelo se considera menor que en el sistema tradicional dado el menor volumen de suelo explorado por las raíces, normalmente un tercio que en un sistema tradicional. Asumiendo una relación lineal en la relación volumen radicular/nutrientes utilizados, se considerará (supuesto arbitrario) que el aporte real de nutrientes al cultivo, será un tercio de lo utilizable en un sistema tradicional de acuerdo a análisis de suelo.

En Chile no existen calibraciones de la fertilidad y el real aporte de nutrientes de suelos bajo fertirriego. Para nuestro ejercicio supondremos un aporte de 10 kg de N/ha en la zona norte dado fundamentalmente por la mineralización de residuos orgánicos del mismo cultivo en temporadas anteriores. Si la relación carbono/nitrógeno de un suelo es muy amplia, el aporte de nitrógeno puede ser incluso negativo, es decir, parte de la dosis aplicada puede ser utilizada por los microorganismos del suelo para su propio metabolismo. De ahí la importancia de agregar materia orgánica.

Eficiencia de uso del nutriente. En fertirriego se ha visto un incremento importante de la eficiencia de uso de los nutrientes por los cultivos. Esto se debe a que estos son inyectados directamente al sector donde se encuentra el 90% de las raíces y por que, al ir en el agua, tiene un vehículo de llegada directo a las raíces. Para el caso del fósforo, por ejemplo, se ha medido movilidad de hasta 15 cm en profundidad (respecto a 1-2 cm/año en sistemas tradicionales) y 7 cm en lateral.

Tabla 16. Comparación de la eficiencia aproximada de uso de los nutrientes en fertirriego respecto de fertilización tradicional.

Nutriente	Fertilización tradicional Rango	Fertirriego Rango
Nitrógeno	15-50%	50-80%
Fósforo	5-30%	30-40%
Potasio	30-40%	40-60%
Azufre	20-50%	50-80%
Calcio	30-40%	40-60%
Magnesio	30-40%	40-60%
Micronutrientes	5-50%	30-60%

Es importante señalar además, que no sólo los nutrientes son más efectivos en llegar a las raíces y ser absorbidos, también algunos elementos que pueden ser benéficos en pequeñas dosis, pueden ser perjudiciales bajo esta nueva dinámica, como cloro, boro, sodio y la molécula de urea.

En resumen, la dosis de nitrógeno para el ejemplo será:

- Demanda del cultivo: 80 kg de N
- Aporte del suelo: 10 kg de N
- Eficiencia promedio de uso: 65%

$$\text{Dosis de N para el cultivo} = \frac{80 \text{ kg} - 10 \text{ kg}}{0,65} = 108 \text{ kg N/ha}$$

Una vez definida la dosis del nutriente, se distribuye a través del ciclo del cultivo de acuerdo a la demanda con la orientación que da la información de fenología vista anteriormente. En general cerca de un 20% de la dosis de nutrientes se distribuye en la fase de brotación a cuaja, entre el 40% en la fase de cuaja a pinta, 20% pinta a cosecha y 20% en postcosecha temprana.

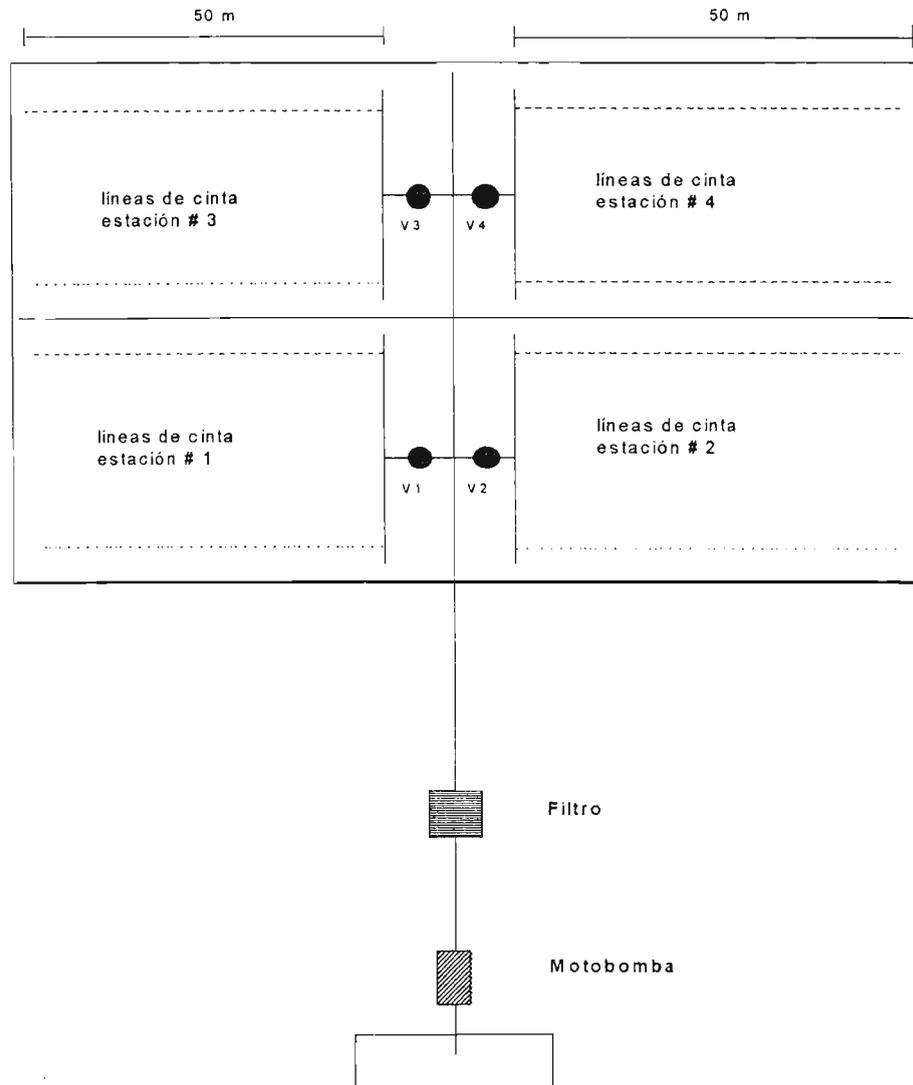
El método descrito implica muchos supuestos que podrían ser cuestionables. Sin embargo, en la medida que el agricultor junto al profesional utilice el análisis de suelo, realice análisis de la concentración de nutrientes en los tejidos que exportará del predio, verifique periódicamente los estándares nutricionales a nivel foliar y verifique los supuestos de la fórmula con el conocimiento que tiene de su zona, la aproximación a un resultado exitoso será mayor. Ello a la espera que, por la vía de la calibración y validación de supuestos en campo, se logre establecer sistemas de recomendación más precisos.

Control y automatización en instalaciones de riego tecnificado y fertirrigación

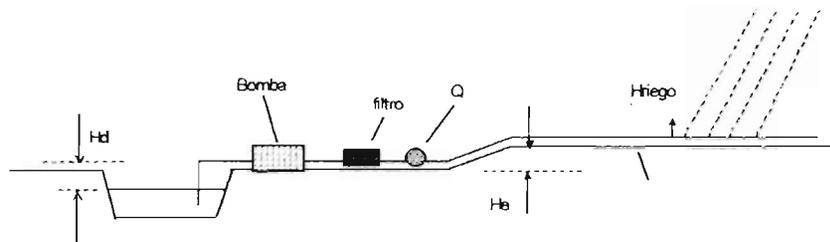
Reinhold Schmidt



Esquema básico de riego tecnificado:



Altura total ó manométrica del sistema



Hd	nivel de agua	m
He	diferencia topográfica	m
Hf	perdidas filtro	m
Hm	perdidas medidor caudal	m
Ht	perdidas tubería y fittings	m
Hriego	presión en sistema de riego	m

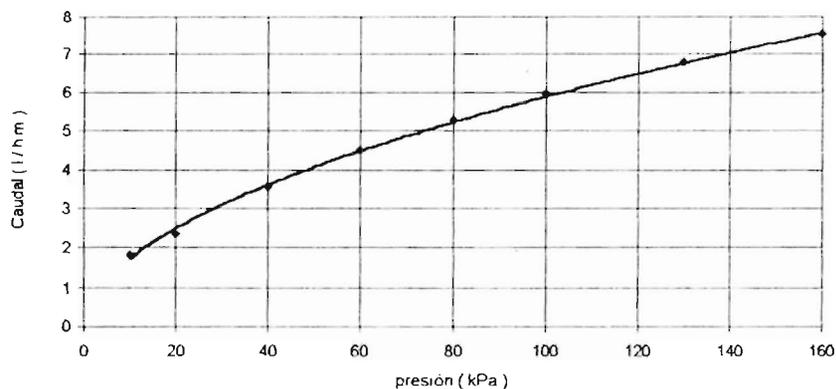
$$H_{total} = H_d + H_e + H_f + H_m + H_t + H_{riego}$$



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

Característica presión – caudal, cinta de riego, ejemplo:

Relación Q H, cinta Chapin



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

Selección de goteros y cintas:

- Características técnicas
- Disponibilidad en mercado
- Precio
- etc..



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

Control manual en sistemas de riego tecnificado:

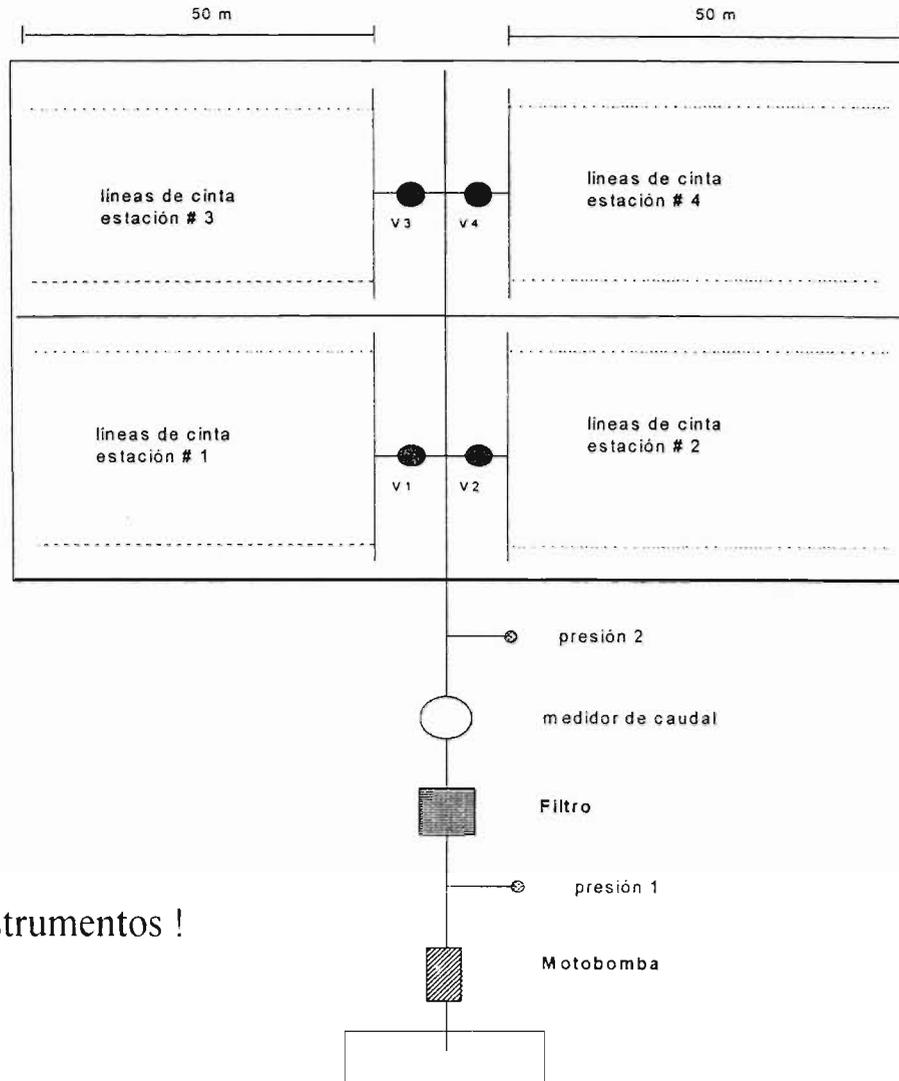
- Calidad de agua, pH, CE
- Presión de operación, manómetros
- Caudal de agua
- Uniformidad de riego

→ Simple, eficiente, mínimo de costos



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

Control manual en sistemas de riego tecnificado:



Calibración de instrumentos !



Uniformidad de riego

Ideal: caudales en todos los emisores iguales

Real: variaciones de caudales

por:

- diferencias de presión en terreno
- calidad de fabricación

Determinación de la uniformidad de riego

→ Medir caudales de diferentes goteros en terreno

Coeficiente de uniformidad, CU

$$CU = Q_{25,\min} / Q_{\text{promedio}}$$



Ejemplo:

Distribución TD410

#	Q - 1 bar	Q - 0.2 bar
1	4,34	2,07
2	4,28	2,04
3	4,32	2,04
4	4,34	2,04
5	4,24	2,04
6	4,24	2,028
7	4,28	2,01
8	4,28	2,04
9	4,4	2,07
10	4,3	2,052
11	4,28	2,01
12	4,32	2,04
13	4,32	2,04
14	4,36	2,07
15	4,38	2,04
16	4,4	2,052
17	4,32	2,04
18	4,32	2,04
19	4,28	2,01
20	4,24	1,992

	1 bar	0.2 bar
promedio en l/h	4,312	2,038
Q25 in l/h	4,256	2,01
CU in %	98,70	98,62

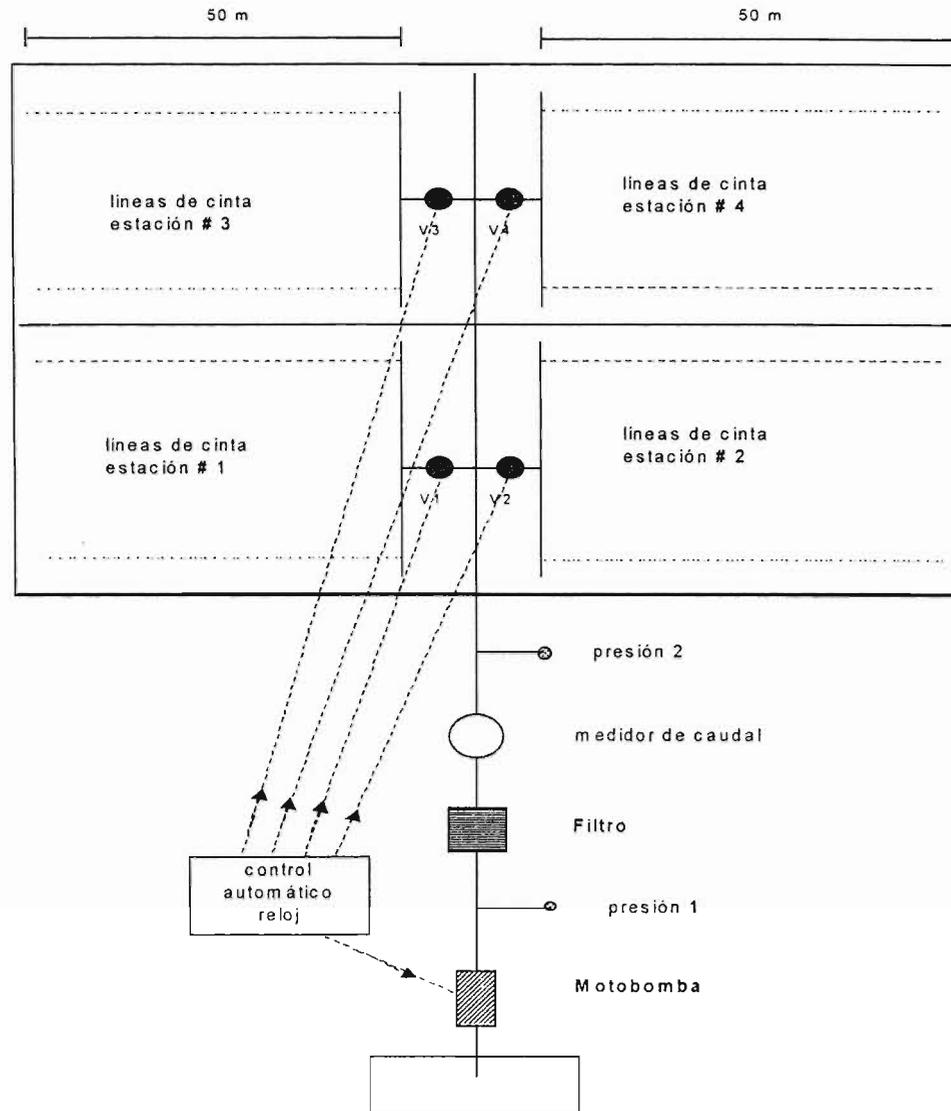


2. Automatización en sistemas de riego tecnificado:

- a) Control de riego a través de temporizadores y válvulas magnéticas**
- b) Control de riego a través de humedad del suelo y válvulas magnéticas**
- c) Control de riego a través de volumen de agua**



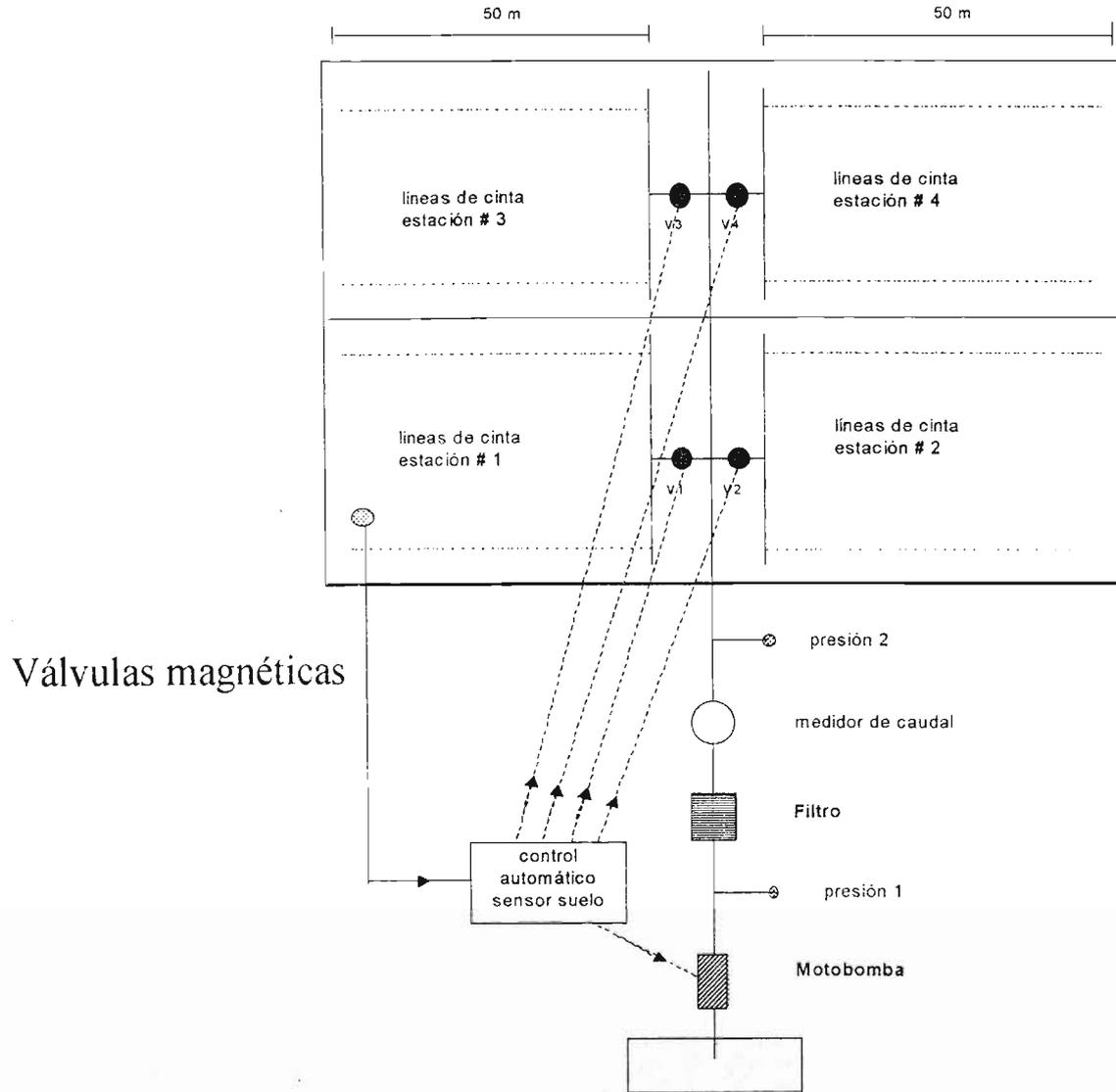
Automatización del riego con temporizadores:



Válvulas magnéticas



Automatización con control de humedad del suelo:

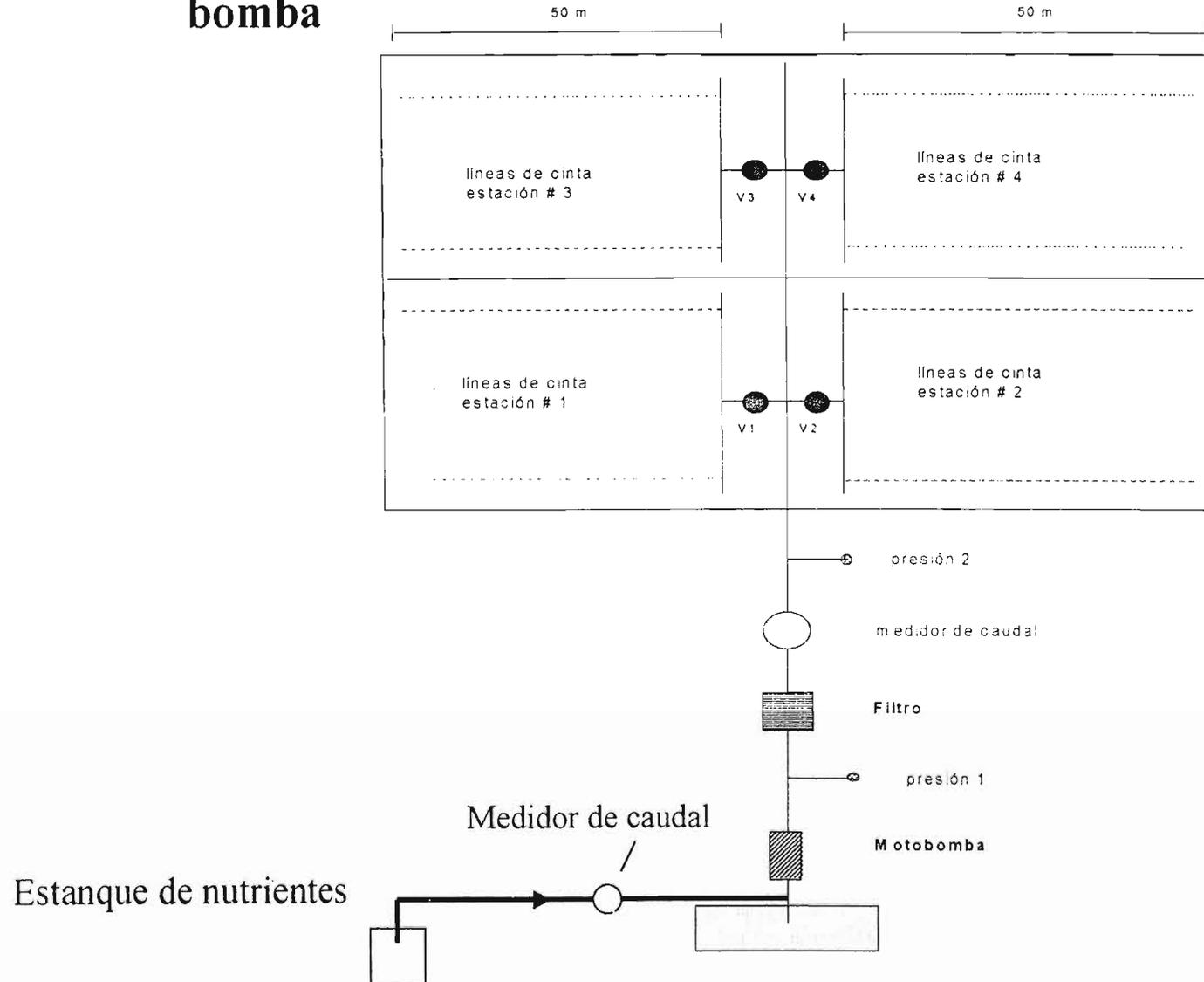


Sistemas de fertirrigación

- Inyección en la parte de la succión de la bomba**
- Inyector de Venturi**
- Bomba dosificadora externa**
- Bomba dosificadora, tipo Dosatron**

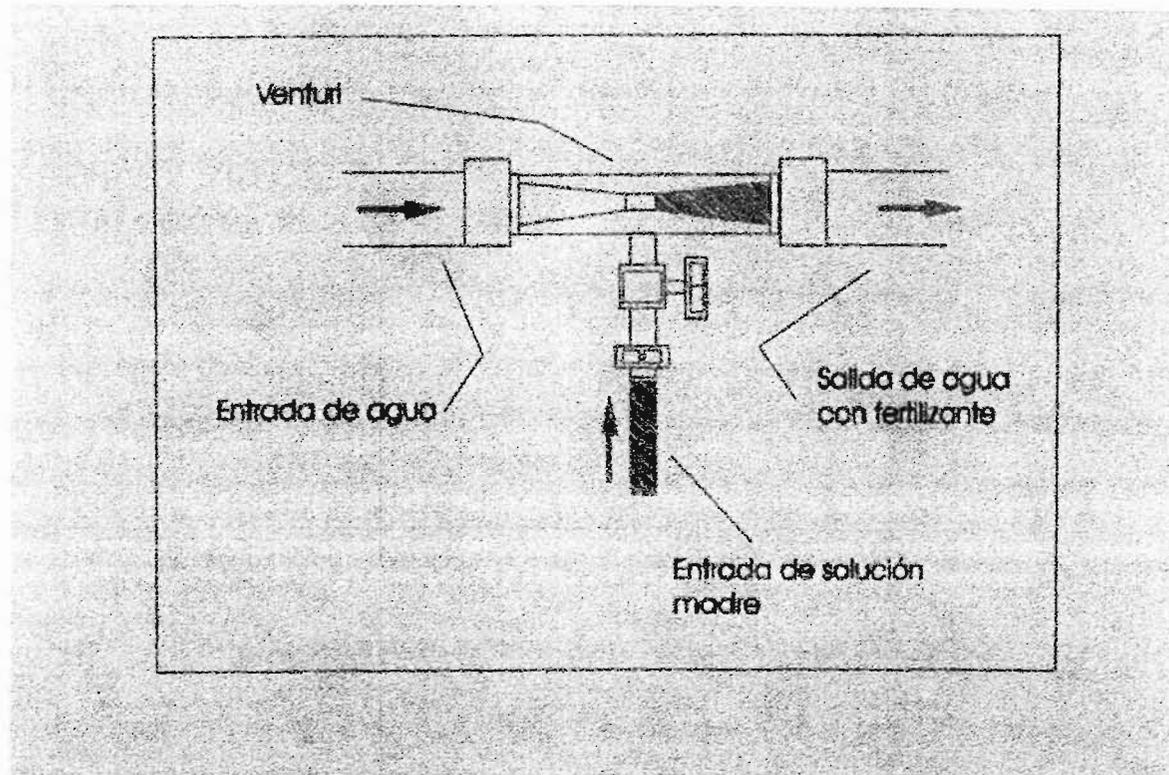
Sistemas de fertirrigación

- ❑ Inyección en la parte de la succión de la bomba



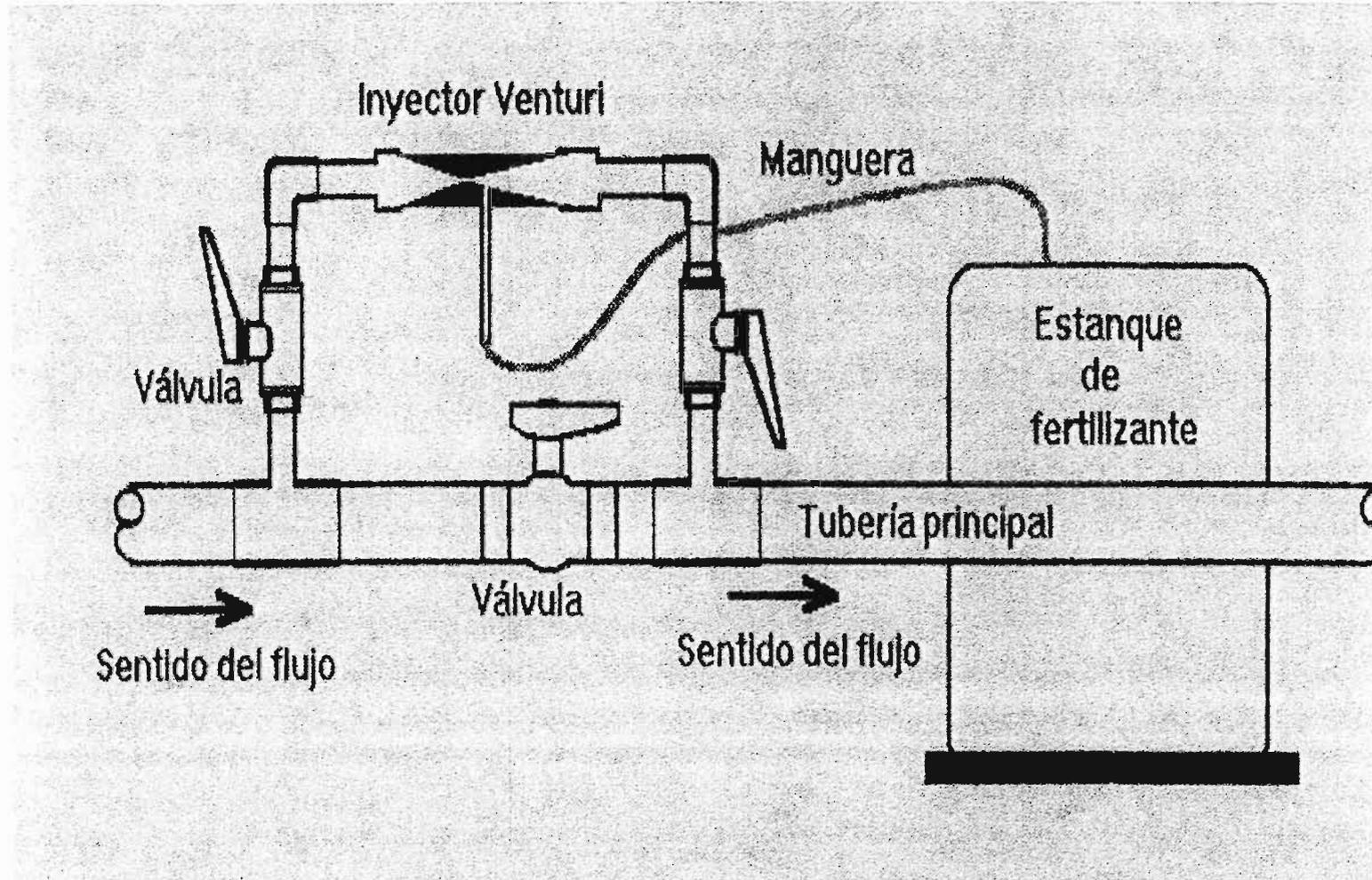
Sistemas de fertirrigación

- ❑ Inyector de Venturi
- ❖ dispositivo hidráulico con forma de un doble embudo
- ❖ baja presión en la parte mas angosta
- ❖ succión de solución madre



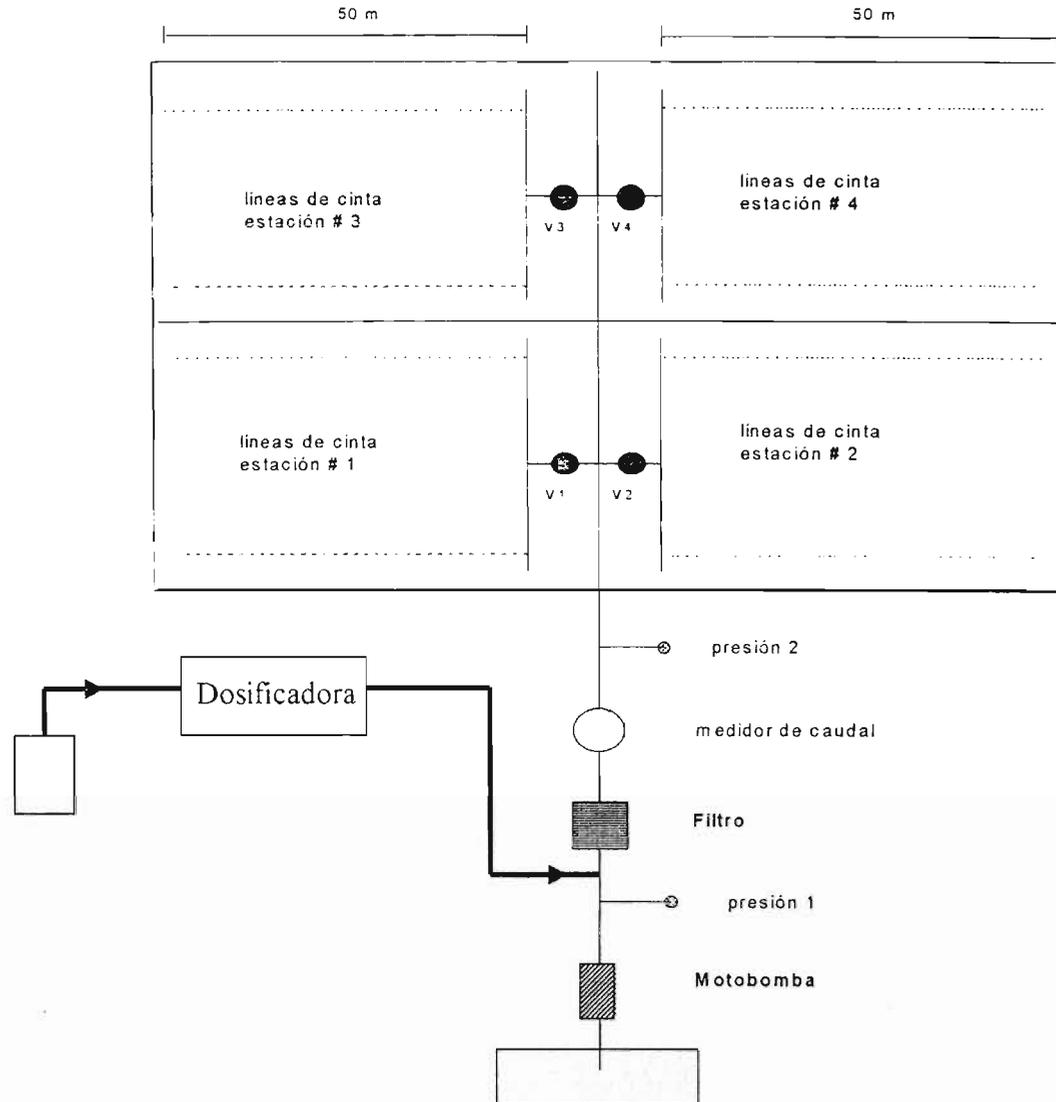
Sistemas de fertirrigación

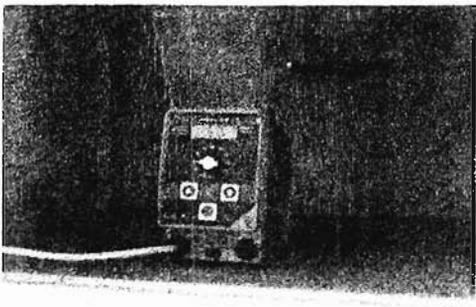
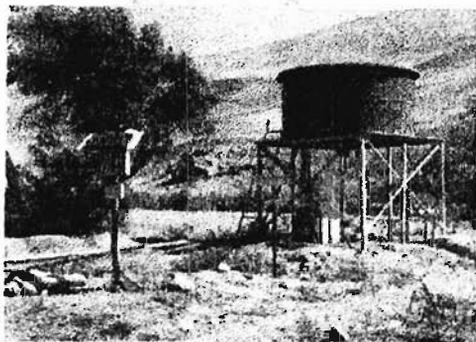
❑ Inyector de Venturi



Sistemas de fertirrigación

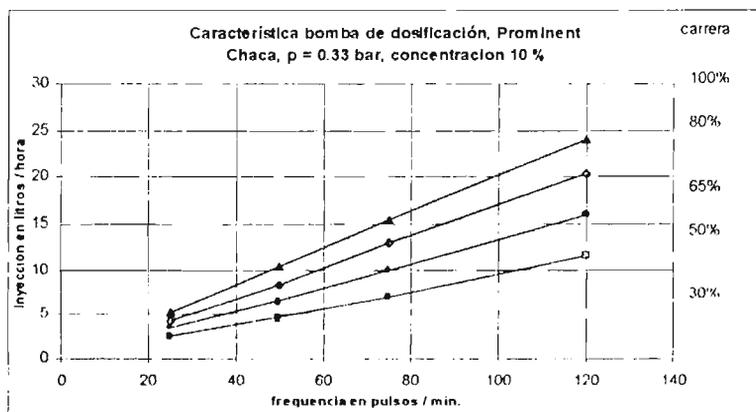
❑ Bomba dosificadora externa





Fertirrigación con bomba dosificadora, Chaca

Bomba de dosificación



TALLER AGRICULTURA ORGÁNICA EN ARICA

Cristian Valdivieso

El conjunto de prácticas agronómicas, basadas en la Agroecología, que tiene por objetivo la producción de alimentos sin utilizar agroquímicos se denomina **Agricultura Orgánica**, Biológica o Ecológica. Estas prácticas no utilizan fertilizantes, insecticidas, fungicidas, herbicidas sintéticos ni hormonas y se basan en potenciar los mecanismos que usa la naturaleza para autoregularse y lograr su estabilidad. Esta forma de producir asegura alimentos libres de contaminación química.

Se la llama orgánica para diferenciarla de la agricultura que usa agroquímicos, porque las técnicas que emplea están dirigidas a resolver de otra manera los problemas que se presentan en la producción agrícola, en especial los de fertilización y control de plagas y enfermedades de las plantas estimulando la capacidad de recuperación frente a situaciones adversas (resiliencia).

Hoy día se reconoce que la agricultura orgánica no representa una vuelta a los métodos previos a la revolución industrial, sino que combina las técnicas agrícolas conservacionistas tradicionales con tecnologías modernas.

Se ha creído a veces que la agricultura orgánica sirve solamente para cultivar pequeños espacios destinados al consumo de la familia. Esto es un error como se señala en el Capítulo siguiente: las ventas al detalle a nivel mundial son estimadas en cerca de 20 billones de dólares en el año 2000.

Por otra parte, el nivel de precios de los productos orgánicos es generalmente superior al de los productos convencionales. Esto se debe a varios factores: mayores costos de producción y elaboración, costos de distribución más altos debido al número reducido de puntos de venta y menores volúmenes transados y los altos costos de certificación.

En Chile y en los demás países de América Latina, existen también productores orgánicos con predios de diversos tamaños. Los principios son los mismos para todos, pero las prácticas y la forma de realizarlas son diferentes. Así, por ejemplo, el trabajo de preparación del suelo o la cosecha en un huerto familiar se hace en forma manual mientras que en un predio grande se realiza utilizando maquinaria adecuada.

Agricultura Orgánica y Desarrollo Rural.

La agricultura orgánica aparece al día de hoy en nuestro país como un enfoque interesante en relación a la reconversión productiva y al desarrollo rural. Ella ayuda a resolver en forma muy adecuada la seguridad alimentaria de pequeños productores y familias rurales, tanto en cantidad como en calidad, por medio de tecnologías que contribuyen a la conservación y mejoramiento de sus recursos productivos.

Utiliza como insumos los recursos que posee el propio campesino y da un uso óptimo a la fuerza de trabajo familiar. De esta manera le permite producir en forma más barata. En este sentido, significa un verdadero aporte en el esfuerzo por la superación de la pobreza en el ámbito rural y peri-urbano.

Pero, además, está significando en forma creciente una nueva alternativa comercial, tanto para el mercado interno como en especial para el internacional, más sensible hasta ahora frente a los problemas de contaminación de los alimentos y, consecuentemente, cada vez más exigente al respecto.

La Agricultura Orgánica se puede convertir en una alternativa muy competitiva al tener la posibilidad de lograr precios más elevados y con costos similares.

Finalmente, este enfoque trae aparejados otros elementos tan importantes para el desarrollo rural como los de tipo técnico y económico. En efecto, ha demostrado que muchos conocimientos y prácticas tradicionales han tenido una revaloración científica que se estaba perdiendo, manejando sus predios en forma integrada y con creatividad.

LOS ORÍGENES DE LA MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA¹

La forma de hacer agricultura que hoy conocemos por moderna se basa en cuatro grandes pilares que se originaron en los países industrializados:

- La mecanización
- Los fertilizantes
- Los pesticidas
- Las semillas mejoradas

Independientemente de los intereses económicos que hayan o no existido detrás del diseño de cada una de estos elementos de modernización, todos ellos buscaban formas de hacer agricultura bajo condiciones existentes en los países de origen: escasa población rural, clima templado a frío, diversidad biológica media a baja, topografía predominantemente suave a plana. Su adopción acrítica en los países no industrializados olvidó que las condiciones dominantes en ellos eran una alta población rural, climas tropicales y sub-tropicales, diversidad biológica alta a muy alta y abundancia de relieves quebrados.

Mecanización

El proceso de mecanización toma fuerza en la agricultura cuando la relación mano de obra/superficie de tierra cultivable cambia significativamente producto de procesos como la expansión de las áreas agrícolas o la creciente migración hacia zonas urbanas (Hall et al, 1986). La mecanización se acelera en los países industrializados cuando la expansión urbana también se acelera. Al necesitarse mano de obra en la industria urbana, el campo se despuebla, la demanda de alimentos por parte de las ciudades crece, aumenta la superficie bajo agricultura y se crea una necesidad de la máquina para sustituir personas. Los casos más tempranos son Estados Unidos y Gran Bretaña, donde la mecanización agrícola se desarrolló a partir de los inicios del siglo 19.

La mecanización fue generalmente acompañada por un proceso de endeudamiento importante, lo que exigió aumentar la productividad y los ingresos monetarios para pagar las deudas. Se desataron entonces procesos de especialización en cultivos de alto interés comercial, con un aumento de las superficies sembradas con un solo cultivo como una forma de aprovechar mejor las máquinas. Sin embargo, el aumento de productividad asociado a la mecanización no fue suficiente para disminuir los procesos de endeudamiento y concentración de la tierra, ya que los aumentos en productividad

¹ Extracto del artículo La Modernización Agrícola: Análisis de su Evolución de la Ing. Agr. Camila Montecinos. Curso DRHA. 1997

provocaron disminuciones drásticas de los precios agrícolas. Los aumentos de productividad hacen bajar los precios y se requieren nuevas máquinas.

El Monocultivo

Cuando las máquinas se convierten en herramientas fundamentales de trabajo agrícola surge la necesidad de homogeneizar el mundo vegetal. La máquina no discrimina entre distintos tamaños de semillas, entre plantas altas o plantas bajas, entre los distintos grados de madurez, o entre las distintas especies de una asociación. Se necesita trabajar con poblaciones homogéneas y con semillas que puedan ser sembradas mediante tubos de un mismo diámetro, con plantas que puedan ser cosechadas a la misma altura y en la misma fecha, y en superficies extensas que permitan maniobrar adecuadamente las máquinas. Se necesita además que todos los agricultores tengan semillas y plantas similares, ya que no se puede fabricar las máquinas a la medida de cada uno. La homogeneización fue entonces una exigencia mecánica, sin bases biológicas o agronómicas.

El monocultivo se extiende junto con la mecanización y el proceso de concentración de la tierra (Berg et. al, 1991).

Hacia 1930, el monocultivo ya estaba establecido en los países más industrializados como un óptimo técnicamente recomendable, la eliminación de animales de tiro era generalizada y el divorcio entre producción animal y producción vegetal también se hace una norma. La producción de abonos orgánicos, por lo tanto, es abandonada y el estiércol y otros restos agropecuarios hasta ese momento recursos disponibles, comienzan a transformarse en fuentes importantes de contaminación.

Semillas Comerciales y "Mejoramiento Genético"

Mientras no hubo mecanización, la producción de semillas y variedades vegetales era una labor más del agricultor y la homogeneización de las poblaciones no era considerado un factor importante. Más aún, se consideraba natural y necesario que todo agricultor produjera semillas y seleccionara las variedades que mejor se adaptaran a sus condiciones específicas de trabajo, las que podían ser muy distintas a las de otra región vecina, y la labor, por ejemplo, del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos fue fomentar que los agricultores experimentaran y produjeran su propia semilla (USDA, 1864, Berg et al, 1991). El ingreso de la máquina y de las grandes áreas bajo monocultivo creó un gran mercado potencial homogéneo de semillas, sentando así las bases para su producción comercial.

Dado que las poblaciones homogéneas no son un fenómeno natural, se hizo entonces necesario introducir formas de manipulación genética, las que, por permitir responder mejor al cultivo mecanizado, fueron rápidamente homologadas con "mejoramiento genético". Hacia la década del 30, la gran producción de semillas mejoradas ya se había establecido en Estados Unidos.

Los Fertilizantes y la Revolución Verde

La batalla por la productividad se exacerba nuevamente en la década del 30, como respuesta a los problemas desatados por la Gran Depresión. Esta vez las armas fundamentales son los fertilizantes no orgánicos, los que teóricamente aseguran superar cualquier limitante de nutrientes. Simultáneamente, el "mejoramiento genético" comienza una búsqueda cada vez más intensa de variedades homogéneas aptas para el cultivo mecanizado, para el procesamiento industrial a ese momento factor ya determinante de la producción agrícola (Briggs, 1980) y que fueran capaces de utilizar al máximo los fertilizantes sintéticos o minerales. Una exigencia adicional fue surgiendo en

ese momento: dado que los cereales estaban entre los cultivos comerciales que cubrían la mayor superficie y que la producción vegetal y animal estaban cada vez más separadas la producción de paja por parte de los cerealeros dejó de tener sentido. Esta no se necesitaba para forraje, ni para cama animal, ni menos aún como abono, ya que los fertilizantes sintéticos parecían funcionar mucho más eficientemente. Aún peor, los cereales de caña alta muchas veces no respondían a los fertilizantes, especialmente los nitrogenados por su facilidad a tenderse. Disminuir en todo lo posible la producción de paja y concentrar la producción fotosintética en la obtención de grano apareció como un objetivo obvio. El producto final fue lo que hoy conocemos como Revolución Verde.

La Revolución Verde no sólo produjo las llamadas "variedades milagrosas". También produjo la visión que la integración entre maquinaria, semillas e insumos era absolutamente natural. El término "paquetes tecnológicos" fue aceptado como algo positivo y no pasó mucho tiempo antes que también se pensara que tales paquetes eran de aplicación prácticamente universal. Comenzó entonces la modernización agrícola global, que para el mundo no industrializado significó principalmente la introducción masiva de variedades genéticamente manipuladas y homogéneas: se inició allí el proceso que llevó de situaciones de monocultivo local a monocultivo regional y continental.

La Erosión de Suelos

La simplificación de los sistemas productivos trajo consecuencias previsibles pero inesperadas en el momento. Una de ellas fue el deterioro de los suelos que al pasar de sistemas diversificados a monocultivo quedaban descubiertos por períodos largos y dejaban de recibir materia orgánica año tras año.

Los Pesticidas

Una segunda consecuencia inesperada fue el aumento de los daños por plagas y enfermedades hasta niveles en que los aumentos en producción eran más que contrarrestados. La investigación agrícola hizo entonces uso de compuestos sintéticos tóxicos, sobre los que la industria bélica había aprendido mucho durante la Segunda Guerra Mundial. Esto parecía ser una evolución natural, puesto que la homogeneización y simplificación de los sistemas productivos hacía prácticamente imposible las formas de control mediante factores ambientales. Así se inicia un nuevo proceso de dependencia de la agricultura en relación a factores externos: la introducción masiva de pesticidas industriales.

La aplicación en gran escala de pesticidas fue la consecuencia lógica de tener grandes áreas de monocultivo y grandes empresas industriales productoras de compuestos químicos. Inicialmente, se presentó a los pesticidas como la puerta de entrada a una época de abundancia ilimitada. El uso del DDT es el ejemplo clásico: no sólo nos permitiría combatir las plagas agrícolas, sino una enfermedad tan importante como la malaria. Los problemas de resistencia creciente sin embargo, no se dejaron esperar y las consecuencias ambientales demoraron algo más, pero también se hicieron presentes. El DDT fue uno de los primeros pesticidas prohibidos internacionalmente.

Las Consecuencias para el Agricultor

Llevamos más de un siglo de mecanización, cerca de 90 años de uso de fertilizantes sintéticos y semillas comerciales en gran escala, y casi 50 años de variedades milagrosas y aplicación masiva de pesticidas. El resultado es que hemos visto un aumento indudable en la productividad de los cultivos comerciales, aún cuando los mismos que desarrollaron algunas de las variedades

milagrosas entregan datos que muestran una disminución paulatina de las productividades (IRRI, 1993). Otros efectos especialmente fuertes en el Tercer Mundo es que tenemos ciudades que crecieron forzosamente sin ninguna capacidad de absorción productiva de quienes abandonaron el campo, que un porcentaje cada vez menor de los ingresos agrícolas queda en manos de los agricultores (Hobbelink, 1992, Berg et al., 1991), los costos de producción son cada vez más altos, hay una acelerada pérdida de los recursos genéticos, destrucción masiva de suelos por efectos de la pérdida de materia orgánica y cubierta vegetal, un número creciente de plagas y enfermedades resistentes, contaminación de aguas, etc.

Los Componentes Olvidados

El análisis anterior muestra cómo la ciencia agrícola, como toda ciencia aplicada, buscó información y soluciones a partir de condicionantes y supuestos que no son absolutos. Al partir de condicionantes impuestas por la mecanización, la investigación agrícola eligió una de muchas formas posibles de modernización. La vía escogida dejó fuera un conjunto de componentes biológicos cuyo potencial productivo no fue explorado. Simultáneamente dejó fuera los conocimientos de los agricultores, hombres y mujeres, que por generaciones observaron, experimentaron y manejaron con éxito los factores biológicos existentes en cada sistema productivo. Al convertir al agricultor en un mero ejecutor de normas técnicas determinadas en los campos experimentales dejó fuera una parte importante de la diversidad del conocimiento, un recurso presente en los sistemas productivos.

HACIA UNA NUEVA FORMA DE HACER AGRICULTURA

La situación actual de deterioro del ambiente y los recursos productivos hace imposible seguir ignorando factores biológicos o despreciando la posibilidad que los agricultores desarrollen conocimientos propios sobre los sistemas productivos que manejan y aprovechen al máximo los recursos locales. Se requiere cambiar la forma de hacer agricultura mediante la participación activa de los agricultores, ya que las infinitas adaptaciones locales sólo son posibles a través de quienes manejan directamente el proceso productivo. La agroecología es un enfoque tecnológico que facilita estos nuevos procesos y cada una de sus propuestas debiera tomarse como una invitación a explorar y perfeccionar.

LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN EL MUNDO²

En el mercado mundial se ofrecen más de 1.500 productos orgánicos frescos, congelados y procesados. El comercio de alimentos orgánicos ha llegado a ser un negocio significativo en el mercado global y los productos orgánicos están mostrando índices de crecimiento poco conocidos en el mercado de alimentos.

Según los datos de SÖL-Survey³, existen en la actualidad alrededor de 15.8 millones de hectáreas manejadas orgánicamente a nivel mundial. Actualmente la mayor parte de esta superficie se encuentra en Australia (7.6 millones de ha), Argentina (3 millones de ha) y Italia (casi 1 millón de

²Información basada en un estudio realizado por el Centro Internacional de Comercio (ITC) titulado "Alimentos y bebidas orgánicas. producción mundial y principales mercados europeos" publicado en octubre de 1999.

³Organic Agriculture Worldwide 2001. Statistics and Futures Prospects 2001

ha). Por Continente, Oceanía concentra casi el 50 % de la superficie orgánica mundial actual, seguida de Europa con el 23.6 y Latinoamérica con un 20 %

En Europa la agricultura orgánica se inicia sostenidamente en los años sesenta y a partir de los noventa su desarrollo es apoyado por subsidios estatales. En numerosos otros países ha habido un rápido crecimiento de la agricultura orgánica basado en la demanda por productos orgánicos en Europa, Norteamérica y Japón.

Los principales países productores y consumidores son también los mayores importadores que complementan su oferta con productos de otros países, como productos tropicales y frutas y hortalizas de contra estación. Dentro de éstos se destacan Alemania, Inglaterra, Japón y Estados Unidos, siendo los países con mayor consumo per cápita Dinamarca, Austria y Suecia. Entre los mayores exportadores se encuentran Estados Unidos, Italia, Argentina y México.

Las ventas al detalle a nivel mundial son estimadas en cerca de 20 billones de dólares en el año 2000. FAO espera un crecimiento rápido del mercado de productos orgánicos y predice un crecimiento anual de 20 % en Japón y Singapur. En algunos países en desarrollo los mercados locales están ampliándose también, pero no en forma rápida. Sin embargo, el mismo estudio señala que hay grandes oportunidades para los países en desarrollo en la mayoría de los principales mercados ofreciendo buenas perspectivas para productos orgánicos no producidos en Europa o Estados Unidos, tales como café, frutas tropicales, hortalizas y cítricos. Estas oportunidades se basan en que el gran crecimiento de la demanda en la mayoría de los mercados no puede ser suplida por la producción local por lo menos en el corto y mediano plazo y en el abastecimiento de productos en épocas de contraestación.

La participación de los productos orgánicos en los mercados internacionales de los países en desarrollo es aún pequeña, pero varias tendencias señalan una significativa oportunidad de crecimiento. Algunos factores que inciden en las perspectivas de crecimiento del mercado de orgánicos son: consumidores más conscientes sobre la salud, la inocuidad de los alimentos, las formas de producción no dañinas del medio ambiente y respetuosas de los derechos de los trabajadores, las campañas de promoción y comercialización cada vez más agresivas de los distribuidores, el desarrollo de productos, las innovaciones de empaque por parte de los procesadores de alimentos y las políticas de apoyo gubernamentales a este tipo de producciones en muchos países.

El nivel de precios de los productos orgánicos es generalmente superior al de los productos convencionales. Esto se debe a varios factores: mayores costos de producción y elaboración, costos de distribución más altos debido al número reducido de puntos de venta, menores volúmenes transados y los altos costos de certificación.

Los canales de comercialización son básicamente las tiendas de alimentación natural y de productos dietéticos; siendo secundario el volumen que en la actualidad se comercializa a través de supermercados y otros comercios convencionales.

Los países europeos mantienen la mayor superficie ocupada por agricultura orgánica como porcentaje del total de la superficie agrícola, siendo Liechtenstein el país que ocupa el mayor porcentaje de su superficie agrícola con un 17%. El siguiente cuadro muestra a los principales países, ordenados en orden decreciente.

Superficie agrícola orgánica y porcentaje del total de la superficie agrícola en Europa.

Pais	Superficie (Ha.)	% Sup. Agrícola
Liechtenstein	690	17.97
Italia	958.687	6.46
Alemania	452.279	2.64
Gran Bretaña	380.000	2.40
España	352.164	1.37
Francia	316.000	1.12
Austria	287.900	8.43
Suecia	174.000	5.60
Finlandia	147.423	6.79
Dinamarca	146.685	5.46
República Checa	110.756	3.15
Suiza	84.271	7.87
Eslovaquia	60.000	2.45

Por su parte, en América Latina, es Argentina el país con la mayor superficie, 3.000.000 de hectáreas que corresponden al 1,77% de la superficie agrícola, seguida de Brasil con 100.000 hectáreas y México con casi 86.000 hectáreas. Chile ocupa el décimo lugar.

SITUACIÓN DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN CHILE

Como en la mayoría de los países, la producción orgánica en Chile se está dando principalmente en pequeñas y medianas empresas agrícolas en donde los productores han desarrollado sus propias técnicas de producción. Existe una pequeña, pero adecuada capacidad de producción que ha crecido y que ofrece una amplia diversidad de productos. Sin embargo, la falta de antecedentes de su evolución hace difícil estimar la tasa de crecimiento en el mediano plazo.

SUPERFICIE CERTIFICADA COMO ORGÁNICA

Dado que las exportaciones orgánicas de nuestro país son relativamente recientes y por la escasa relevancia económica de estas exportaciones a nivel nacional, existe poca información respecto de la superficie ocupada por la producción orgánica en Chile, por lo que no es posible realizar un análisis de la evolución de la superficie orgánica.

De acuerdo a los antecedentes entregados por las empresas certificadoras al año 2001 la superficie dedicada a la producción orgánica fue de 4190.38 hectáreas, con la siguiente distribución:

RUBROS	Superficie año 2001
Horticultura	577,26
Frutales Menores	201,25
Frutales Mayores	1.174,73
Viñas	1.006,91
Praderas	52,55
Hierbas Medicinales	516,00
Rosa Mosqueta silvestre	498,95
Otros cultivos	162,73

Total	4.190,38
-------	----------

Entre las frutas destacan en orden de importancia manzanas, frambuesas, palta, kiwi, limón y uva de mesa, y los espárragos en el rubro de las hortalizas.

La mayor parte del embalaje, el procesamiento y la comercialización de los productos orgánicos en Chile, es realizado por procesadores y exportadores convencionales, que poseen instalaciones certificadas para manejar productos orgánicos a diferencia de lo que sucede en otros países, en que existen líneas distintas para lo que es procesamiento y comercialización orgánica de lo que es convencional.

EXPORTACIONES CHILENAS AL EXTERIOR

Dado que no existen glosas arancelarias específicas para productos orgánicos, no es posible contar con estadísticas oficiales de exportaciones de este sector. Por lo tanto, las estadísticas que a continuación se señalan, corresponden a las exportaciones de aquellas empresas que trabajan con ProChile o que al menos tienen algún grado de contacto con la institución. No obstante lo anterior, estas empresas representan un porcentaje importante de las exportaciones del sector orgánico chileno.

En el siguiente Cuadro se presenta la evolución de las exportaciones de productos agrícolas orgánicos chilenos durante las últimas seis temporadas.

Evolución de las exportaciones de productos orgánicos chileno 1994-2000

Temporada	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	Tasa prom. crecim. período
Volumen (kg)	606.645	700.862	821.129	1.171.398	1.175.435	1.868.007	
Valor FOB (US\$)	1.050.688	1.383.716	1.769.973	2.400.378	2.866.918	4.019.194	
Tasa crecimiento Vol (%)		15,53	17,16	42,66	0,3	67,92	27,64
Tasa crecimiento Valor (%)		31,70	27,91	35,62	19,44	40,19	30,97

Fuente: ProChile

Las exportaciones han aumentado desde poco más de 1 millón de dólares durante la temporada 1994/95 a más de 4 millones en la temporada 1999/2000, mostrando un gran dinamismo durante este periodo, creciendo anualmente a una tasa promedio superior al 30 % en valor FOB.

En el siguiente cuadro, se resumen los productos exportados durante la temporada agrícola 1999/2000

Producto	Valor FOB (US\$)
Hortalizas frescas	1.595.996
Fruta fresca	1.512.355
Productos procesados	910.843
Total	4.019.194

Fuente : ProChile, 2000

Entre los productos procesados se encuentran los espárragos y frambuesas congeladas, las hierbas medicinales, la rosa mosqueta y la miel de abejas.

Se debe destacar que las exportaciones de manzanas orgánicas frescas a EE.UU. se han duplicado en las últimas dos temporadas y que el vino orgánico, que a pesar que no se han realizado exportaciones, ya existe la oferta exportable. Este rubro tiene grandes oportunidades debido a la gran demanda existente en el exterior y a las óptimas condiciones que tiene nuestro país para su producción.

Actualmente se espera un crecimiento importante de la producción tanto a nivel nacional, pero especialmente en las exportaciones, debido principalmente a que muchas producciones ya han completado la etapa de transición, por lo que están en condiciones de comercializarse en el extranjero.

COMERCIALIZACIÓN PARA EL CONSUMO INTERNO

Los antecedentes sobre las ventas domésticas se basa en información proporcionada por la AAOCH en base a antecedentes de la empresa D y S sobre las ventas en Supermercados y por las ventas realizadas por la Asociación Gremial Tierra Viva en la Región Metropolitana.

Ventas de Enero a Octubre 2001(en miles de \$)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septie	Octub
12.168	9.198	15.131	22.029	26.770	22.029	28.602	32.759	30.907	38.924

SUPERFICIE CERTIFICADA EN LAS ULTIMAS CUATRO TEMPORADAS

RUBROS	1997/98	1998/99	1999/2000	2000/2001
Horticultura	272,9	132,2	139,6	577,26
Frutales Menores	198,0	400,9	146,0	201,25
Frutales Mayores	344,5	165,5	536,6	1.174,73
Viñas	276,0	44,0	437,4	1.006,91
Praderas	153,0	245,0	370,0	52,55
Hierbas Medicinales	181,0	122,5	120,0	516,00
Rosa Mosqueta silvestre	436,0	1.567,7	1550,0	498,95
Otros cultivos	--	--	--	162,73
Total	1.861,4	2.677,8	3.299,6	4.190,38

FUENTE. SAG en base antecedentes de AAOCH con información proporcionada por las empresas certificadoras

POTENCIAL PARA PRODUCTOS CHILENOS EN EL MERCADO ORGÁNICO EUROPEO, NORTEAMERICANO Y JAPONÉS

El fuerte desarrollo del mercado orgánico, sobre todo en los países europeos, Estados Unidos, Japón y Canadá, ofrece oportunidades para los agricultores de Chile. Nuestra experiencia como país exportador da garantía para hacer negocios y lograr buenos acuerdos con algunos países europeos que tienen un mercado orgánico importante, como Dinamarca, Suiza, Alemania, Austria e Inglaterra.

Para que un producto orgánico de Chile tenga aceptación en el mercado europeo tiene que ofrecer ventajas en el precio y la calidad y mantener una oferta estable.

Las mejores oportunidades de exportación las tienen los productos propios del país (especialidades chilenas) en los que el transporte no sea un factor limitante, como:

- Hierbas aromáticas, hierbas medicinales y especias, té de hierbas (infusión), fruta seca, miel, nueces
- Vino
- Productos regionales (carne, lana y cuero del cordero patagónico; carne, leche y cuero de la ganadería bovina, liebre y conejos silvestres, plantas silvestres, etc.)
- Productos campesinos de ecosistemas frágiles, tales como legumbres, quínoa, artesanía de lana, fibra y madera.

Otros productos que también tienen buenas posibilidades son los ya los productos ya consolidados de la exportación convencional: frutas y hortalizas frescas de contra estación (uvas, manzanas, kiwis, carozos, paltas, cítricos, espárragos y frambuesas).

Se estima que los volúmenes de productos orgánicos chilenos exportados se incrementarán a tasas de un 25% anual en el período 2001 – 2005.

POTENCIAL PARA LOS PRODUCTOS ORGÁNICOS DE CHILE EN EL MERCADO EUROPEO.

Potencial para productos orgánicos de Chile en el mercado europeo		
Producto	Situación y perspectivas en el mercado europeo	Oportunidades para Chile
Hortalizas	<ul style="list-style-type: none"> • Rubro importante en el mercado orgánico. • Crecimiento anual del mercado en 20 % con excelentes perspectivas de continuar desarrollándose especialmente para hortalizas procesadas. • La oferta europea está creciendo y los precios bajarán en los próximos años 	<ul style="list-style-type: none"> • Normalmente corresponden a demandas suplementarias en el invierno Europeo. • Buenas posibilidades para tomate al natural, en conserva y pulpa (puré). • Buenas posibilidades para espárragos, repollo de Bruselas, champiñones, cebolla, betarraga y zapallo. • Posibilidades para congelados, enlatados, deshidratados.
Frutas y berries	<ul style="list-style-type: none"> • La participación de la fruta orgánica es menor del 5 %, pero el volumen está creciendo con un buen potencial. • Demanda creciente de la industria por frutas 	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidades sobre todo durante el invierno europeo: manzanas, peras, uvas, kiwis, damascos, duraznos, nectarinas, ciruelas, frambuesas, frutillas, moras, grosellas, paltas.

	<p>congeladas (producción de yogurt, mermelada, etc.).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se requieren productos 100% orgánicos (no en transición). • Existe el peligro de una sobreproducción a nivel mundial con precios volátiles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buenas posibilidades para especialidades como castañas. • Posibilidades limitadas para limones, naranjas, mandarinas y otros cítricos (existen grandes productores en Europa, Argentina).
Jugos	<ul style="list-style-type: none"> • De importancia para el mercado europeo, su volumen de venta crece rápidamente. • La tasa de crecimiento anual para los jugos en los próximos años, será de un 40%. • Jugos de manzana, pera y uva son de procedencia local (Europa); los de cítricos provienen de América Latina y de Israel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidades muy limitadas para cítricos, manzanas, peras, berries.
Frutos secos, miel y nueces	<ul style="list-style-type: none"> • Importante en los productos procesados (muesli, productos de panadería); demanda creciente por la industria de alimentos. • El mercado de frutas secas y nueces está bastante desarrollado. • La miel constituye un tema nuevo para el mercado orgánico; el interés de los supermercados por ella es fuerte. • La oferta internacional está creciendo (Europa, Turquía, África del Norte, California, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • La distancia no es un factor limitante si Chile consigue ofrecer productos orgánicos de muy buena calidad. • Para nueces y almendras con y sin cáscara existen buenas oportunidades, para consumo y para la industria. • Muy buenas oportunidades para miel pues Chile tiene zonas limpias de gran extensión. • Buenas oportunidades para manzanas deshidratadas, pasas morenas y rubias. • Para semillas de maravilla, semillas de zapallo existen oportunidades limitadas.
Hierbas, especias y té (infusión)	<ul style="list-style-type: none"> • La demanda en Europa es importante, especialmente en las tiendas especializadas que venden un tercio de las hierbas aromáticas y medicinales (el otro tercio corresponde a la industria y el resto se vende en los supermercados y en otros canales). El mercado está bastante desarrollado y seguirá creciendo. • Muchos productores prefieren procesar hierbas medicinales en Europa para poder controlar la calidad; por esto prefieren hierbas de procedencia cercana. • La demanda para hierbas aromáticas y especias está creciendo, pero también la oferta con preferencia a los países cercanos. • La cuota de importación en el té es muy alta en Europa (80 %). • Una pequeña parte de las hierbas y del té orgánico (menos del 5%) proviene de recolección silvestre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las hierbas medicinales secas son interesantes para los productores chilenos. Es mejor si se pueden procesar en Chile. • El mercado para Hipericum (Hierba de San Juan) es muy grande, pero con pocas oportunidades debido a la gran competencia y peligro de exceso de producción. • Para Echinacea existen pocas posibilidades, porque hay que procesarlo fresco. • Buenas posibilidades para estragón, azafrán y orégano; posibilidades limitadas para mejorana, pimienta, ají picante y pimentón. • Se presentan oportunidades excelentes para té orgánico que tradicionalmente se produce en Chile y que son actualmente exportadas como orgánicas: rosa mosqueta, cedrón, tilo, manzanilla y

		<p>menta de Chile.</p> <ul style="list-style-type: none"> Existen posibilidades limitadas para aceites esenciales de eucalipto, manzanilla, etc.
Vino	<ul style="list-style-type: none"> El vino orgánico ocupa una posición estratégica en la diversidad de oferta de los distribuidores. El crecimiento anual de este producto es considerable en muchos países europeos y su potencial es promisorio. Los comercializadores más importantes son las cadenas de supermercados e importadores especializados en vino orgánico. La calidad es el factor más importante en el vino orgánico. 	<ul style="list-style-type: none"> Los comercializadores en vino generalmente aprecian mucho el vino chileno y están interesados en comercializar vino orgánico. Los vinos orgánicos no deben de ser aromatizados. Por razones ecológicas y económicas debidas al transporte, la competitividad para vinos de países lejanos es menor. La competencia para el vino orgánico chileno es de la propia Europa, además de Australia, California y Sudáfrica.
Cereales y legumbres	<ul style="list-style-type: none"> Los cereales corresponden al mayor volumen de venta. Los principales compradores son molinos, fabricantes de muesli y de concentrados. El mercado de los productos de panadería en Europa creció en forma sostenida en los últimos años. El potencial para el futuro es muy bueno, entre otras razones porque nace una nueva demanda de concentrados debido a la obligación para los productores de carne orgánica de utilizar forraje orgánico. El mercado de lupinos, frejoles, soya y otras legumbres es de poca importancia en el mercado. Su papel es complementar el surtido orgánico. El comprador principal es la industria de la alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> El mercado de cereales (avena, trigo y otros) es importante con gran potencial. Chile puede competir con otros productores de cereales (Europa del Este, Argentina, USA, Canadá) a condición que pueda producir a precios bajos. Para leguminosas de grano existen oportunidades limitadas y pequeños volúmenes de venta.
Aceite y plantas oleaginosas	<ul style="list-style-type: none"> En los últimos años este mercado se desarrolló fuertemente. Los principales importadores son supermercados, la industria de la alimentación, molinos de aceite y comerciantes especializados en aceite y plantas oleaginosas. Por su parte, la oferta y la demanda de aceite de maravilla, linaza, soya y oliva están en un buen equilibrio y el crecimiento anual es menor que en los años 90. Sin embargo, las perspectivas en el mercado son buenas. La oferta y la competencia internacional aumentarán y los precios tenderán a bajar. 	<ul style="list-style-type: none"> Existen posibilidades para aceite y plantas oleaginosas siempre que Chile pueda producir a precios competitivos y de alta calidad.
Productos animales, pescados y mariscos	<ul style="list-style-type: none"> El mercado europeo se autoabastece de leche principalmente del mercado local. La importancia de la carne orgánica aumentó mucho después de los problemas del mal de las vacas locas (BSE) y la fiebre aftosa. Sin 	<ul style="list-style-type: none"> Pescados y mariscos. Todavía es muy difícil estimar el potencial de este mercado. Lo cierto que los países nórdicos y mediterráneos están más cerca de los consumidores europeos y la

	<p>embargo, la carne es un segmento que todavía está poco desarrollado en el mercado orgánico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La venta de carne de cerdo y aves orgánicas crece sostenidamente. • Existe un mercado internacional para estos productos y Argentina es el pionero en la exportación de carne orgánica hacia Europa. • El mercado de pescados y mariscos orgánicos recién comienza. Son pocos los productores y vendedores. 	<p>competencia para Chile vendrá de allá.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carne. Existen posibilidades limitadas para especialidades como el cordero de Tierra del Fuego
<p>Productos no comestibles (Non-Food)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gracias a iniciativas de supermercados (p.ej. NaturaLine de COOP Suiza) existe una importante demanda por tejidos orgánicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lograda esta etapa con éxito se pueden abrir nuevas posibilidades para Chile, como lana, por ejemplo. • Existen buenas oportunidades para esencias cosméticas (aceite de rosa mosqueta, etc.), plantas ornamentales y flores.

EL COMPOST Y SU ELABORACIÓN

El compost es una mezcla de diferentes elementos, entre los que se cuentan materia orgánica de distinto origen, microorganismos, y elementos minerales propios del suelo. El compost es producto de un proceso de oxidación biológica, el que se logra a través de estados secuenciales que convierten materia orgánica heterogénea y sólida en partículas finas y homogéneas de humus. El compost contiene bacterias y hongos que descomponen la materia orgánica y la convierten en humus, por lo que tiene ingredientes activos como antibióticos y antagonistas de plagas y enfermedades del suelo.

La materia orgánica es una reserva muy importante de nitrógeno disponible, contiene hasta 65% del P total presente en el suelo y es una fuente importante de S y otros nutrientes imprescindibles para el buen desarrollo de las plantas. Además, el suelo puede obtener el C como fuente de la actividad metabólica por parte de los microorganismos, obteniendo como resultado un mejoramiento en la estructura y propiedades físicas del suelo.

El requerimiento más importante en el compostaje es el aire, el cual debe ser suministrado en cantidades suficiente. Si el material es ordenado en montones altos y angostos, esto permite que el aire llegue al centro por los lados, mientras que si este montón es ancho, será menos aireado en el centro incentivando una descomposición anaeróbica. Se pueden hacer perforaciones para provocar un efecto chimenea y permitir la liberación de humedad, así como también la utilización de canales a través de la base, los cuales también ayudan en la aireación del material en compostaje. La estabilidad estructural del material crudo también es importante en este aspecto; el material con baja estabilidad estructural, como residuos vegetales necesita ser mezclado con materiales con mayor estabilidad estructural como paja, astillas de madera y corteza.

En el caso de la compostación, el proceso biológico se realiza bajo agregación de aire, produciéndose varios fenómenos en forma paralela: la degradación, transformación y síntesis de materia orgánica. El proceso aeróbico de transformación y síntesis lleva a la formación de compost en tanto que la degradación total de la materia orgánica lleva a la formación de CO_2 y H_2O . La flora microbiana cambia en forma constante durante el proceso de acuerdo a las transformaciones del medio. El factor más importante en este contexto es el desprendimiento de calor que realizan los microorganismos lo que lleva al alza de temperatura del compost.

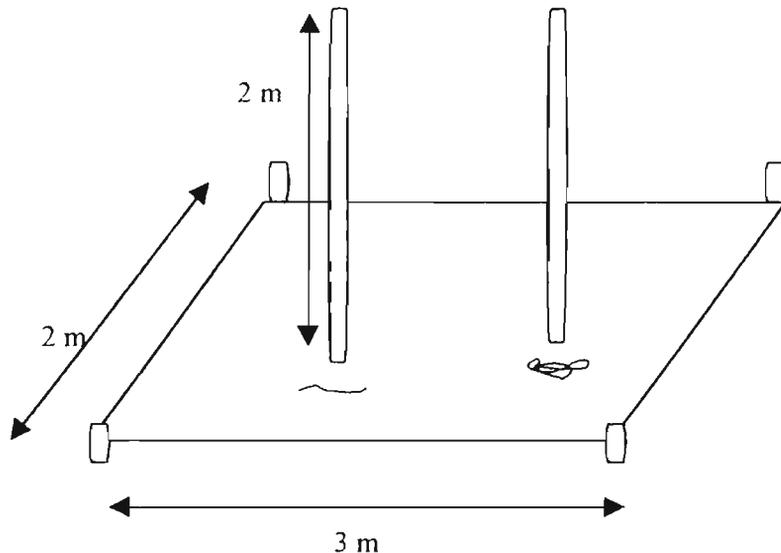
El compost es un abono orgánico completo, que se prepara en el mismo predio y que tiene dentro de sus múltiples ventajas:

- Es económico ya que el único recurso de valor requerido para su elaboración lo constituye la mano de obra, dado que los materiales necesarios son los restos de cultivos o cualquier elemento que esté conformado por materia orgánica, junto con guano de ave, vacuno, bovino, caprino, etc.
- El compost posee grandes ventajas desde el punto de vista de la nutrición vegetal dado que entrega los nutrientes de manera lenta, al ir mineralizándose la materia orgánica que lo constituye, lo que permite evitar pérdidas de nutrientes ya sea por volatilización como por lixiviación (principalmente en el caso del nitrógeno), como también el sincronizarse esta liberación lenta pero permanente con la absorción de nutrientes por parte de los vegetales.
- Otra ventaja del compost, debido a la temperatura que alcanza en el proceso, es la muerte de la mayoría de los hongos patógenos del suelo, junto con las semillas de malezas, haciendo del él un abono de insuperable calidad fitosanitaria. Además se conocen ciertos hongos propios del compost que poseen un elevado poder antagonista con enfermedades del suelo.

Fabricación de Compost

Una forma sencilla de preparar compost es la siguiente:

- Elija un lugar que en lo posible no sea ni muy caluroso en verano ni muy frío en invierno. Mejor si el agua está cerca.
- Marque en el suelo un rectángulo de 2 metros por 3 metros.
- Suelte un poco el suelo del espacio que quedó marcado. Coloque dos palos de más o menos 2 metros de largo. No los entierre mucho para que pueda después sacarlos con facilidad.



- Coloque sobre el suelo suelto una primera capa de desechos vegetales de unos 20 cm. El material puede estar verde o seco; lo mejor es una mezcla de ambos. No conviene apretar el material. Al quedar suelto el montón tendrá el aire que necesita para descomponerse.
- Ponga encima una capa de unos 5 cm. de guano de cualquier animal.
- Agregue una pequeña capa de 2 cm. de tierra.
- Riegue bien todo el montón.
- Repita las capas anteriores y el riego hasta llegar a un metro y medio de altura.
- Tape el montón con un poco de paja o maleza y saque los palos. Los hoyos que quedan servirán de respiradero para que circule el aire.

La abonera debe estar siempre húmeda. No olvide regarla de vez en cuando en verano y de cubrirla con algo que la proteja de las lluvias fuertes en invierno. Así funcionará bien, calentándose a los 2 ó 3 días de hecha y manteniéndose con calor más o menos por 20 días.

Al mes deberá dar vuelta (revolver) bien el montón. De esta manera el abono estará listo para ser usado más o menos a los tres meses. Si no lo revuelve se demorará 5 ó 6 meses. Si después del primer mes continúa revolviéndolo, el proceso será más rápido.

Para abonar bien los cultivos se necesitan al menos 10 toneladas por hectárea al año y hasta 15 si se trata de cultivos más exigentes (papas, maíz, por ejemplo). En el caso de las praderas basta con 5 toneladas. Si se tiene más abono se pueden utilizar mayores cantidades y habrá mejores resultados.

Un montón con las dimensiones anteriores al momento de hacerlo (2 mt. x 3 mt. x 1,5 mt.) le dará aproximadamente 3 toneladas y media de abono. Por lo tanto para fertilizar una hectárea necesitará hacer alrededor de 4 montones de ese tamaño en el año.

Si en el lugar se han juntado previamente los materiales, la confección de una abonera con las dimensiones señaladas, hecho por dos personas, no demora más de dos horas.

El proceso de compostaje se divide en tres estados:

1.- Mesofílico: Inicialmente durante esta etapa los organismos presentes en los residuos orgánicos y en la atmósfera comienzan a descomponer los materiales; se libera calor, la temperatura aumenta. El pH baja a medida que se producen ácidos. Sobre 40°C comienza el estado termofílico.

2.- Termofílico: La temperatura aumenta a los 60 °C, donde los hongos se desactivan. Por sobre esta temperatura la reacción es mantenida por Actinomicetes y bacterias formadoras de esporas. En esta fase de alta temperatura las sustancias mas fáciles para ser degradadas como azúcares, almidón, grasas y proteínas son consumidas rápidamente; el pH se torna alcalino, el amonio es liberado de las proteínas. Disminuye la velocidad de reacción a medida que los materiales resistentes son atacados; luego se entra a la fase de enfriamiento. A medida que disminuye la temperatura, los hongos termofílicos reinvasen el área y comienzan a atacar la celulosa. Más tarde aparecen nuevamente los organismos mesofílicos. Este proceso ocurre relativamente rápido (unas cuantas semanas).

3.- Maduración: El último estado, la maduración, requiere varios meses; las reacciones ocurren en el material de residuos orgánicos para producir humus, el cual se caracteriza por su estabilidad, y la presencia de ácidos húmicos. Durante este período hay una intensa competencia de alimentos entre microorganismos: ocurre una formación de antagonistas y antibióticos que invaden la macrofauna (termitas, hormigas, gusanos, etc.) que contribuyen a la descomposición por la maceración física de las partículas. Los requerimientos de calidad de diferentes tipos de compost no sólo se limitan a las características como el contenido de metales pesados o contenido orgánico, sino que también a la compatibilidad con las plantas y ausencia de semillas de maleza y patógenos que podrían afectar a la planta, animales o a las personas que lo manipulan. La ausencia de semillas de malezas viables y patógenos en el material compostado es considerado como un factor muy importante relacionado con la contaminación.

Aportes del Guano y Orina en la fertilización

El guano y la orina de los animales contienen cantidades importantes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y otros elementos que necesitan las plantas para su crecimiento. La composición de los diferentes guanos es muy variable y generalmente depende de la dieta que se suministre al animal. Un promedio es el siguiente, expresado en % de materia seca:

<u>Abono/guano</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>Fósforo</u>	<u>Potasio</u>
Vacuno	0.94	0.42	1.89
Oveja	2.82	0.41	2.62
Cerdo	1.77	2.11	0.57
Conejo	1.91	1.38	1.30
Cabra	2.38	0.57	2.50
Caballo	1.98	1.29	2.41
Ave piso	2.89	1.43	2.14
Ave jaula	2.92	2.14	1.62
Purín bovino	0.3	0.2	0.3
Guano rojo	1.8	1.80	1.65

Se ha calculado que más del 75 % de los minerales que consumen los animales en pastoreo vuelve al suelo.

El guano es además materia orgánica (restos de vegetales) que ya está semi descompuesta y que va a mejorar la calidad del suelo donde sea aplicado. En él también se encuentran diversas sustancias y microorganismos que ayudan a descomponer más rápidamente los otros restos vegetales que se encuentran en el suelo o con los que se mezcla el guano.

Una parte de los nutrientes que elimina el animal, especialmente los que están en la orina, pueden ser utilizados rápidamente por las plantas. Pero una parte importante producirá primero transformaciones en el suelo y posteriormente quedará a disposición de las plantas.

No es conveniente usar el guano solo directamente en los cultivos, especialmente si está fresco, porque pueden aumentar demasiado algunos hongos dañinos. Siempre es mejor usarlo mezclado con restos vegetales.

Uso de la Cama de los Animales

Si hay animales en el predio, que es lo mejor en este tipo de agricultura y así no es necesario traer guano desde fuera para hacer las aboneras, se puede utilizar la cama de los animales o “abono de corral” como se llama en algunos lugares.

Una forma para hacer una cama es agregar paja, otros restos de cosechas o malezas secas en el corral de los animales. De esta manera los animales estarán en mejores condiciones (especialmente con menos barro y humedad en invierno) y se podrá aprovechar no sólo el guano, sino también la orina que se va mezclando con la paja.

Al sacar la cama de los animales se hace con ella un montón en la misma forma como se hacen las aboneras que se explicaron antes. Se debe colocar el material lo más suelto que se pueda a fin de que el aire active el proceso de fermentación.

Una vez bien descompuesto el montón se puede usar en la misma forma como se explicó para el abono orgánico de la abonera. Un montón de 2 metros cúbicos de este material equivale a una tonelada de abono.

El Abono Verde

Se llama abono verde a la incorporación al suelo de plantas, pastos o incluso malezas cuando están todavía verdes. Se usan especialmente leguminosas como la vicia, el trébol o el lupino. Esta forma de abonar agrega nitrógeno y otros nutrientes al suelo. Las leguminosas por su propiedad de sacar nitrógeno del aire, pueden incorporar de 90 a 240 kilos de nitrógeno por hectárea. Por tanto abonar con abono verde equivale a fertilizar con salitre o úrea, pero en forma natural y más completa.

Si las plantas que se van a incorporar son altas o tupidas, se deberán picar, por ejemplo, con una rastra de discos. Se debe tener cuidado de no tapar completamente las plantas y que el suelo esté húmedo para facilitar su descomposición.

La tierra a la que se ha incorporado abono verde debe mantener la humedad y esperar entre 2 y 4 semanas antes de ser sembrada.

Purines

Los purines son desechos animales líquidos que se dejan fermentar para aplicarlos después como fertilizantes.

Hay diversas formas de fabricar purines. Una sencilla es la siguiente:

Si tiene un corral o establo que pueda lavar, haga un estanque o acumulador del agua del lavado que ya está mezclada con el guano y la orina de los animales. A los dos meses que comenzó a llenarlo puede repartir el líquido por su campo (una pequeña bomba puede ser práctica para hacerlo).

Una buena dosis de fertilización es la de 30.000 litros de purín por hectárea al año.

En las praderas se puede aplicar después de cada corte. En los cultivos, tres veces; en el surco de riego o incluso por aspersión cuando las plantas están ya crecidas.

La diferencia entre los fertilizantes sólidos y los líquidos consiste en que estos últimos son de efecto más rápido; en cambio los sólidos actúan más lentamente, pero su efecto es más duradero. Según la necesidad se podrá elegir unos u otros o combinarlos.

Fertilizantes Foliares

Los fertilizantes foliares son preparados orgánicos líquidos que se aplican en las hojas de las plantas. En este caso la planta absorbe por las hojas los nutrientes que hay en el fertilizante. Algunos de fácil fabricación son el “té” de compost y el “té” de ortigas. Otro algo más complejo es el llamado “Super-Magro” (qu tuvo su origen en Brasil). Los fertilizantes foliares, además de entregar nutrientes a las plantas, ayudan a prevenir ataques de hongos.

Preparación del Té de Compost

Se hace con una mezcla de 90 % de agua y 10 % de compost o abono de la abonera.

Una forma práctica es usar un tambor de 200 litros, colocar adentro una bolsa harinera con 20 kilos de compost (así no se tendrá que colar después el líquido) y llenar de agua el tambor. (90 % de agua y 10 % de abono compuesto o compost).

Dejar fermentar el contenido del tambor durante 7 días, apretando algunas veces la bolsa con compost.

Se puede también agregar 10 litros de leche al tambor antes de llenar con agua (5% de leche). Este té es aún más efectivo en la prevención de ataques de hongos.

Para aplicar el té de compost se hace una mezcla de 3% a 5% de té y el resto de agua (por ejemplo: medio litro de té para 10 litros de agua). Aplicarlo en la tarde sobre las hojas de las plantas con una bomba manual. Se puede aplicar cada 10 días.

Preparación del Té de Ortigas

Se hace y se aplica de la misma manera que el té de compost.

La diferencia es que en vez de poner compost en la bolsa se ponen 20 kilos de ortiga para un tambor de 200 litros.

El “Súper-Magro”

El Súper-Magro es también una preparación líquida que agrega algunas sales necesarias para las plantas, las cuales son incorporadas orgánicamente al fertilizante por medio del proceso de fermentación.

Preparación:

- En un recipiente de 250 litros colocar 30 kilos de guano fresco de vaca y agua hasta completar 120 litros
- Cada 5 días agregar uno de los siguientes productos a la mezcla:
 - 2 kilos de sulfato de zinc
 - 2 kilos de clorato de calcio
 - 2 kilos de sal de mar
 - 300 gramos de sulfato de manganeso
 - 50 gramos de sulfato de cobalto
 - 100 gramos de molibdato de sodio
 - 300 gramos de sulfato de cobre
 - 1 kilo y medio de bórax o de ácido bórico
- Cada vez que se incorpore uno de los productos de la lista anterior, colocar en lo posible todos los productos de la siguiente lista:
 - 1 litro de suero de leche
 - 1 litro de melaza de caña o medio kilo de chancaca
 - 2 ó 3 cucharadas de sangre
 - 200 gramos de conchuela (bien molida)
 - restos de hígado
- Mientras mayor sea la diversidad es mejor
- Después de incorporar el 4º producto de la primera lista, agregar 20 kilos más de guano fresco y 20 litros más de agua
- Al final de la serie de productos agregados completar con agua hasta llenar el recipiente
- Esperar al menos un mes antes de usarlo
- Para aplicarlo, disolver el preparado en agua después de colarlo. Usar una solución del 1% al 5% (alrededor de una taza de Súper-Magro para 10 litros de agua)
- Aplicar esta solución con una bomba sobre las hojas, durante las tardes
- En los frutales se hacen aplicaciones cada 12 días desde antes de la floración hasta que maduran las frutas
- En los cultivos se puede aplicar cada 15 días durante el período de crecimiento

EL SUELO Y LA FERTILIDAD⁴

Fertilidad es la capacidad de dar vida. Al hablar de fertilidad de suelos nos referimos a su capacidad para permitir y sustentar vida vegetal. Esta no sólo depende de la presencia de nutrientes en el suelo, sino también de su disponibilidad para las plantas, de la capacidad del perfil para almacenar y entregar agua, de la existencia de un espacio físico para el crecimiento de raíces, y de la ausencia de procesos de destrucción de lo que haya logrado crecer. La fertilidad del suelo tiene, por lo tanto, componentes químicos, físicos y biológicos, y todo manejo efectivo debe considerar mecanismos de optimización de los tres tipos de componentes en forma interdependiente, mostrando como los distintos factores que afectan la nutrición nitrogenada y fosfatada que aparentemente son de naturaleza exclusivamente química dependen de factores físicos y especialmente biológicos.

1. MANEJO DEL NITROGENO

La figura N° 1 muestra las distintas formas de nitrógeno en el suelo. Aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NH_3) o amonio (NH_4), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación o reducción.

Debido a que la solubilidad de los compuestos nitrogenados es alta, su disponibilidad para las plantas y microorganismos normalmente también es alta, siempre y cuando el estado de oxidación sea el adecuado. A diferencia del fósforo, la estrategia central para la nutrición nitrogenada no consiste en aumentar la disponibilidad del elemento, sino en optimizar el balance de N en el suelo, lo que hace necesario, aunque parezca obvio, maximizar las entradas y minimizar las salidas.

La figura N° 2 muestra las entradas y salidas de nitrógeno desde el suelo. La importancia de cada una de ellas variará de acuerdo al tipo de cultivo, tipo de suelo, formas de fertilización, nivel de materia orgánica en el suelo, etc. Un suelo arenoso sometido a altas tasas de fertilización soluble y altas tasas de riego puede perder hasta un 90% del nitrógeno. Los suelos francos o arcillosos sometidos a fertilización orgánica y rotaciones con leguminosas suelen presentar balances positivos de nitrógeno.

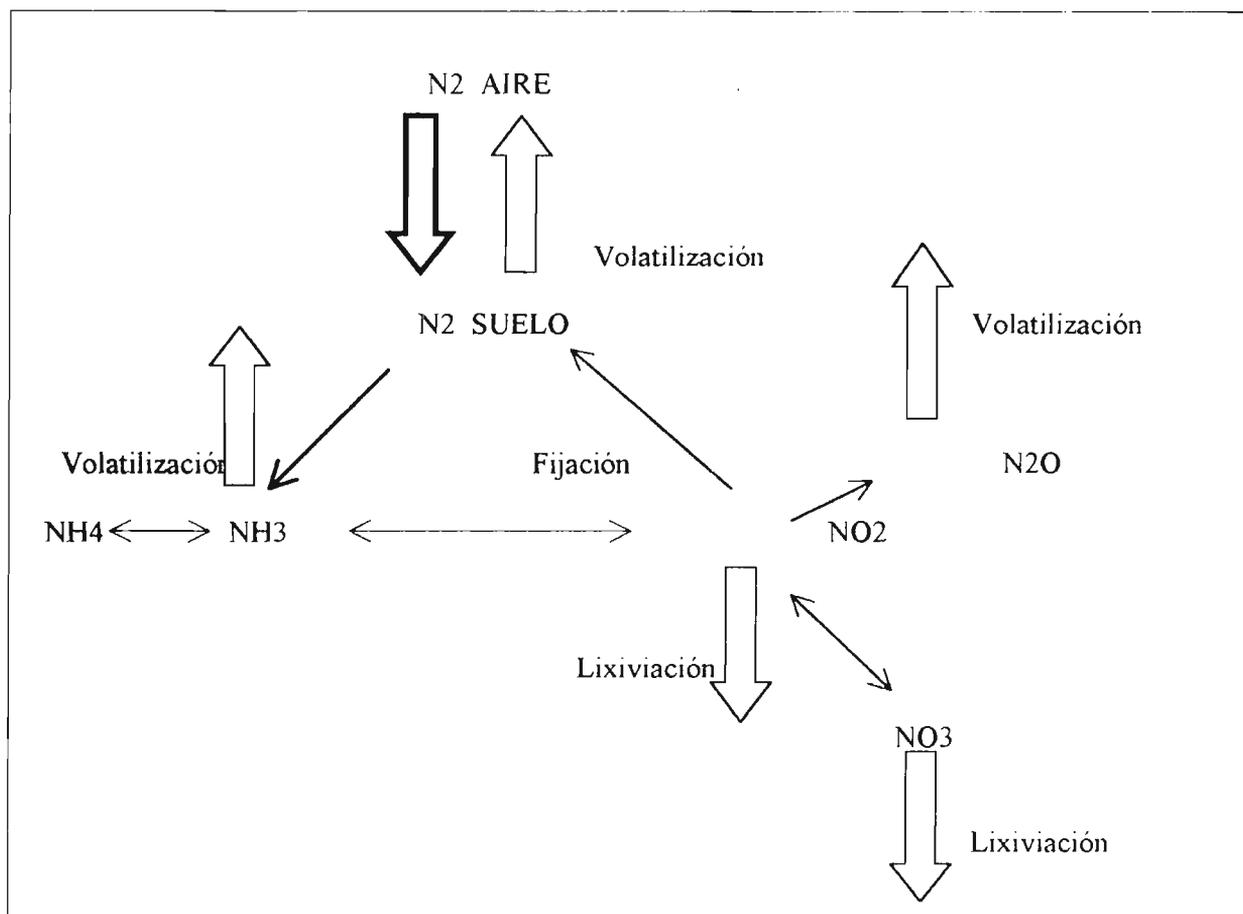
Optimización De La Fijación Biológica

Las principales entradas de N al suelo se producen a través de las distintas formas de fijación biológica. Este proceso consistente en capturar el N_2 del aire y convertido en NH_3 - NH_4 utilizable, puede hacerse en forma simbiótica, especialmente por parte de las leguminosas o mediante microorganismos de vida libre. Las cifras más comunes para la fijación de nitrógeno en suelos templados oscilan alrededor de los 50 kg. de N/ha/año, pero también se encuentran resultados que indican cifras cercanas a los 200 kg de N/ha/año (NRS, 1989). Aún se sabe poco sobre la fijación libre asociada a cultivos, pero la larga lista de organismos fijadores ya identificados permite pensar que esta forma de fijación puede ser mucho más importante de lo que hasta ahora estimamos (Ruschel y Pontes, 1992).

Una primera medida de optimización de la fijación biológica del nitrógeno consiste en no olvidar que los agentes fijadores son seres vivos. Todo proceso que atente contra la vida en el suelo tendrá efectos negativos sobre el potencial fijador. Una sincronización más «fina» de las condiciones necesarias para la fijación exige respetar además las exigencias ambientales de este proceso.

⁴ Corresponde a una versión sintetizada del documento del mismo nombre de la Ingeniero Agrónomo Camila Montecinos incluida en el Módulo II del curso Desarrollo Rural Humano y Agroecológico, Marzo 1997. Por razones de espacio, la bibliografía citada no está incluida en esta versión, disponible en el documento original

FIGURA 1
Formas de Nitrógeno en el Suelo



Tanto la fijación libre como simbiótica requieren de alta disponibilidad de energía y sitios aireados, pero carentes de oxígeno, ya que la nitrogenasa, enzima central en el proceso de fijación, es destruida irreversiblemente en presencia de oxígeno. Esta aparente contradicción es superada por parte de los organismos fijadores mediante la inducción de micrositos anóxicos.

En la fijación por parte de la asociación con leguminosas, este sitio es el nódulo en la raíz. La formación de nódulos activos es un proceso complejo y a menudo deficiente en la práctica. Se requiere de cepas de *Rhizobio* efectivas, genéticamente compatibles, competitivas y capaces de sobrevivir libremente en condiciones adversas. La identificación de cepas óptimas puede tomar mucho tiempo o no llegar a buenos resultados, ya que la capacidad de sobrevivencia suele estar asociada a baja capacidad de sobrevivencia en condiciones adversas. Para proteger la fijación simbiótica, por lo tanto, es necesario entregar condiciones permanentes para la sobrevivencia de los rizobios en forma libre. Estos pueden mantenerse saprofiticamente, y su mayor población dependerá de la disponibilidad de nutrientes y de una alta disponibilidad de hidratos de carbono que puedan ser utilizados como fuente de energía. Tales condiciones se encontrarán en suelos con altos contenidos de materia orgánica lábil y altos niveles de exudación radicular.

Para los microorganismos fijadores de vida libre, los micrositos anóxicos se crean mediante tasas respiratorias elevadas en el suelo, es decir mediante niveles elevados de actividad biológica. Estos, a su vez, dependen de altos niveles de materia orgánica. Por lo mismo, algunas de las mayores tasas de fijación libre se han observado asociadas a las raíces de cultivos de fisiología C4 (los que normalmente presentan altas tasas de exudación radicular de carbohidratos) o en suelos con niveles altos de materia orgánica rica en celulosa.

FIGURA 2

Entradas y salidas de Nitrógeno del suelo

Minimización De Las Salidas

Cuatro son las grandes formas de salida del nitrógeno de los sistemas productivos: lixiviación, volatilización, cosecha y erosión.

Para minimizar la lixiviación y volatilización, es importante considerar que el N es un elemento de alta movilidad: aunque puede ser fácilmente aprovechado por las plantas, puede también perderse fácilmente mediante lixiviación o volatilización. El nitrógeno debe ser entonces "adherido" al suelo mediante distintos mecanismos. El primero y más directo es la absorción por parte de plantas y organismos del suelo. Puesto que la absorción excesiva de nitrógeno puede ser tan dañina para el cultivo como la deficiencia del mismo, debe inducirse que el mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los organismos que lo habitan (Hunt et al, 1987). Las bacterias, hongos y nemátodos de vida libre son los principales componentes de esta "bodega biológica".

Un segundo mecanismo importante es evitar los cambios de estado de oxidación, ya que todos los estados intermedios entre nitrato y amonio son inutilizables por las plantas o microorganismos y quedan sujetos a pérdidas potencialmente aceleradas (King, 1988). Una forma de evitar cambios en

los estados de oxidación es mejorando la estabilidad ambiental, por lo que disminuir la labranza y evitar extremos de humedad son dos medidas básicas en la economía del nitrógeno. Los cambios en los estados de oxidación, sin embargo son en la práctica inevitables y cada proceso de cambio aumenta las posibilidades de pérdida. La absorción por parte de las raíces y los organismos del suelo sigue, por tanto, siendo fundamental.

Las salidas de nitrógeno mediante cosecha son inevitables en la agricultura. Sin embargo, pueden ser efectivamente reducidas mediante el reciclaje de los desechos vegetales y animales. La incorporación de desechos al suelo mediante aplicación directa o mediante compostaje son mecanismos ya ampliamente utilizados. Desde el punto de vista de la economía del nitrógeno, es necesario que la materia orgánica aplicada o composta tenga una relación C/N más bien alta, ya que la descomposición de compuestos nitrogenados lleva a pérdidas importantes por volatilización si no va acompañada de síntesis de tejido microbiano, la que depende también de alta disponibilidad de energía e hidratos de carbono.

Finalmente, el control de la erosión es imprescindible para asegurar no sólo la nutrición nitrogenada, sino también la nutrición vegetal en general.

2. MANEJO DEL FOSFORO

El fósforo a menudo aparece como un nutriente limitante en los suelos agrícolas, cualquiera sea su forma de manejo. No es posible capturarlo biológicamente desde el aire, como ocurre con el nitrógeno, y su ciclo natural involucra larguísimo períodos, lo que en términos de manejo agrícola equivale a decir que no podemos depender del ciclo del fósforo, sino de la posibilidad de generar determinados flujos y sub-ciclos de él al interior de los sistemas suelo-agua-organismos vivos. Sin embargo, los sub-ciclos se ven dificultados por el hecho que los equilibrios de reacción del fósforo tienden a mantener la mayor parte de él en condiciones no disponibles para las plantas o microorganismos.

Las plantas absorben fósforo en estado soluble, pero cuando se introduce fósforo al suelo, más del 90% de él pasa rápidamente a formas insolubles, no disponibles. Así, gran parte de los fertilizantes fosfatados que se aplican no son utilizados por las plantas sino que se almacenan en el suelo. Por ejemplo, algunos suelos volcánicos del sur de Chile, con gran capacidad de inmovilizar fósforo, han acumulado más de 2 ton/ha de fósforo total (Borie, 1991), pero los niveles de fósforo soluble pueden continuar cercanos a los 15 ppm. La situación anterior se agrava cuando el uso agrícola disminuye los niveles de materia orgánica del suelo o induce cambios hacia los extremos de la escala de pH; la ineficiencia de uso aumenta y se hace necesario elevar aún más las dosis de fertilización. Esto ha llevado a que la fertilización fosfatada óptima sea inalcanzable para un número creciente de agricultores. Si consideramos además que las reservas mundiales de fósforo son limitadas, no es difícil prever masivos problemas de sustentabilidad a corto y mediano plazo, ya sea por encarecimiento significativo de la fertilización fosfatada, o directamente por agotamiento de los depósitos de este nutriente. Un manejo de fertilidad de suelos racional y sustentable, entonces, hace indispensable aumentar la eficiencia de utilización, la que no depende de mayores tasas de aplicación de fertilizantes, sino de fomentar procesos de reciclaje y de solubilización del fósforo en el suelo. A continuación se discuten algunos de los mecanismos más efectivos para lograr los procesos de solubilización.

Formas De Fosforo En El Suelo

El fósforo del suelo se presenta casi exclusivamente como ortofodatos derivados del ácido fosfórico, H_3PO_4 , que se combina con compuestos orgánicos o con compuestos de Fe, Ca y Al.

Los compuestos formados pueden encontrarse en forma de sales en solución, sales cristalinas o sales adsorbidas por los coloides del suelo. El ion fosfato puede además ser directamente adsorbido por los coloides del suelo o puede formar enlaces de gran estabilidad con los hidróxidos de Fe, Al o Mn que forman parte de los coloides del suelo. Estos últimos constituyen el "Fósforo fijado".

Las principales formas de fosfatos orgánicos son el fosfato de inositol y los ácidos nucleicos. Tanto el inositol como los ácidos nucleicos parecen tener origen principalmente microbiano. El nivel de fósforo orgánico en los suelos puede variar entre un 3 y un 85% del fósforo total.

La abundancia relativa de cada uno de estos compuestos variará de acuerdo al origen del suelo, a los niveles de materia orgánica y al pH.

Flujos Del Fósforo En El Suelo

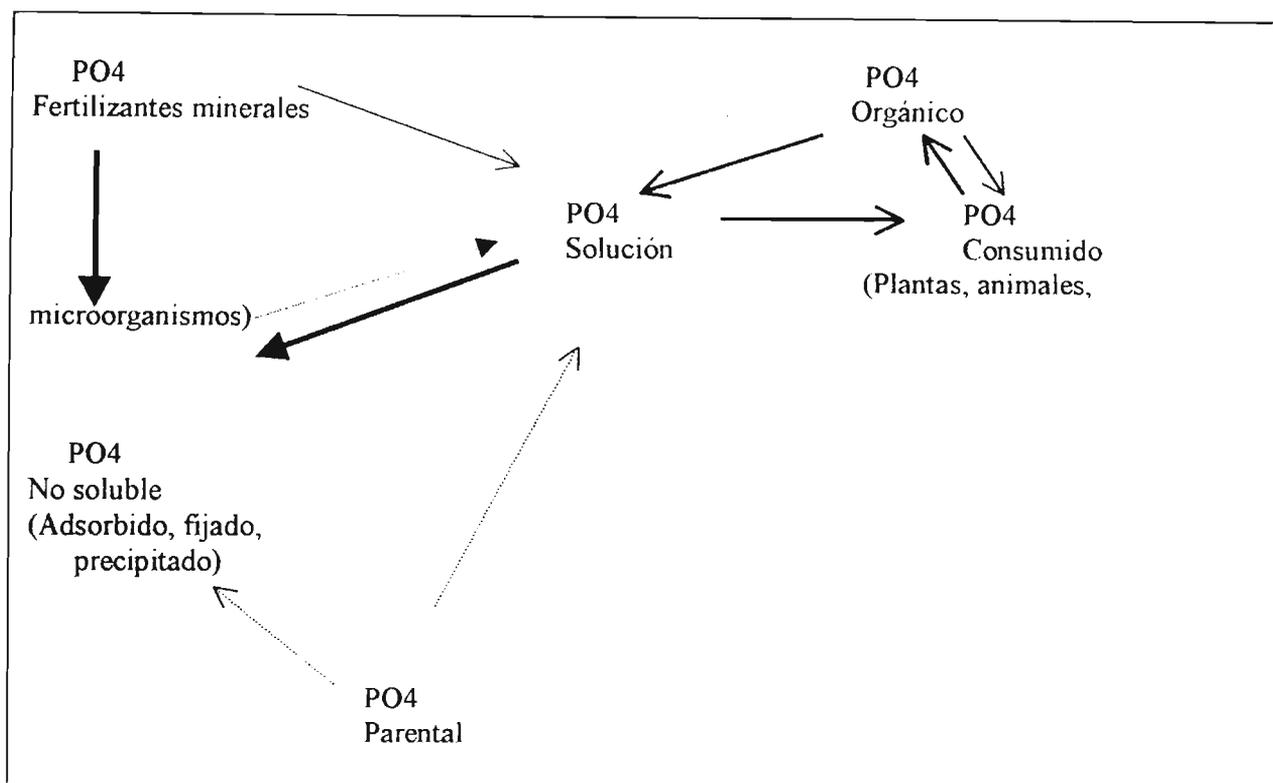
Un esquema general de las formas de fósforo en el suelo se presenta en la figura N° 4. Las plantas absorben fósforo en forma de H_2PO_4 , ion que queda disponible al solubilizarse o romperse cualquiera de los compuestos fosfatados. Los equilibrios de reacción llevan a que la mayor parte del fósforo del suelo se encuentre en formas del baja o muy baja disponibilidad. Sólo un porcentaje muy bajo (entre 0,1 ppm y 0,3 ppm) se encuentra realmente en solución, plenamente disponible para las plantas y microorganismos.

Los equilibrios de reacción entre las distintas formas de fósforo dependerán de los coloides y minerales presentes en el suelo, el pH, la actividad microbiológica, la presencia de enzimas y ácidos orgánicos y la intensidad de la demanda del nutriente. Mientras la composición y PH del suelo son características inalterables o muy difíciles de alterar, los agentes de origen biológico son posibles de manejar, y prácticamente todos ellos tienden a mantener al fósforo en sus estados de mayor disponibilidad. Por lo mismo, los agentes biológicos son fundamentales para asegurar un mejor y mayor uso del P del suelo. Los principales mecanismos a través de los cuales actúan estos agentes son los siguientes:

a. **Mantenimiento de una demanda permanente.** Dado que el fósforo en solución es repuesto a medida que se agota, una demanda activa y permanente induce una oferta en permanente renovación. La intensidad del flujo hacia formas más disponibles en un momento determinado puede seguir siendo baja, pero si el consumo se mantiene en forma permanente, las cantidades totales solubilizadas y por tanto la absorción total se eleva. Los mecanismos que permiten mantener una demanda permanente son todos aquellos que aseguran un crecimiento y una actividad radicular y microbiológica óptima.

b. **Abundante presencia de ácidos orgánicos en el suelo.** Un gran número de ácidos orgánicos tienen la capacidad de solubilizar fosfatos mediante complejación del calcio, aluminio y fierro, dejando así al ion fosfato en estado soluble. La reacción podría graficarse de la siguiente manera:

Esquema general de las formas de fósforo en el suelo



Los ácidos más activos en el suelo parecen ser el cítrico, oxálico, glucónico, láctico, málico. Los ácidos húmicos y fúlvicos cumplen el mismo papel que los anteriores. Aunque no es un ácido orgánico, también actúa en forma similar especialmente en relación a los fosfatos de Ca, el ácido carbónico que se forma a partir del CO₂ proveniente de la respiración microbiana y radicular.

La principal fuente de ácidos orgánicos en el suelo es la descomposición de materia orgánica, pero son importantes los exudados radiculares y microbianos. Se ha detectado la exudación activa de ácidos orgánicos por parte de los géneros *Bacillus*, *Thiobacillus*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Enterobacter*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Nitrobacter*, *Escherichia*, *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Sclerotium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Mucor*, *Streptomyces* y otros. Entre las plantas, el género *Lupinus* es conocido por su capacidad de exudar ácido cítrico a través de sus raíces (Alexander, 1977; Eira, 1992; Borie, 1991)

c. Fomentar la presencia de hongos micorrícicos. Los hongos micorrícicos son hongos pertenecientes a diversas especies que establecen una asociación simbiótica, llamada micorriza, con la mayor parte de las especies vegetales a través de sus raíces. Mientras las plantas entregan energía al hongo, éste entrega agua y nutrientes a la planta. Las micorrizas son especialmente eficientes en aumentar los niveles de abastecimiento de fósforo.

Los mecanismos utilizados por los hongos micorrícicos para aumentar la capacidad de absorción parecieran ser la producción de gran cantidad de micelios lo que aumenta el volumen de suelo explorado y la superficie de absorción. También es importante la capacidad para acumular fósforo

intracelular en forma activa, contra fuertes gradientes de concentración. Esto permite a las micorrizas extraer fósforo en forma más eficiente, especialmente de soluciones de muy baja concentración. Un factor adicional de eficiencia de extracción es que las raíces con micorrizas se mantienen funcionales durante más tiempo (Silveira, 1992)

Se ha detectado presencia de hongos micorrícicos en prácticamente todo tipo de suelos, pero su población y actividad dependerán de condiciones ambientales. La presencia de nutrientes solubles y agroquímicos, los extremos de humedad (especialmente el exceso) y los extremos de temperatura disminuyen su actividad y capacidad de crecimiento. La presencia de materia orgánica y la actividad biológica del suelo tienen efectos positivos, aunque determinadas especies de hongos, bacterias y nemátodos pueden alimentarse de hongos micorrícicos (Cardoso y Lambais, 1992)

Diversos estudios indican que, en un amplio rango de condiciones, el estímulo del crecimiento y actividad de las micorrizas ya presentes en el suelo mediante manejo ambiental puede ser suficiente para lograr un efecto importante sobre la nutrición de la planta. Sin embargo, en suelos altamente erosionados o en la producción de plántulas para trasplante, la introducción de micorrizas mediante inoculación pareciera ser una medida complementaria necesaria (Cardoso y Lambais, 1992).

3. SUGERENCIAS DE MANEJO AGRONÓMICO

Los mecanismos y procesos descritos resumidamente tanto para el fósforo como el nitrógeno involucran una compleja red de interrelaciones, formas de control, elementos tampón y vías de retroalimentación. Desde el punto de vista del manejo agrícola, sin embargo, la inducción de estos mecanismos se basa en sólo unas pocas medidas convergentes. Estas son:

a. Aplicación de materia orgánica al suelo.

La incorporación de estiércol y restos vegetales, uso de compost, abonos verdes, uso de hojarasca, etc. permite reciclar cantidades importantes de nutrientes, ello fomenta la sobrevivencia de rizobios en el suelo e induce altos niveles de actividad biológica. Esto a su vez permite la captura de nitrógeno, la presencia de micorrizas, aumentará los ácidos orgánicos en el suelo y protegerá a éste contra los extremos de humedad. La materia orgánica también mejorará la estructura del suelo, facilitando un mayor grado de exploración y actividad radicular.

Aunque toda forma de materia orgánica es reciclable y aplicable al suelo, los efectos diferirán de acuerdo a su calidad. Los mayores efectos sobre el balance de nitrógeno y la solubilización de fósforo se lograrán mediante la aplicación de materias orgánicas diversificadas y con una relación C:N más bien alta (Eira, 1992). La mezcla de estiércol, paja de cereales y restos hortícolas sería, por ejemplo, una mezcla de alta calidad. Si la incorporación de materia orgánica se hace mediante abonos verdes, la mezcla cereal-leguminosa sería de mayor beneficio que la leguminosa sola.

b. Mantención del suelo cubierto el mayor tiempo posible, mediante cubierta muerta o viva, ya que ello estimulará la actividad microbiológica y radicular al controlar los extremos de humedad y especialmente los de temperatura. Si se utiliza cubierta viva, la mayor presencia de raíces también estimulará la actividad microbiana a través de los exudados y restos radiculares.

c. Evitar compuestos tóxicos en el suelo, ya que todos ellos disminuyen la actividad biológica y sus efectos asociados. Los compuestos más tóxicos son los fungicidas y herbicidas. Algunos insecticidas pueden no tener un efecto directo sobre la actividad microbiológica total del suelo, pero los procesos de degradación de estos compuestos pueden alterar la composición de las poblaciones

en el suelo, alterando así la eficiencia de los mecanismos de solubilización y/o aprovechamiento de los nutrientes.

d. Evitar fertilizantes solubles. Los fertilizantes solubles constituyen otra fuente de toxicidad para los microorganismos. La presencia de N soluble disminuye los niveles de fijación de nitrógeno, y la presencia de P soluble disminuye la eficiencia en la acción de las micorrizas, ya que la absorción de nutrientes solubles de manera directa permite ahorros significativos de energía en comparación con los procesos de fijación de N o solubilización y acumulación activa de P. Por lo tanto, si la fertilización orgánica aparece como insuficiente, los fertilizantes a aplicar deben ser de baja solubilización. En el caso del fósforo, esto se logra aplicando, por ejemplo, roca fosfórica. En cuanto al nitrógeno, las formas solubles (úrea o salitre) debieran hacerse menos solubles mediante su incorporación a tejido microbiano antes de ser aplicadas. Una herramienta para lograr esto sería incorporar el nitrógeno soluble a compostaje rico en materiales celulósicos o lignificados y no directamente al suelo.

e. En praderas, evitar el envejecimiento de raíces, ya que ello disminuirá la actividad radicular. Esto implica evitar el envejecimiento de la parte aérea de la pradera, por lo que el pastoreo controlado e intensivo, con momentos de consumo lo más cercanos al óptimo, pasa a ser una herramienta importante.

Las medidas anteriores tendrán su mayor efectividad si se aplican en forma combinada entre sí o con otras medidas de protección y recuperación de suelos. A su vez, los efectos pueden no verse hasta después de un tiempo variable de aplicación. Algunas mediciones efectuadas por el CET (Montecinos y Yurjevic, 1992) muestran la ausencia de cualquier deficiencia de nitrógeno a partir de aproximadamente el quinto año. Las mismas mediciones en suelos de origen volcánico (Temuco) y en suelos de origen calcáreo (Colina), indican aumentos de hasta 8 veces en el fósforo soluble al cabo de tres a cinco años. Estudios hechos en Escocia en suelos marginales de praderas indican aumentos del fósforo soluble de hasta 6 veces en un período de 3 o más años (HFRO, 1979). La mayor rapidez y continuidad de los fenómenos biológicos en condiciones de trópico y subtropico húmedo permiten pensar en procesos mucho más cortos y efectivos bajo esas condiciones.

GANADERIA ECOLOGICA

Es un sistema de producción ganadera ligado al suelo y en términos más generales a las características de los ecosistemas donde se desarrollan, teniendo como principal objetivo ofrecer a los consumidores alimentos de origen animal de gran calidad tanto desde el punto de vista sanitario como nutritivo y organoléptico y en cuya obtención se deben respetar los siguientes principios:

- a) Conservación del medio y del entorno natural, manteniendo el medio físico y la atmósfera sin contaminación, fertilidad del suelo y la biodiversidad, teniendo como base el aprovechamiento racional de los recursos a través de animales autóctonos o adaptados y con una carga ganadera adecuada para evitar cualquier tipo de impacto negativo sobre el medio ambiente.
- b) Máximo respeto hacia el bienestar y la protección de los animales, facilitándoles todas las condiciones que le son necesarias a lo largo de toda su vida (densidades adecuadas, manejo, transporte, insensibilización previa al sacrificio)
- c) Evitar el empleo sistemático de sustancias químicas de síntesis en todo el proceso productivo, en los tratamientos medicamentosos de los animales, en los fertilizantes o aditivos en la producción de forrajes, en la preparación de alimentos concentrados, con el objetivo de garantizar la ausencia de residuos que pudieran suponer riesgos en la salud del consumidor (Lampkin, 1998).

La implementación de los principios expresados anteriormente requiere que se lleven adelante modificaciones a los sistemas de manejo y aplicación de normas que permitan el desarrollo de los siguientes elementos: (Venegas, 1996):

- a) Diseñar e implementar sistemas agropecuarios en que se integre la agricultura y la ganadería, permitiendo el establecimiento de rotaciones de cultivo que en el largo y mediano plazo mejoren y estabilicen el recurso suelo y la biodiversidad de los sistemas, uso de estiércoles, barreras cortaviento, praderas de largo plazo, cultivos forrajeros.
- b) Implementar sistemas de manejo animal adecuados al potencial de los ecosistemas y al pastoreo, en que los animales logren expresar su capacidad genética y su conducta libremente.
- c) Explorar y explotar el potencial productivo de las razas y variedades locales, haciendo uso de la biodiversidad animal.
- d) Alimentar los animales principalmente con recursos locales, utilizando el pastoreo directo en sus diversas formas, estableciendo la rotación de las parcelas o potreros como una condición básica tanto por el manejo del pastizal como para interrumpir los ciclos biológicos de diversos parásitos y patógenos.
- e) Mantener la salud de los animales en función de normas sanitarias preventivas, densidades poblacionales, refugios abrigados en los períodos de rigurosidad climática y alimentación adecuada de acuerdo a las demandas de cada etapa fisiológica de los animales. Sólo en el caso que se encuentre en riesgo la sobrevivencia de un animal se utilizarán productos farmacológicos, pero estos animales deben retirarse de la comercialización como producto ecológico por el período que indique la normativa local.

- f) Controlar y registrar cuidadosamente el proceso productivo ecológico por cuanto hay que contar con información ordenada que permita desarrollar los procesos de certificación que contemplan no solo la calidad del producto final sino también el proceso productivo bajo el cual se obtuvieron los animales y su producción, (leche, carne, lana, huevos).

Las producciones ecológicas tienen una estricta normativa o marco legal específico que define su funcionamiento facilitando los procesos de control. Como ejemplo se menciona la normativa española que regula las producciones ecológicas en ese país (Mata 1999).

- a) Los sistemas ganaderos ecológicos serán principalmente extensivos o semiextensivos, nunca podrán ser intensivos.
- b) Los alojamientos o refugios deben estar contruidos con materiales no tóxicos y deben ser amplios, ventilados e iluminados, con un área de reposo provista de camas y adecuados para manejar el ganado evitando el estrés que contribuya a romper el equilibrio sanitario en que se encuentran los animales.
- c) Los alimentos que consuma el ganado deben obtenerse por procedimientos ecológicos independientemente de cual sea su procedencia, lo que permite garantizar la ausencia de productos químicos de síntesis en todo el proceso productivo. Si se compran alimentos fuera de la propiedad estos deben estar certificados.

Si no existiesen en el mercado alimentos ecológicos para la elaboración de concentrados, el organismo que certifique podrá autorizar ocasionalmente la compra de hasta un 20% de la materia seca anual que consuman los animales en fincas que sin ser ecológicas se acerquen mucho a esta forma de producir.

Está de todas formas prohibido el uso de harinas de carne, urea, conservantes, estimulantes del crecimiento, medicamentos y aminoácidos o colorantes sintéticos, del mismo modo está prohibido el uso de torta de maní, (riesgo de aflatoxina) y algodón (contaminación con plaguicidas). También está limitado el uso de harinas de pescado: 4% en pre-starter de cerdos, 3% en los pollos en crecimiento, y 2% en las gallinas de postura.

En alimentación de rumiantes su dieta diaria no puede superar en concentrados el 30 % en materia seca, que el ensilado que se use debe proceder de praderas polifitas (a excepción del maíz que puede cultivarse solo) y no superar el 50% de la ración base y solo emplear como aditivos del ensilado la sal marina no refinada, los fermentos lácticos y otros preservantes naturales.

- d) El manejo del ganado debe cumplir una serie de condiciones como por ejemplo: permitir la lactancia y está prohibido el destete precoz y este se producirá cuando los terneros tengan 90 días, 60 los corderos y cabritos, 35 días los lechones y 30 días los conejos. Las mutilaciones sistemáticas no están permitidas y en el caso de realizarlas se evitará el dolor y se realizará en el momento más adecuado (época del año, edad del animal etc.).
- e) La reproducción animal esta basada en la monta natural, permitiéndose la inseminación artificial. Está prohibida la sincronización artificial de celos, la transferencia de embriones y la ingeniería genética.

- f) La sanidad ganadera se basa principalmente en la prevención. Se estimulan todas aquellas prácticas que disminuyan el estrés, como densidades poblacionales bajas, dietas balanceadas. Lo ideal es el uso de animales adaptados a la zona de producción.

En cuanto a las vacunas se utilizarán las que la autoridad sanitaria establezca como obligatorias y las que autorice el organismo de control. Están prohibidos los medicamentos convencionales a los que podrá recurrirse cuando fracasen todas las otras medidas que utiliza la producción ecológica. El uso de antiparasitarios solo se permitirá cuando las normas de manejo sean sobrepasadas y se aplicaran fuera de las etapas de lactación e inicio de la gestación.

Si se han utilizado fármacos convencionales los animales deben ser retirados de la comercialización y sus productos no se venderán como ecológicos hasta que se haya cumplido un plazo de espera que como mínimo será el doble del tiempo que se establece en la legislación oficial para el medicamento empleado.

- g) Cuando se inicia la actividad ecológica u orgánica se desarrolla un proceso de transición que tiene una duración variable dependiendo del estado inicial del sistema que se convierte. Una vez realizado el proceso de reconversión del sistema agrícola hay un mínimo de tiempo que el ganado debe cumplir para considerarse ecológico aunque haya estado en condiciones muy próximas a las normas establecidas. Estos tiempos son los siguientes:

Bovinos de leche 90 días y bovinos de carne 60 días.

Los cerdos deben cumplir con la normativa ecológica desde los 35 días de su nacimiento; las aves de postura desde los 30 días de su nacimiento; y los corderos cabritos, conejos y pollos, deben cumplir las normas desde su nacimiento.

No se permite la cría convencional y ecológica de la misma especie por el mismo productor en el mismo predio.

CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

Los consumidores de alimentos orgánicos quieren tener la seguridad que lo que compran fue producido y elaborado de acuerdo a regulaciones que prohíben el uso de productos de síntesis química, de productos genéticamente modificados, que no contaminen y que protejan los recursos naturales.

La forma de proteger los intereses de los consumidores como también de los productores, es mediante el proceso de certificación que garantiza al consumidor el origen orgánico del producto y permite su comercialización en el mercado interno y externo gracias a las seguridades que brinda, siendo de esta manera nexo entre productor y consumidor.

La certificación orgánica es un procedimiento anual por el cual un tercero, garantiza por escrito, que un producto o proceso debidamente identificado ha sido producido de acuerdo a los estándares orgánicos.

NORMAS INTERNACIONALES.

En 1972 se fundó en Alemania, la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) quienes establecieron las Normas Básicas que fueron las primeras normas orgánicas acordadas internacionalmente. Las Normas Básicas de IFOAM han tenido un rol importante en la armonización de normas internacionales, a través de su influencia en reglamentos orgánicos alrededor del mundo. La validez de las normas de IFOAM como la definición de agricultura orgánica fue aceptada por las autoridades de la Unión Europea, las que se apoyaron fuertemente en ellas al redactar el Reglamento de la Unión Europea. Las Normas Básicas definen estándares técnicos para la conversión a la agricultura ecológica, producción vegetal, ganadería, almacenamiento, transporte y transformación, etiquetado e información al consumidor.

Las regulaciones básicas de la Unión Europea sobre producción orgánica fueron establecidas en el Reglamento del Consejo de Ministros (CEE) N° 2092/91 y en sus enmiendas. El artículo 11 del Reglamento establece los requerimientos para la importación de productos provenientes de países fuera de la UE. El Anexo I define los principios para la producción orgánica a nivel de predio. El anexo II es una lista de los materiales autorizados para acondicionamiento del suelo, fertilización, y control de plagas y enfermedades de plantas. El Anexo III proporciona los requisitos mínimos de inspección. El Anexo IV incluye los requisitos para alimentos procesados.

En los Estados Unidos se definió con la promulgación de la Ley de Alimentos de Cultivos Orgánicos (OFPA) en 1990 y en febrero del 2001 se publicó el Reglamento que crea el Programa Nacional de Agricultura Orgánica y establece estándares nacionales para la producción orgánica: agrícola, pecuaria y alimentos procesados. Incluye también etiquetado, certificación y un sistema nacional de acreditación de empresas certificadoras.

NORMAS NACIONALES.

El Ministerio de Agricultura promovió la elaboración de Normativas Chilenas para la Agricultura Orgánica, las que se basaron en las normativas internacionales existentes: IFOAM, Unión Europea, Normativas de algunos estados de Estados Unidos, como California, Oregón, Washington.

El año 1999 se oficializaron la siguientes Normas Chilenas:

- NCh 2439/99 “Producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente”
- NCh 2079/99 “Criterios generales para la certificación de Sistemas de Producción, Procesamiento, Transporte y almacenamiento de Productos Orgánicos”.

A continuación se indican algunos aspectos importantes mencionados en la Norma NCh 2439:

Especificaciones sobre producción agrícola:

- Sólo pueden certificarse como orgánicos los productos vegetales provenientes de unidades que hayan aplicado las normas técnica de la agricultura orgánica durante un período de al menos 36 meses antes de la primera cosecha.
- Los productos vegetales obtenidos en unidades productivas en las cuales se han aplicado las normativas por un período no menor a 12 meses, y que no cumplen aún el periodo de 36 meses establecidos, son considerados Productos Orgánicos en Transición,
- La fertilidad del suelo puede ser mantenida o incrementada mediante la utilización de material orgánico proveniente de unidades productivas que apliquen normas de producción orgánica, el cultivo de leguminosas, abonos verdes o la aplicación de fertilizantes orgánicos o minerales permitidos, como estiércol compostado.
- El control de plagas, enfermedades y malezas se puede lograr por medio de algunas medidas tales como: rotación de cultivos, control biológico, protección de controladores naturales (cercos vivos, nidos), trampas sexuales, cubrimiento del suelo con paja, rastrojos, aplicación de productos permitidos.
- Las unidades productivas y los establecimientos deben tener los registros apropiados que le permitan demostrar al organismo de certificación, la aplicación de las normas técnicas de la agricultura orgánica.
- En el caso de productos apícolas primarios y procesados sólo podrán ser certificados como orgánicos después de la segunda cosecha, a contar desde la fecha en que se hayan comenzado a aplicar las normas técnicas específicas para este tipo de producción. En ningún caso este lapso podrá ser inferior a 12 meses.

Insumos permitidos para la fertilización

Abonos foliares de origen natural

Aserrín, carbón vegetal

Caliza

Compost

Estiércol compostado

Guano compostado

Harina de subproductos animales

Mantillo de lombricultura

Productos animales provenientes de mataderos e industria del pescado

Purines con una fermentación controlada

Rocas molidas de magnesio calcárea, fosfato de aluminio, fosfatada natural

Sulfato de magnesio, de potasio de origen natural

Turba

Insumos prohibidos:

Productos de origen químico sintético

Salitre para aplicación directa al suelo
Estiércol y guano fresco
Excrementos humanos, fangos cloacales sin tratamiento

Insumos para el control de plagas y enfermedades

Insumos permitidos:

Aceites vegetales, minerales y animales sin agregado de pesticidas sintéticos
Azufre, utilizado en el follaje
Caldo Bordelés,
Extracto naturales de plantas (ajo, ortiga, ají) excluyendo tabaco.
Entomopatógenos
Jabón potásico
Polisulfuro de calcio
Permanganato de potasio
Preparados en base a controladores biológicos tales como *Bacillus thuringensis*, *Trichoderma* spp, virus granuloso

Insumos prohibidos:

Productos de origen químico sintético
Nicotina

Especificaciones sobre producción pecuaria:

- Animales incorporados de fuentes no orgánicas deben criarse con estas normas por un período de al menos 12 meses, como mínimo.
- Se pueden incorporar hasta un 10 % al año de la población animal de cada especie, provenientes de fuentes no orgánicas para fines de ampliación o sustitución.
- No se permite sincronización de celos, transferencia de embriones ni ejemplares provenientes de la ingeniería genética.
- No se permiten las mutilaciones con excepción de las castraciones, amputación de colas en ovinos, descornado y anillado debidamente justificados ante el organismo de certificación.
- En la alimentación habitual, solo se acepta el empleo de suplementos tales como: sal, oligoelementos, vitaminas y minerales de origen natural.
- Solo se deben certificar como orgánicos los animales que se encuentran en buen estado de sanitario. Los productores deben llevar al día los registros correspondientes y consignar en ellos las lesiones o enfermedades de los animales, así como los tratamientos aplicados y los resultados obtenidos.
- Durante el transporte y proceso de prefaenamiento se debe cuidar el bienestar de los animales; no se permite el uso de instrumentos eléctricos para conducir los animales y no se permite el uso de tranquilizantes.

Especificaciones relativas al almacenamiento y embalaje

- Los productos orgánicos no pueden mezclarse con productos convencionales.
- Entre los tratamientos empleados para el control de plagas y enfermedades en los lugares de almacenamiento se pueden emplear barreras físicas, sonido, ultrasonido, luz y luz ultravioleta, trampas inclusive de feromonas.

- En el envase de productos orgánicos, no puede utilizarse ningún material que haya estado previamente en contacto con cualquier sustancia que pueda comprometer la calidad orgánica del producto.
- No deben emplearse materiales de embalaje que contengan plomo, PVC u otros plásticos clorados.

Norma Chilena NCh 2079/99, es una norma equivalente a la ISO 65 y a la EN 45011 de la Unión Europea, que establece los criterios generales aplicables a una tercera entidad que opere como empresa de certificación, para que pueda ser reconocida como competente y confiable.

SISTEMA NACIONAL DE CERTIFICACIÓN ORGÁNICA.

Chile no cuenta en la actualidad con instrumentos legales que le permitan establecer un Sistema Nacional de Certificación de la Agricultura Orgánica que sea obligatorio, que involucre la certificación de los productos orgánicos primarios y elaborados, tanto para el mercado nacional como para el mercado internacional.

El Servicio Agrícola y Ganadero basado en atribuciones establecidas en su Ley Orgánica N° 18.755 (modificada por Ley N° 19.283), y utilizando el “Sistema Nacional de Acreditación de Terceros” creado por las Resoluciones N°s 3142 y 3143/98 y basado en la Resolución Exenta N° 425 del año 2000 estableció “ Un programa para el desarrollo de la Agricultura Orgánica”, sistema nacional voluntario de certificación de productos orgánicos primarios de exportación.

Este sistema tiene limitaciones en el sentido que es voluntario para productos primarios y sólo para la exportación. Es por ello, que uno de los objetivos centrales del Servicio Agrícola y Ganadero, es obtener respaldo legal para el Sistema Nacional Oficial de Certificación de Productos Orgánicos, para lo cual existen las siguientes alternativas:

- a) La elaboración y presentación de un Proyecto de Ley sobre Agricultura Orgánica, y
- b) Proponer una modificación a la Ley Orgánica del SAG que amplíe sus facultades para desarrollar un Sistema Nacional de Certificación de productos orgánicos primarios y elaborados, con destino al mercado interno y de exportación.

Ambas propuestas están siendo evaluadas.

Situación Actual del Sistema Nacional Implementado.

El Ministerio de Agricultura está realizando gestiones oficiales para que el Sistema Nacional de Certificación de productos orgánicos sea reconocido a nivel internacional. Este reconocimiento se hará con los principales países demandantes de la producción orgánica chilena: Unión Europea, Estados Unidos y Japón.

Unión Europea.

Las alternativas actuales de Chile para exportar producción orgánica a los países de la Unión Europea son los siguientes:

- Ser aceptado como tercer país, para lo cual debe postular de acuerdo al procedimiento indicado en el apartado 1 del artículo 11 del Reglamento 2092/91, que establece que productos importados de un país tercero, solo podrán ser comercializados en la Unión

Europea, cuando sean originarios de un país tercero incluido en la lista oficial. En la actualidad los países incluidos en esta lista son: Argentina, Australia, Hungría, Israel, Suiza y República Checa.

- Para los países no incluidos en esta lista de países terceros, los importadores en la Unión Europea pueden solicitar una autorización individual para la importación de productos ecológicos sujetos al Reglamento de la UE y que fue controlado en virtud de medidas cuya eficacia sea equivalente a la de las medidas de control mencionadas en el Reglamento de la UE y debe garantizarse una aplicación eficaz y continuada de dichas medidas de control. Cada importador debe obtener una autorización para cada producto importado.

El Ministerio de Agricultura a través del Ministerio de Relaciones Exteriores realizó en octubre del 2000 una presentación formal de su Sistema Nacional de Certificación de Productos Orgánicos ante la Unión Europea, para ser reconocido como tercer país. En la actualidad, dicha presentación está siendo evaluada por España y Portugal dos estados miembros designados por la Unión Europea.

Estados Unidos y Japón.

En la actualidad se está trabajando en la preparación de la documentación para hacer la presentación del Sistema Nacional de Certificación de Productos Orgánicos, a los Gobiernos de Estados Unidos y Japón para su reconocimiento oficial.

Empresas Certificadoras Orgánicas que certifican actualmente en el País.

- Empresas Certificadoras Chilenas

1. Corporación de Promoción Agropecuaria (PROA) creada en 1989, ha certificado para Europa, Estados Unidos y Japón.
2. Certificadora Chile Orgánico (CCO) creada en 1997 también certificado para Europa, Estados Unidos y Japón.
3. Agroeco Limitada ejecuta certificaciones a nivel nacional y a mediano plazo espera insertarse en la exportación.

Las empresas certificadoras nacionales PROA y CCO en la actualidad no pueden certificar para Europa, mientras no cuenten con la acreditación para la ISO 65 realizada por un organismo reconocido por el Foro Internacional de Acreditación (IAF), exigencia impuesta por la Unión Europea desde el año 2000.

Esta falta de acreditación para la ISO 65 de las empresas certificadoras chilenas, ha significado dificultades para los productores y exportadores chilenos para llegar a Europa por lo cual han debido recurrir a empresas certificadoras extranjeras.

- Empresas certificadoras extranjeras:

a) Con Inspectores de Certificación en Chile:

- ARGENCERT, Argentina
- IMOCONTROL, Suiza
- BCS OKO Garantie, Alemania

b) Con Inspectores que viajan a Chile a certificar

- LACON, Alemania
- BIOCERTIFICACIÓN, Argentina.
- ECOCERT-INTERNATIONAL: Francia.

LA TRANSICIÓN HACIA SISTEMAS SUSTENTABLES DE PRODUCCIÓN

A las estrategias de cambio de un sistema agrícola convencional a uno de base ecológica y sustentable en el tiempo y a las diferentes etapas para lograr este objetivo se le denomina en general transición agrícola. Se trata por tanto de iniciar un proceso de cambio de una situación agrícola convencional a otra de base agroecológica. Este proceso de cambio en las prácticas agrícolas y de readecuación biológica del sistema se ha denominado reversión ecológica o transición.

En la actualidad se ha dado gran impulso a estudios de reconversión, en los cuales se están determinando estrategias y etapas para el cambio de las prácticas agrícolas actuales que se basan principalmente en mecanismos externos de control (energía fósil, agroquímicos, hormonas), por otras técnicas que hacen énfasis en los mecanismos de control y regulación internos del agrosistema (control biológico, policultivos, reciclaje de nutrientes) y en la conservación de los recursos.

ETAPAS DEL PROCESO DE TRANSICION

Clásicamente el proceso de reconversión se define en función de tres etapas que permitirían alcanzar la estabilización de los sistemas agrícolas, ellas son:

- Etapa de aumento de eficiencia
- Etapa de sustitución de insumos
- Etapa de rediseño de los sistemas de producción

1. Etapa de aumento de la eficiencia.

En esta etapa los sistemas son modificados en el sentido de reducir el consumo de recursos escasos y de rebajar los costos de producción. Esto se puede alcanzar por ejemplo aplicando los fertilizantes sobre la línea o hilera de siembra o sobre la banda de plantación. También en esta etapa se podría realizar un monitoreo de pestes y control de ellas mediante programas de manejo integrado de plagas. Finalmente se trata de alcanzar altos niveles de eficiencia en el uso de los recursos, particularmente del medio ambiente agrícola en cuanto a manejarlo disminuyendo las tasas de deterioro físico y de contaminación asociadas a los procesos de producción agrícola.

La estabilización física o estructural de ecosistemas frágiles, o de sistemas con un alto nivel de deterioro podría considerarse como una característica importante de esta etapa lo que se podría ejemplificar con prácticas de conservación de suelo, curvas de nivel, fajas de contención, construcción de terrazas.

En síntesis en esta etapa se debe pretender el uso del suelo o del sitio agrícola de acuerdo a su potencial productivo aceptando las restricciones que impone el clima y la base física de recursos particularmente el suelo en términos de textura, profundidad, hidromorfismo, pendiente.

2. Etapa de sustitución

En esta etapa se propone eliminar el uso de agroquímicos, substituyéndolos por compuestos o por elementos de base orgánica o biológica que no impacten negativamente el ambiente. Es clásico el reemplazo en los sistemas orgánicos de las fuentes de nitrógeno sintético por alternativas orgánicas como estiércol, compost, abonos verdes, purines. Otro ejemplo en relación a esta etapa es la sustitución de insecticidas y plaguicidas de base sintética por compuestos botánicos y orgánicos, controladores, entomófagos, entomopatógenos, hongos antagonistas de patógenos vegetales ya citados anteriormente.

3. Etapa de rediseño del sistema agrícola.

En esta etapa lo que se busca es el diseño de sistemas en los que se hacen actuar poblaciones animales y vegetales buscando simular o reemplazar las relaciones que se dan en la naturaleza. Aún en sistemas agrícolas se logra establecer e identificar relaciones de amensalismo, parasitismo, depredación a condición que se genere un ambiente que permita que algunas poblaciones de importancia en los mecanismos de regulación interna de los sistemas se hagan endémicas. Existen múltiples experiencias que en sistemas diversificados se produce un incremento en la cantidad y diversidad de poblaciones de especies con capacidad de control.

Se incluyen en esta etapa el establecimiento de rotaciones de cultivos que permitan la integración de ganadería y agricultura en sistemas en que se potencie la diversificación espacial y temporal de los cultivos y el reciclaje de residuos agropecuarios. Es necesario que se considere el suelo como un sistema que demanda permanentemente el estímulo bioquímico y/o energético de la materia orgánica.

¿Cuánto tiempo demora hacer el cambio de un sistema convencional a uno de tipo orgánico?

Es imposible dar una respuesta única a esta pregunta, ya que la duración del proceso depende de varios factores.

Dos de ellos resultan en definitiva los más determinantes.

- El primero es el estado inicial del predio, es decir, cómo se encuentra el campo en el momento que se quiere comenzar a hacer los cambios. Si el suelo está en buenas condiciones, no está erosionado, por ejemplo, no se han usado productos químicos o sólo en muy pocas cantidades y existe bastante diversidad, se podrá empezar directamente con la segunda etapa. En este caso desde el comienzo se podrá incluso realizar actividades correspondientes a la tercera etapa. En un caso así el cambio de sistema se podrá realizar en uno o dos años.
- El otro factor que hace variar la duración del cambio dice relación a la importancia que tenga para el productor el hecho de que pueda bajar la producción el primer tiempo después de efectuado el cambio. Si un campo ha sido fertilizado por varios años con químicos o se han usado en él gran cantidad de pesticidas y herbicidas, con toda seguridad habrá disminuido fuertemente la cantidad y el equilibrio de los microorganismos del suelo.

En esta situación si se suprimiera bruscamente el uso de fertilizantes químicos, los cultivos no tendrían de dónde obtener sus nutrientes en la cantidad necesaria y bajaría fuertemente la producción. Esta se iría recuperando lentamente a medida que la vida de ese suelo se restableciera. En este caso, si para el productor le importa más un cambio rápido, aunque baje la producción en un comienzo, puede iniciar de inmediato la sustitución de insumos y podrá hacer el cambio en dos o tres años.

Si por el contrario, se trata de un productor cuyas condiciones económicas no le permiten soportar una disminución de su producción, deberá planificar un cambio más lento que podrá durar entre cuatro o cinco años. En este caso cada año deberá ir disminuyendo la cantidad de químicos, aumentando la de fertilizantes orgánicos e implementando las otras medidas ya mencionadas.

ETAPAS DEL PROCESO DE

Aumento de Biodiversidad

Convencional

Orgánico

Con sustitución de insumos

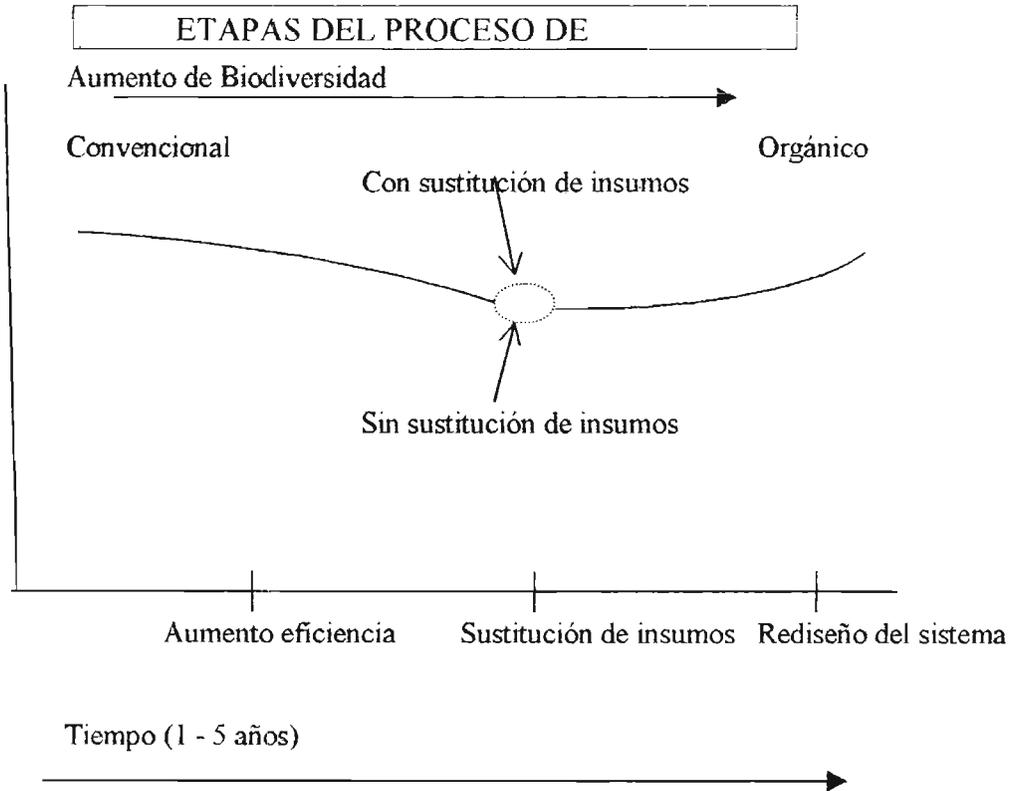
Sin sustitución de insumos

Aumento eficiencia

Sustitución de insumos

Rediseño del sistema

Tiempo (1 - 5 años)



**CONTROL BIOLÓGICO DE
PLAGAS y ENFERMEDADES
DE HORTALIZAS Y
FRUTALES
PARTE 1**

Fernando Rodríguez
Instituto de Investigaciones
Agropecuarias
INIA - V Región - CEE La Cruz

CONTROL BIOLÓGICO

TÉCNICA DE REGULACIÓN DE POBLACIONES
DE INSECTOS Y ACAROS MEDIANTE EL
EMPLEO DE ORGANISMOS QUE LES SON
ANTAGÓNICOS (en)

➤ INTENCIONAL

TIPOS DE ORGANISMOS USADOS EN CB

- DEPREDADORES
- PARASITOIDES
- PATÓGENOS
- COMPETIDORES

TIPOS DE CONTROL BIOLÓGICO

- Conservación
- Clásico o Aumentativo
- Inoculativo o Inundativo

Si tiene tantas ventajas
¿Porqué no se usa mucho más?

- Desconocimiento
- Información errada
- Facilidad de aplicación
- Disponibilidad de insumos
- Mayor rentabilidad
- Especificidad e.n.
- Insecticidas selectivos

VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CB

- No contaminante
- Da estabilidad
- Permanencia o sustentabilidad
- Mayor rentabilidad
- Seguridad trabajadores
- Sin carencia
- No es fitotóxico
- Especificidad

Algunas deficiencias del
CB en Chile

Transferencia

- Investigación insuficiente en:
- evaluación introducciones
 - control de calidad
 - causas de fracasos
 - taxonomía
 - producción industrial
 - hospederos alternativos

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

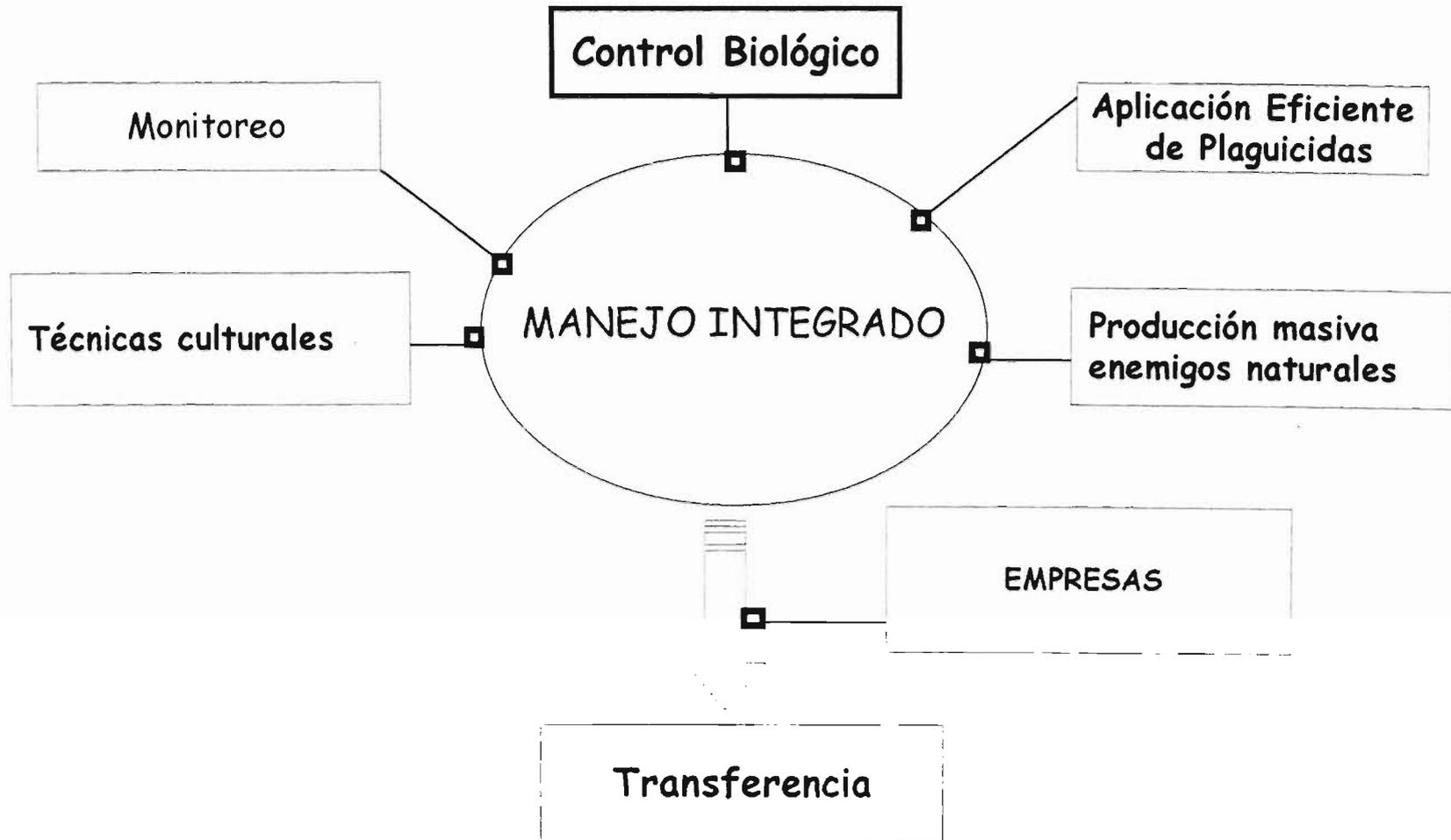
Reconocimiento y conocimiento de plagas/E.N.
Monitoreo de plagas/E.N.

Umbrales de daño económico
Decisión de Control

Técnicas de control-Químicas, Culturales, Físicas, Biológicas

Efectividad, Resistencia y Selectividad de plaguicidas
Evaluaciones Económicas

UTILIZACIÓN DE CONTROL BIOLÓGICO



CONTROL BIOLÓGICO DE
ENFERMEDADES (sentido amplio)

- reducción de actividades productoras de enfermedades de un patógeno o parásito, en su estado activo o durmiente, lograda de manera natural o a través de la manipulación del ambiente, del hospedero o de antagonistas del patógeno o plaga que se quiere controlar.

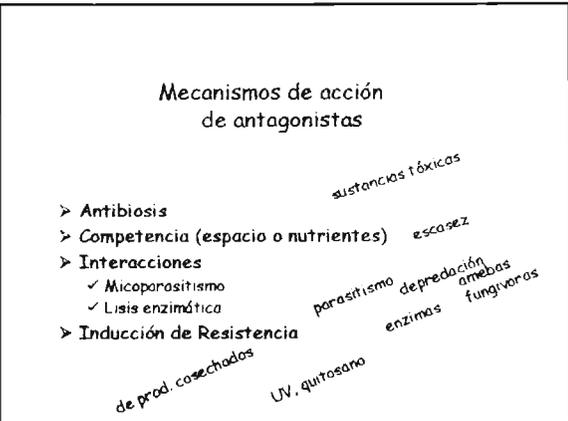
**todas aquellas prácticas tendientes a disminuir la
incidencia de enfermedades (excluyendo el
control químico)**

CONTROL BIOLÓGICO DE
ENFERMEDADES (sentido restringido)

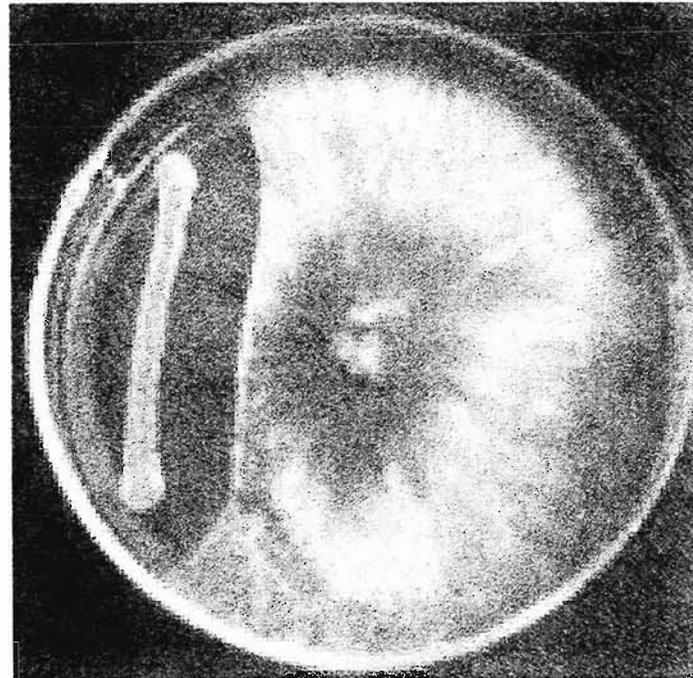
- utilización de microorganismos antagonistas para el control de enfermedades.
- Antagonistas: aquellos organismos que interfieren en la supervivencia o desarrollo de los patógenos.



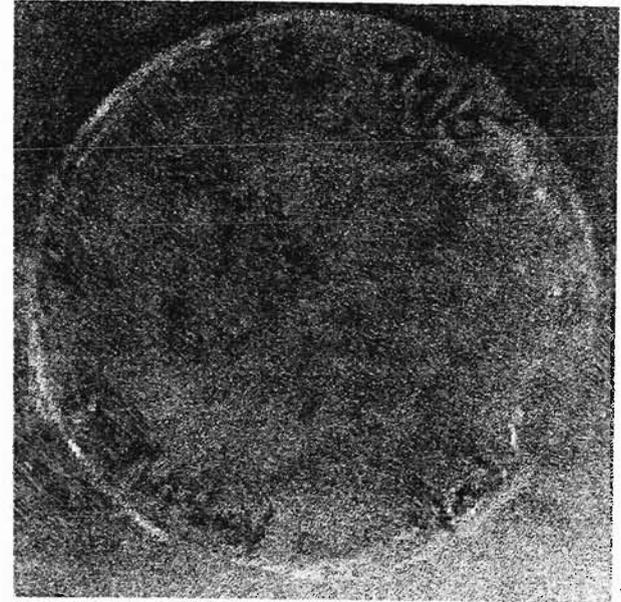




Antibiosis



Micosis - Trichoderma



PAPA

Patógenos

Pseudomonas solanacearum,

Erwinia carotovora

Rhizoctonia solani y

Phytophthora infestans

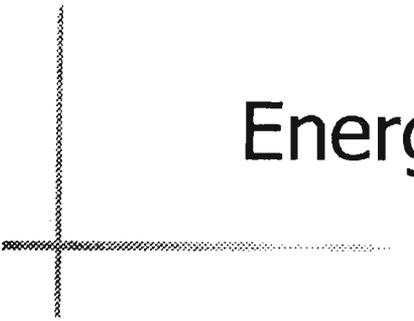
Antagonistas

Pseudomonas, *Serratia*, *Bacillus* y

Streptomyces

CB enfermedades post-cosecha

- ambiente reducido
- aplicadas sobre fruto
- Ambiente controlado
- Existen formulaciones en extranjero



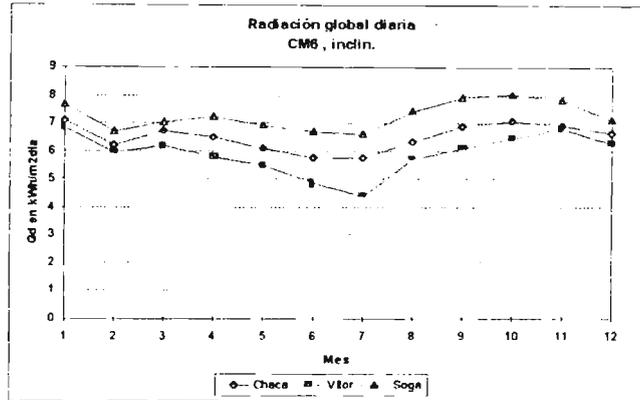
Energías Renovables

Aplicaciones en la agricultura de zonas áridas

Reinhold Schmidt



Radiación solar en la región



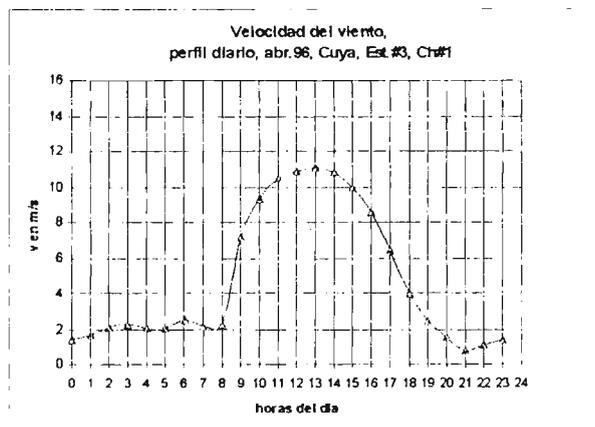
Pampa del Tamarugal: $G_t = 7.2 \text{ kWh/m}^2/\text{día} \rightarrow 2600 \text{ kWh/m}^2/\text{año}$



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

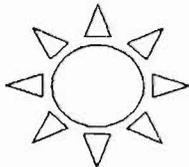
Potencial de energía eólica

Ejemplo: Cuya



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

Aplicaciones de energías renovables en la región (actual y futuro)



Sistemas eólicos

- Red eléctrica
- Electricidad rural

Sistemas fotovoltaicos

- Red eléctrica
- Electricidad rural

Sistemas termosolares

- Red eléctrica
- Procesos térmicos

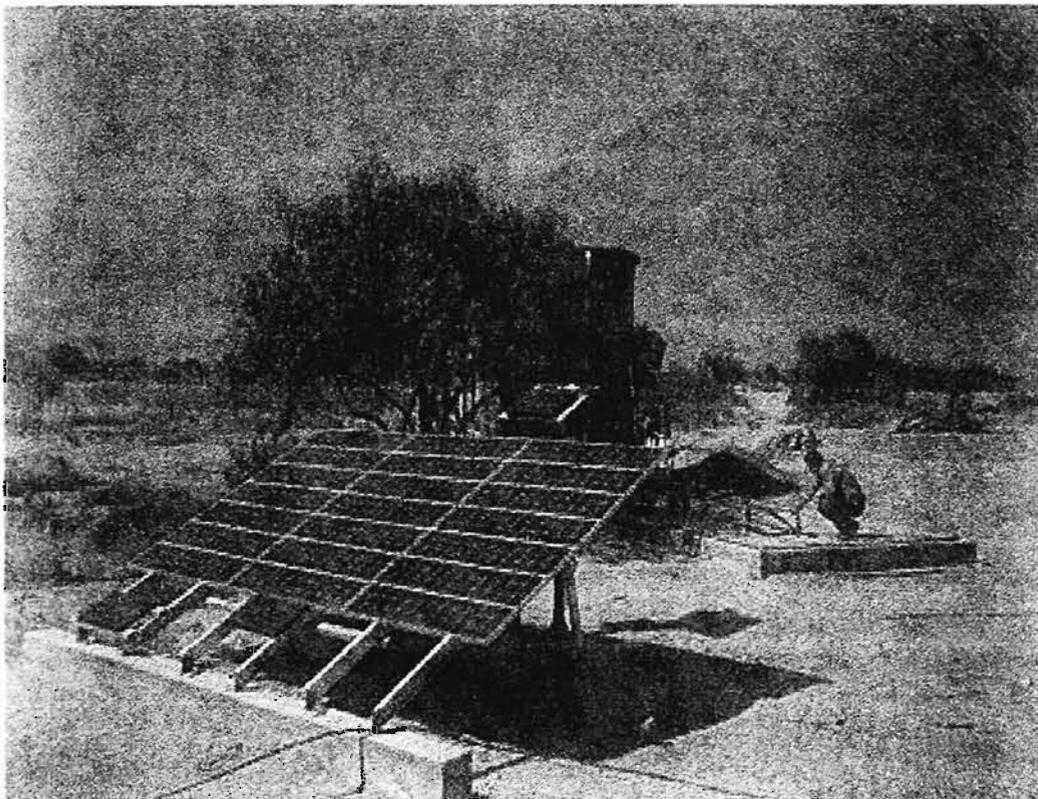


Energías renovables en agricultura

- Bombeo solar y riego tecnificado
- Deshidratado solar



Bombeo fotovoltaico y riego tecnificado



**Proyecto piloto, GTZ, en Etiopía,
Chile y Jordania**

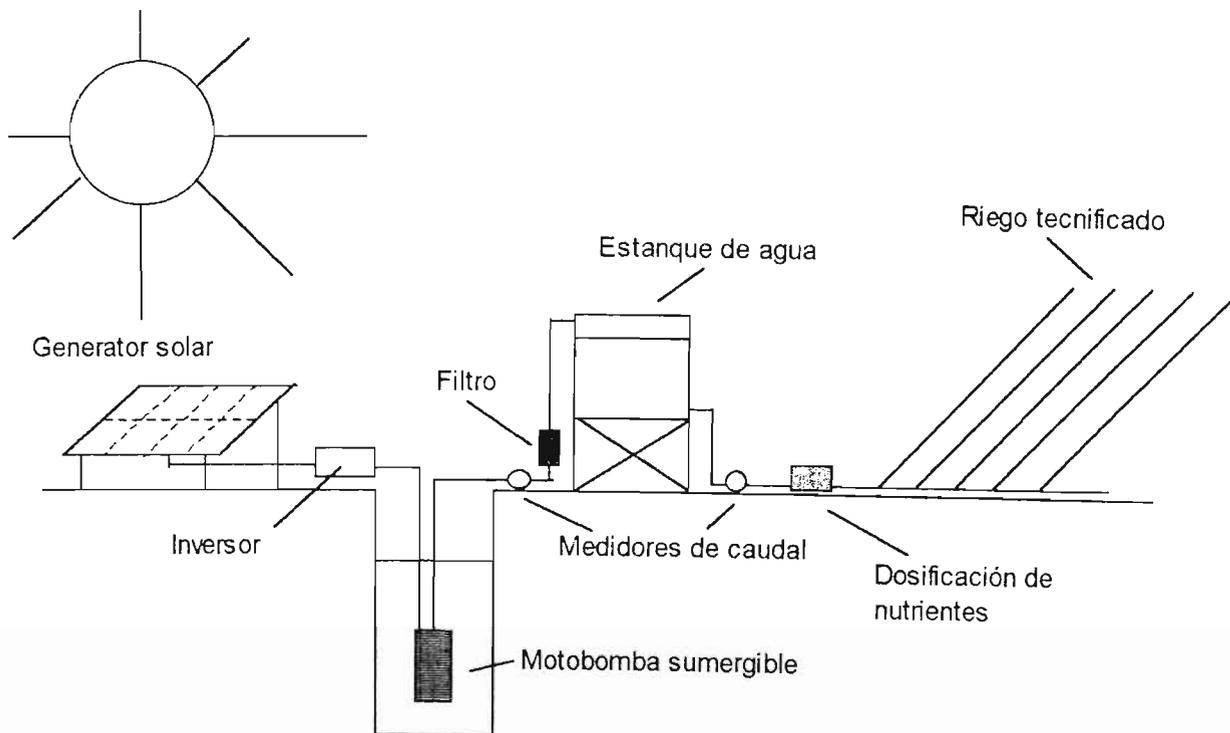
**Sistemas productivos, ingresos y
mano de obra**

**Ventajas vs. sistemas conven-
cionales, Diesel o gasolina**

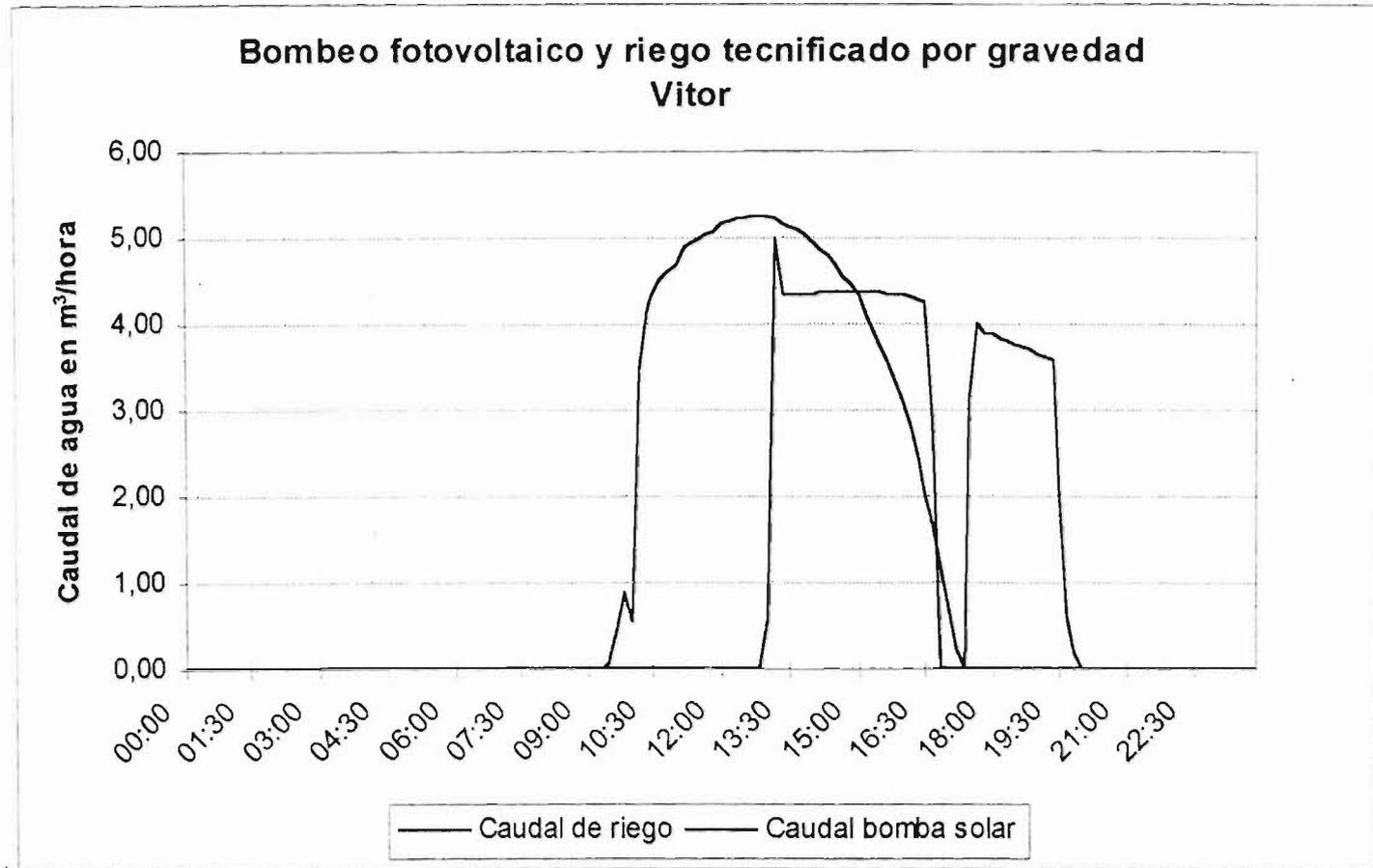


Bombeo solar y riego tecnificado

Bombeo fotovoltaico y riego tecnificado con estanques

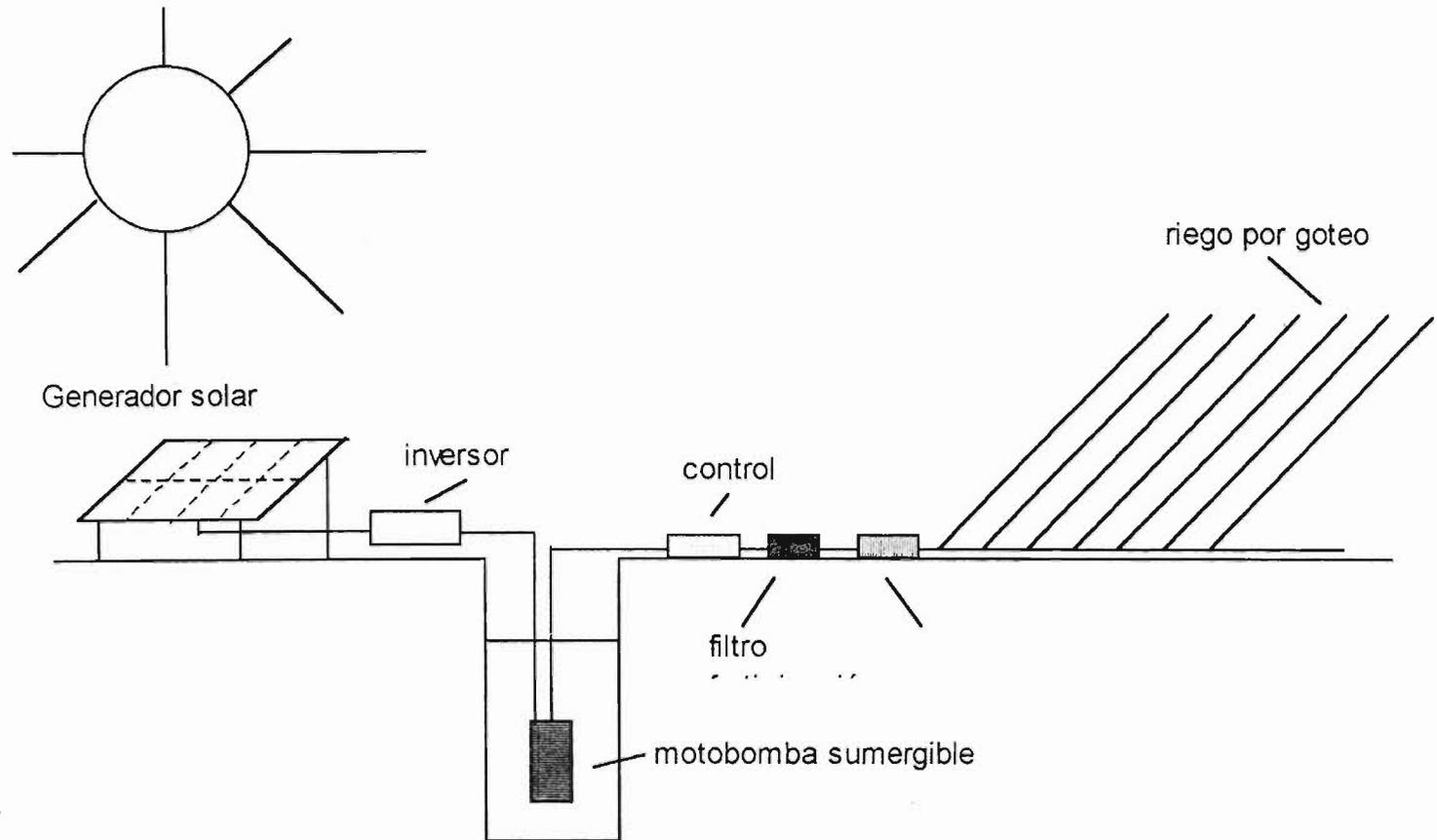


Bombeo solar y riego tecnificado

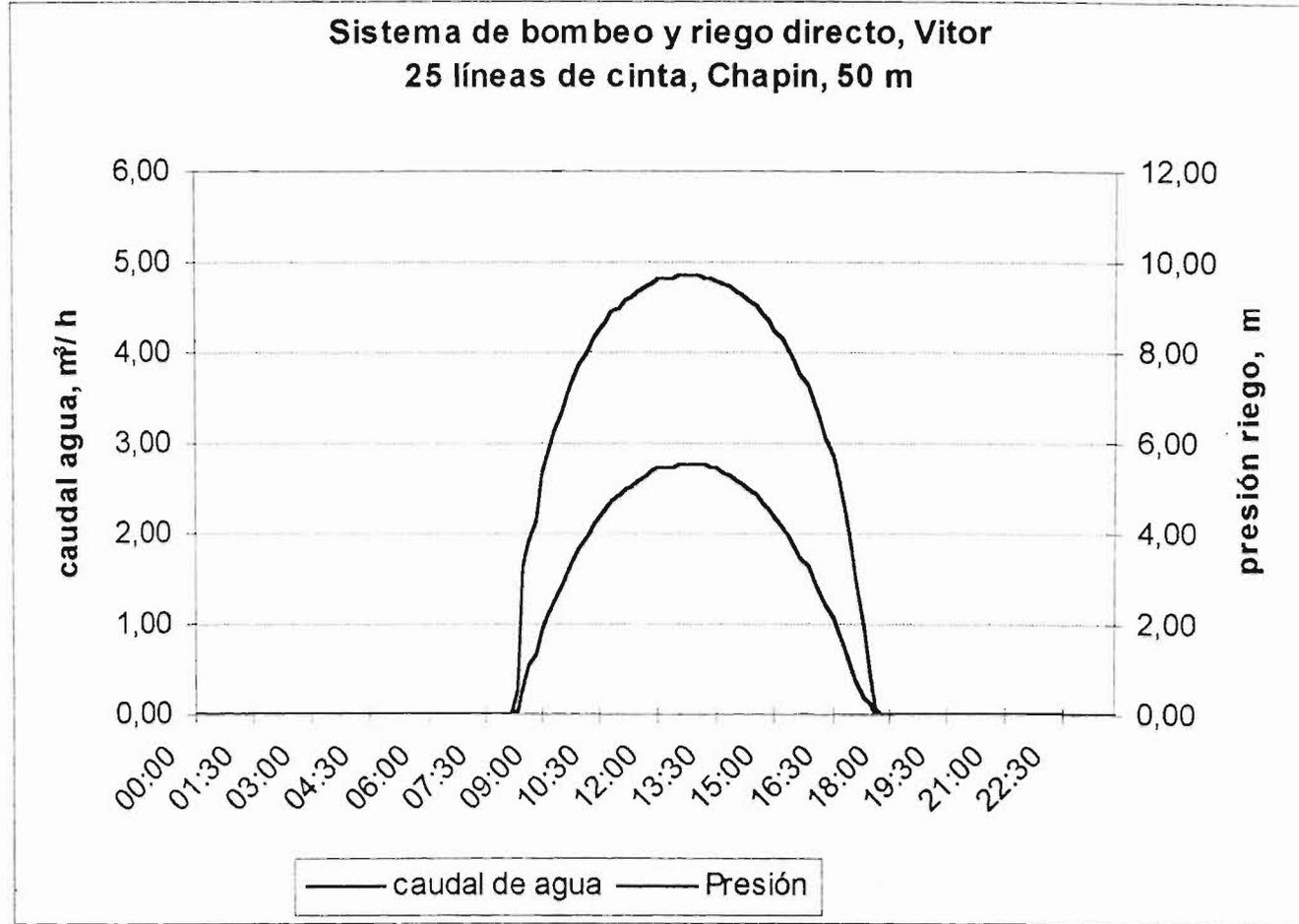


Bombeo solar y riego tecnificado

Bombeo fotovoltaico y riego tecnificado directo, sin estanques



Bombeo solar y riego tecnificado





Sistema directo, Vitor



Aspectos económicos

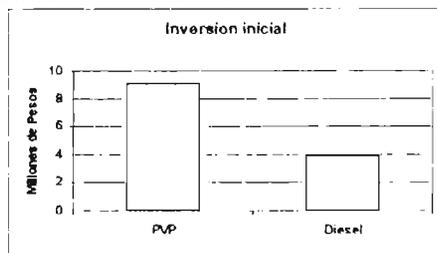
En general:

- Alto costo de inversión inicial
- Bajo costo de operación y mantención (larga vida útil)
- Análisis específico necesario (Precio/kWh, Precio/m³, etc...)



Centro Tecnológico Nuevos Horizontes

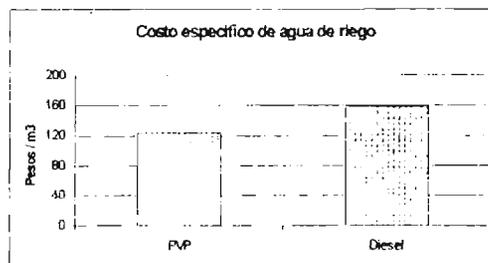
Comparación de costos Bombeo fotovoltaico vs. Diesel en riego tecnificado, ejemplo Vitor



Generador solar : 1.15 kW_p

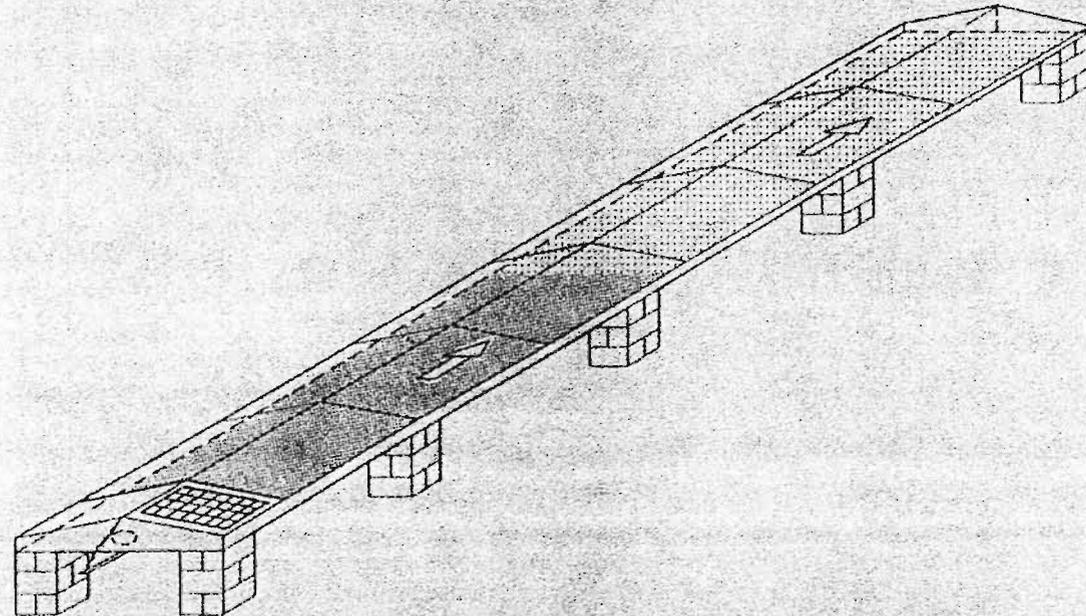
Motobomba Grundfos : SP 5A7

2 ha de riego tecnificado

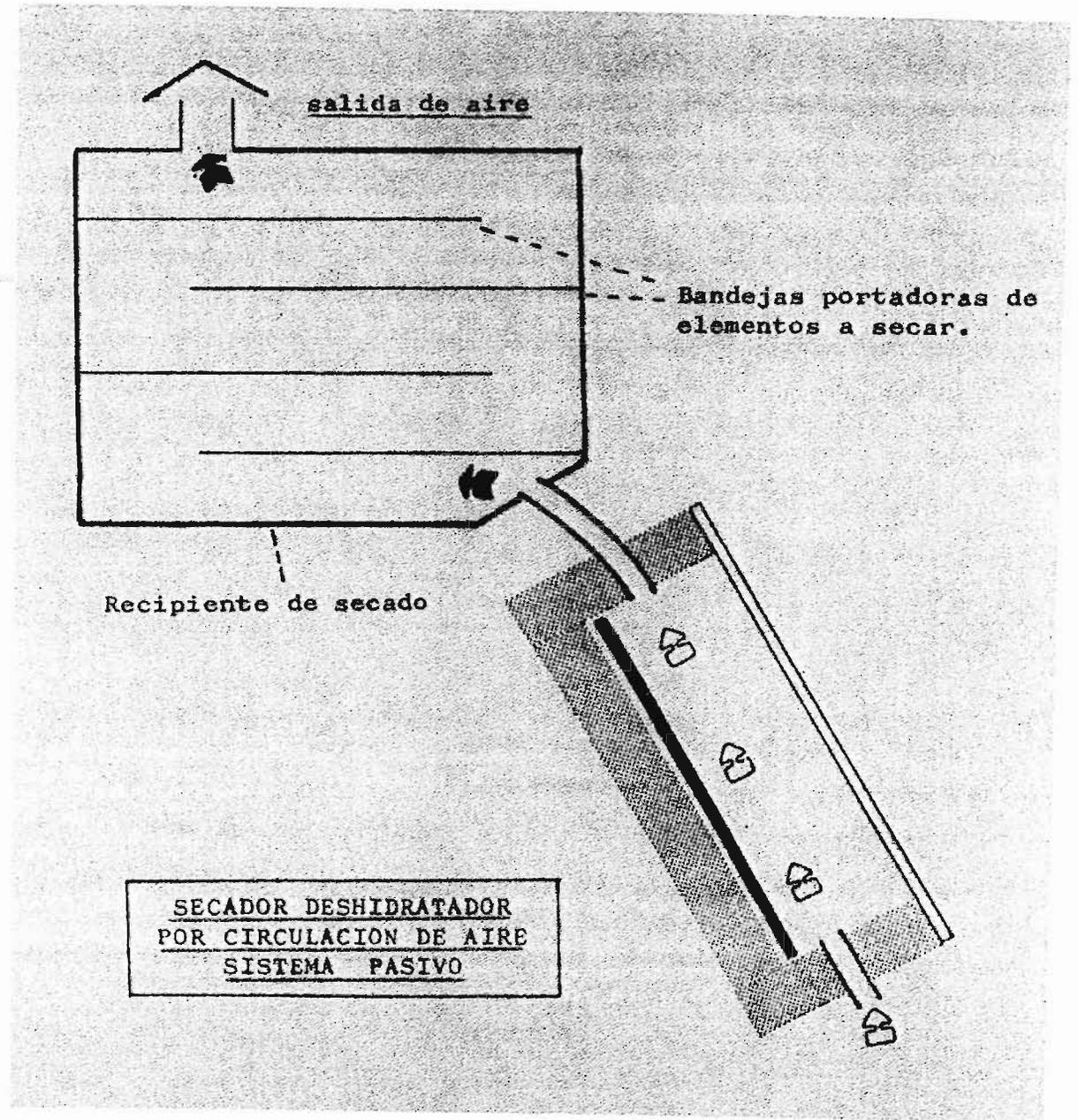


Deshidratado solar

Secador Solar Tipo Túnel



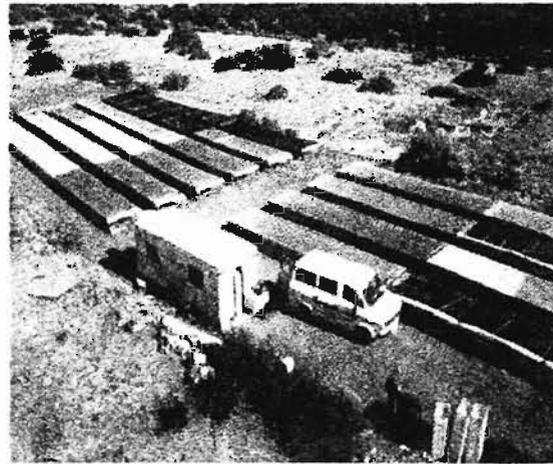
Diseño simple, secador solar



Deshidratado solar



Bananentrocknung in Thailand
Drying of banana in Thailand



Selbst große Produzenten setzen den
Tunneltrockner ein
Even large producers use the tunnel dryer



Trocknung in Indonesien selbst in der
Regenzeit
Drying even in rainy season (Indonesia)





Deshidratado solar

Características típicas:

- Temperatura de secado entre 40 – 60 °C
- Duración del proceso aprox. 2 – 3 días
- Producto seco / producto fresco = 10 % aprox.
- Fácil operación
- Pre- y post- tratamiento necesario, control de calidad



Aspectos económicos

Ursula Barea

ESTRUCTURA GENERAL DE LA METODOLGÍA DE UN PROYECTO

FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN			EVALUACIÓN
OBTENCIÓN Y CREACIÓN DE INFORMACIÓN		CONSTRUCCIÓN FLUJO DE CAJA	RENTABILIDAD SENSIBILIZACIÓN
ESTUDIO MERCADO	ESTUDIO TÉCNICO	ESTUDIO DE LA ORGANIZACIÓN	ESTUDIO ECONÓMICO

¿CÓMO PRESENTAR UN PROYECTO?

- INTRODUCCIÓN
- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO
- ESTUDIO DE MERCADO
- ESTUDIO TÉCNICO
- ESTUDIO ORGANIZACIONAL Y LEGAL
- ESTUDIO ECONÓMICO

ESTUDIO DE MERCADO

- Análisis del Consumidor
- Análisis de la Competencia
- Análisis de la Comercialización
- Análisis de los Proveedores

ESTUDIO TÉCNICO

- Determinación del Tamaño Óptimo del Proyecto
- Determinación de la Localización del Proyecto
- Ingeniería del Proyecto

ESTUDIO ORGANIZACIONAL Y LEGAL

- Selección adecuada y precisa del personal
- Manual de procedimientos
- Código de Funciones
- Leyes

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INVERSIÓN TOTAL INICIAL.

▪ Inversión en Activos fijos

Son todos aquellos bienes que son propiedad de la empresa y que se utilizan en el proceso de transformación de insumos o que sirven de apoyo a la operación del proyecto, como terrenos, edificios, maquinarias, equipos, vehículos, herramientas,

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INVERSIÓN TOTAL INICIAL.

▪ Inversión en Activos Intangibles

Son aquellos que se realizan sobre activos constituidos por servicios o derechos necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

Se incluyen:

- Gastos de Organización
- Gastos en patentes o licencias
- Gastos en puesta en marcha
- Gastos de capacitación

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INVERSIÓN TOTAL INICIAL

Carta Gantt

ITEM	PERIODO MENSUAL			
	1	2	3	4
Adquisición y Acondicionamiento de terreno	X	X	X	
Recepción de equipos y bombas		X		
Instalación de equipos y bombas			X	
Prueba				X

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INVERSIÓN TOTAL INICIAL

▪ **Inversión en Capital de Trabajo**

Corresponde al conjunto de recursos necesarios en forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo (CP).

Los principales métodos son:

- Método del Período de Desfase
- Método del Déficit Acumulado Máximo

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INVERSIÓN TOTAL INICIAL

▪ **Inversión en Capital de Trabajo**

Método del Período de Desfase

$$ICT = \frac{\text{Costo Anual de Operación}}{365} \times \text{Días de Desfase}$$

$$ICT = \frac{\text{Costo Mensual de Operación}}{30} \times \text{Días de Desfase}$$

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INVERSIÓN TOTAL INICIAL

▪ Inversión en Capital de Trabajo

Método del Déficit Acumulado Máximo

Supone calcular para cada período los flujos de ingresos y egresos y determinar su cuantía como el equivalente al déficit acumulado máximo

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INVERSIÓN TOTAL INICIAL

▪ Inversión en Capital de Trabajo

Método del Déficit Acumulado Máximo

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Ingresos		0	0	0	6.075.000	
Egresos		-414.990	-400.990	-1.008.490	-414.990	-400.990
Saldo		-414.990	-400.990	-1.008.490	5.660.010	-400.990
Saldo Acumulado		-414.990	-815.980	-1.824.470	3.835.540	3.434.550

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INVERSIONES DURANTE LA OPERACIÓN

Son las inversiones de reemplazo y las nuevas inversiones por ampliación.

¿Por qué realizar el reemplazo?

- Capacidad insuficiente de los equipos actuales.
- Aumento de costos de mantenimiento y reparación por antigüedad de la máquina.
- Disminución productiva por aumento en las horas de detención de la máquina por reparación o mantenimiento.
- Obsolescencia de las máquinas

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INGRESOS DEL PROYECTO

▪ Ingresos Operacionales

Son los ingresos directos que resultan de la venta del producto o servicio principal del proyecto. Se determina por medio de los pronósticos de venta anual que tiene el proyecto y el precio unitario del producto.

▪ Ingresos no Operacionales

Son otros ingresos que deben ser considerados para determinar correctamente la rentabilidad del proyecto .

Estos son:

- Venta de Activos reemplazados
- Venta de subproductos o desechos

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INGRESOS DEL PROYECTO

- Recuperación del Capital de Trabajo
- Valor de Desecho del Proyecto

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ INGRESOS DEL PROYECTO

- Valor de Desecho del Proyecto

Valor remanente que tendrá la inversión en el horizonte de su evaluación.

Métodos de Cálculo:

- Método Contable
- Método Comercial

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ Valor de Desecho del Proyecto

Método Contable

Según este método, el valor de desecho se calcula como la suma de los valores contables (o valores libro) de los activos. El valor contable corresponde al valor que a esa fecha no se ha depreciado de un activo.

$$VD = \sum_{j=1}^n I_j - \left[\frac{I_j}{n_j} \times d_j \right]$$

I_j = Inversión en el Activo j

n_j = N° de años a depreciar del activo j

d_j = N° de años ya depreciados del activo j al momento de hacer el cálculo del valor de desecho.

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ Valor de Desecho del Proyecto

Método Contable

Ejemplo:

$$I_j = 12000$$

$$n_j = 10$$

$$d_j = 5$$

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ Valor de Desecho del Proyecto

Método Comercial

El método comercial parte de la base que el valor contable no refleja el verdadero valor que podrá tener el activo al término de su vida útil, por lo tanto plantea que el valor de desecho le corresponderá a la suma de los valores comerciales que serán posibles de esperar, corrigiéndolos por su efecto tributario.

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ Valor de Desecho del Proyecto

Método Comercial

+	Valor Comercial
-	Valor Contable
=	Utilidad antes de impuestos
-	Impuestos
=	Utilidad neta
+	Valor Contable
=	Valor de Desecho

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ COSTOS OPERACIONALES

- **Costos de Materias Primas:**

Materiales que de hecho entran y forman parte del producto terminado. Estos costos incluyen fletes de compra, almacenamiento y de manejo.

- **Costos de Mano de Obra Directa:**

Es la que se utiliza para transformar la materia prima en producto terminado. Su monto varía casi proporcionalmente con el número de unidades producidas.

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ COSTOS OPERACIONALES

- **Costos de Mano de Obra Indirecta:**

Es la necesaria en el departamento de producción, pero que no interviene directamente en la transformación de las materias primas.

- **Costos de Materiales Indirectos:**

Forman parte auxiliar en la presentación del producto terminado, sin ser el producto en sí.

- **Costos de Insumos:**

Éstos pueden ser: agua, energía eléctrica, combustibles, detergentes, etc.

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ COSTOS OPERACIONALES

▪ Costos de Mantenimiento:

Se puede dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo y a la planta. El costo de los materiales y la mano de obra que se requieran, se cargan directamente a mantenimiento.

▪ Costos de Administración:

Provenientes de la función de administración de la empresa. Considera los sueldos de los gerentes, secretarias, juniors.

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ COSTOS OPERACIONALES

▪ Costos de Venta:

No corresponde solamente a los costos de hacer llegar el producto al intermediario o consumidor, sino que implica la integración de nuevos mercados o productos, estratificación del mercado, adecuación de la publicidad, pronósticos de venta.

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Inversión Activo}}{n} \quad n: \text{Número de años a depreciar del activo}$$

$$\text{Depreciación Acumulada} = \frac{\text{Inversión Activo} * d}{n}$$

n: Número de años a depreciar del activo

d: Número de años ya depreciados del activo

ESTUDIO ECONÓMICO

➤ FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Lo componen 4 elementos básicos:

- **Egresos iniciales de fondos:** Corresponden al total de la inversión inicial necesaria para la puesta en marcha del proyecto, además del capital de trabajo.
- **Ingresos y Egresos de Operación:** Constituyen todos los flujos de entradas y salidas reales de caja.
- **Momento en que ocurren los ingresos y egresos:** Se debe tener en cuenta que el flujo de caja se expresa en momentos y que el momento cero reflejará todos los egresos previos a la puesta en marcha del proyecto. El horizonte de evaluación depende de las características de cada proyecto y de su entorno.
- **Valor de desecho del proyecto.**

MEDIR LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

+	Ingresos afectos a impuestos
-	Egresos afectos a impuestos
-	Gastos no desembolsables
=	Utilidad antes de impuesto
-	Impuesto
=	Utilidad después de impuesto
+	Ajustes por gastos no desembolsables
-	Egresos no afectos a impuestos
+	Beneficios no afectos a impuestos
=	Flujo de caja

MEDIR LA RENTABILIDAD DE LOS RECURSOS PROPIOS

+	Ingresos afectos a impuestos
-	Egresos afectos a impuestos
-	Intereses del préstamo
-	Gastos no desembolsables
=	Utilidad antes de impuesto
-	Impuesto
=	Utilidad después de impuesto
+	Ajustes por gastos no desembolsables
-	Egresos no afectos a impuestos
+	Beneficios no afectos a impuestos
+	Préstamo
-	Amortización de la deuda
=	Flujo de caja

Cálculo del Préstamo y Amortización de la Deuda

Considere un préstamo de \$20.000.000 pagaderos a 5 años a una tasa de interés del 36,5%

Año	Deuda a pagar	Pago de intereses	Amortización de la deuda	Cuota anual	Saldo de la deuda
0					20.000.000
1	20.000.000	7.300.000	1.952.530	9.252.530	18.047.470
2	18.047.470	6.587.327	2.665.203	9.252.530	15.382.267
3	15.382.267	5.614.527	3.638.003	9.252.530	11.744.264
4	11.744.264	4.286.656	4.965.874	9.252.530	6.778.390
5	6.778.390	2.474.112	6.778.418	9.252.530	-

INDICADORES PARA EVALUAR PROYECTOS

- VALOR ACTUAL NETO (VAN)

- TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

INDICADORES PARA EVALUAR PROYECTOS

▪ VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Se define como la diferencia de la sumatoria de los ingresos y egresos actualizados a una tasa de interés fija, menos la inversión en el momento cero, en el horizonte de planeamiento.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

El VAN puede tener un resultado igual a cero, indicando que el proyecto renta justo lo que el inversionista exige a la inversión.

Si el VAN es mayor a cero, por ejemplo, 100 positivo, indicaría que el proyecto proporciona esa cantidad de remanente sobre lo exigido.

Si el resultado fuese 100 negativo, debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto rente lo exigido por el inversionista.

TASA INTERNA DE RETORNO

Es aquella tasa de descuento para la cual el valor actualizado de los beneficios y costos del proyecto resulta igual a cero.

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FN_t}{(1+i)^t} - I_o$$

TASA INTERNA DE RETORNO

- ✓ Si $TIR > i$, significa que el interés equivalente sobre el capital que genera el proyecto, es superior al interés mínimo aceptable. En este caso se recomienda la ejecución del proyecto.
- ✓ Si $TIR = i$, significa que el interés equivalente sobre el capital que genera el proyecto, es igual al interés mínimo aceptable. En este caso el proyecto es indiferente para el inversionista.
- ✓ Si $TIR < i$, significa que el costo de oportunidad del capital es inferior al costo de capital mínimo aceptable. No se recomienda la ejecución del proyecto. (El rendimiento del proyecto es menor al que se obtendría en otra alternativa de inversión).

ITEM	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
Ingresos					6.075.000			6.075.000			6.075.000
Costo agua		-138.240	-138.240	-138.240	-138.240	-138.240	-138.240	-138.240	-138.240	-138.240	
Costo diesel		-95.040	-95.040	-95.040	-95.040	-95.040	-95.040	-95.040	-95.040	-95.040	
Costo aceite		-14.000				-14.000					
Costo mano de obra		-102.334	-102.334	-709.834	-102.334	-102.334	-709.834	-102.334	-102.334	-709.834	
Costos mantención		-18.792	-18.792	-18.792	-18.792	-18.792	-18.792	-18.792	-18.792	-18.792	
Depreciacion equipos		-75.774	-75.774	-75.774	-75.774	-75.774	-75.774	-75.774	-75.774	-75.774	
Amortizacion intangibles											
Intereses											
Utilidad Bruta		-444.180	-430.180	-1.037.680	5.630.820	-430.180	-1.037.680	5.630.820	-430.180	-1.037.680	6.075.000
Impuesto (15%)		0	0	0	557.817	0	0	624.444	0	0	691.071
Utilidad Neta		-444.180	-430.180	-1.037.680	5.073.003	-430.180	-1.037.680	5.006.376	-430.180	-1.037.680	5.383.929
Depreciacion equipos		75.774	75.774	75.774	75.774	75.774	75.774	75.774	75.774	75.774	
Amortizacion intangibles											
Terreno											
Inversión insumos	-2.074.842			-2.074.842			-2.074.842				
Generador	-1.500.000										
Bomba	-350.000										
Tuberías	-350.000										
Filtro, medidor	-200.000										
Intangibles											
Capital de Trabajo	-1.684.718										1.684.718
Valor de desecho											1.490.713
Préstamo											
Amortización de la deuda											
Flujo de caja	-4.659.560	-368.406	-354.406	-3.036.748	5.148.777	-354.406	-3.036.748	5.082.150	-354.406	-961.906	8.559.360

VAN=\$5.426.448

TIR=8%