



INFORME TECNICO FINAL



INCREMENTO DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA PRODUCCION DE FRUTALES Y VIÑEDOS MEDIANTE FERTIRRIGACION

CODIGO C00-1-A-013

VIII REGION

FECHA DE ADJUDICACION: NOVIEMBRE 2000
AGENTE EJECUTOR: UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
ASOCIADOS: VIÑA CONCHA Y TORO S.A.
SOC. AGRIC. UNIAGRI YERBAS BUENAS
COORDINADOR: IVAN VIDAL P.

Chillán, Febrero 2004

INFORME TECNICO FINAL

**INCREMENTO DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA PRODUCCION DE
FRUTALES Y VIÑEDOS MEDIANTE FERTIRRIGACION**

CODIGO C00-1-A-013

VIII REGION

FECHA DE ADJUDICACION: NOVIEMBRE 2000
AGENTE EJECUTOR: UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
ASOCIADOS: VIÑA CONCHA Y TORO S.A.
SOC. AGRIC. UNIAGRI YERBAS BUENAS
COORDINADOR: IVAN VIDAL P.

Chillán, Febrero 2004

INDICE

| | |
|---|----|
| I. ANTECEDENTES GENERALES | 1 |
| II. RESUMEN EJECUTIVO | 2 |
| III. TEXTO PRINCIPAL | 4 |
| 1. RESUMEN | 4 |
| 2. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS | 4 |
| 3. ASPECTOS METODOLOGICOS DEL PROYECTO | 6 |
| 3.1. Descripción de la metodología efectivamente utilizada. | 6 |
| 3.2. Problemas metodológicos enfrentados | 9 |
| 4. DESCRIPCION DE ACTIVIDADES | 11 |
| 4.1 ACTIVIDADES Y TAREAS EJECUTADAS | 11 |
| 4.2. COMPARACION ACTIVIDADES PROGRAMADAS Y EJECUTADAS | 15 |
| 5. RESULTADOS DEL PROYECTO | 16 |
| 5.1 VID | 16 |
| 5.2. MANZANOS LINARES | 23 |
| 5.3. ARANDANOS CHILLAN | 29 |
| 5.4. MANZANOS MIRAFLORES | 34 |
| 5.5 ARANDANOS MIRAFLORES | 40 |
| 5.6. ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES | 45 |
| 5.6.1. VID | 45 |
| 5.6.2 MANZANOS | 53 |
| 5.6.3. ARANDANOS | 57 |
| 6. FICHAS TECNICAS Y ANALISIS ECONOMICO | 61 |
| 7. PROBLEMAS ENFRENTADOS | 65 |
| 8. CALENDARIO DE EJECUCION | 66 |
| 9. DIFUSION DE RESULTADOS | 69 |
| 10. IMPACTOS DEL PROYECTO | 72 |
| 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 73 |
| ANEXOS | 75 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Resultado de análisis físico de suelos a tres profundidades. | 16 |
| Cuadro 2. Características químicas del suelo previo al establecimiento del ensayo | 17 |
| Cuadro 3. Caracterización nutricional de la planta de vid antes de la aplicación de fertilizantes. | 17 |
| Cuadro 4 Estados fenológicos en vid c.v Carmenére. | 18 |
| Cuadro 5. Fertilización que recibida por plantas de vid durante las temporadas de crecimiento (kg/ha). | 18 |
| Cuadro 6. Características químicas del mosto antes y después de la fermentación. | 22 |
| Cuadro 7: Programa de fertirrigación aplicado a manzanos cv. Royal Gala durante la etapa de crecimiento (2001). | 24 |
| Cuadro 8: Cantidades de fertilizante aplicadas en manzanos cv. Royal Gala. Temporada 2001-2002. | 25 |
| Cuadro 9: Cantidades de fertilizante aplicadas en manzanos cv. Royal Gala. Temporada 2002-2003. | 25 |
| Cuadro 10: Análisis químico inicial del suelo. | 25 |
| Cuadro 11: Análisis físico inicial del suelo. | 26 |
| Cuadro 12: Análisis del agua de riego del sitio del ensayo. | 26 |
| Cuadro 13: Análisis foliar de manzanos previo al establecimiento de los tratamientos Promedio de 3 repeticiones. | 26 |
| Cuadro 14. Indices de calidad de fruta en manzanos Royal Gala para dos temporadas de crecimiento. | 27 |
| Cuadro 15. Análisis químico inicial del suelo. | 30 |
| Cuadro 16. Análisis del agua de riego procedente de noria de la Estación Experimental de la Universidad de Concepción, campus Chillán. | 31 |
| Cuadro 17. Resultados análisis de suelo previo al establecimiento del ensayo. | 35 |
| Cuadro 18. Fuentes de nitrógeno y dosis de nutrientes aplicados por tratamiento. | 36 |
| Cuadro 19 Efecto de las fuentes de nitrógeno sobre el rendimiento, peso y diámetro de fruta en las dos temporadas de evaluación. | 38 |
| Cuadro 20. Efecto de las fuentes de nitrógeno sobre la calidad de la fruta al momento de cosecha. | 39 |
| Cuadro 21. Efecto de las fuentes de nitrógeno sobre la calidad postcosecha después de un periodo de almacenaje de tres meses (15 abril a 15 julio). Datos de año 2002 y 2003 | 39 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 22. Resultados análisis de suelo previo al establecimiento del ensayo. | 41 |
| Cuadro 23. Estados fenológicos en vid CV Carmenere para dos épocas de crecimiento. | 45 |
| Cuadro 24 Fertilización que recibida por plantas de vid durante dos temporadas decrecimiento aplicada mediante el sistema de riego. | 46 |
| Cuadro 25. Cantidades totales de materia seca registradas en vid durante la temporada. | 47 |
| Cuadro 26.Extracción de nutrientes para tejidos permanentes y de temporada. en la planta de vid a través de varios estados fenológicos. (kg/ha) | 52 |
| Cuadro 27. Extracción de nutrientes para tejidos permanentes y de temporada. en la planta de vid a través de varios estados fenológicos expresados como porcentaje. | 52 |
| Cuadro 28. Cantidades totales de materia seca registradas en manzanos durante la temporada. | 54 |
| Cuadro 29. Extracción de nutrientes (kg/ha) para tejidos permanentes y de temporada en la planta manzano a través de varios estados fenológicos, plantación de 20 meses de edad. | 54 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Rendimiento en Vid para tres temporadas de crecimiento. | 20 |
| Figura 2. Clorofila en vid para tres temporadas de crecimiento. | 20 |
| Figura 3. Incremento del área de tronco en vid para tres temporadas de crecimiento. | 21 |
| Figura 4. N° de racimos en plantas de Vid para tres temporadas de crecimiento. | 21 |
| Figura 5. Peso de poda para tres temporadas de crecimiento en vid. | 22 |
| Figura 6. Actividad radicular en rizotron para los tratamientos Parcializado (I) y testigo (IV) en vid para dos temporadas de crecimiento. | 23 |
| Figura 7. Influencia de tratamientos de fertirriego en el rendimiento de manzanos Royal Gala. | 27 |
| Figura 8. Clorofila en manzanos Royal Gala para tres temporadas de crecimiento. | 28 |
| Figura 9. Incremento del área de tronco en manzanos Royal Gala para tres temporadas de crecimiento. | 29 |
| Figura 10. Efecto en el rendimiento de arándanos de diferentes tratamientos de fertirriego y fertilización tradicional. | 32 |
| Figura 11. Efecto de los tratamientos de fertirriego en el contenido de clorofila en arándanos. | 33 |
| Figura 12. Actividad radicular en arándanos medidos en dos rizotrones. | 34 |
| Figura 13. Distribución de la fertilización nitrogenada durante las dos temporadas de estudio. | 36 |
| Figura 14. Incremento del área de tronco en manzanos para dos temporadas de crecimiento. | 38 |
| Figura 15. Contenido de clorofila en hojas influenciadas por diferentes fuentes de nitrógeno y para dos temporadas de crecimiento. | 40 |
| Figura 16. Fases fenológicas del arándano y porcentaje de distribución del fertilizante aplicado. | 42 |
| Figura 17. Efecto de tres dosis de nitrógeno en arándanos para dos temporadas de crecimiento. | 43 |
| Figura 18. Contenido de clorofila en la temporada para dos temporadas de crecimiento en arándanos en los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada. | 44 |
| Figura 19. Acumulación de materia seca en órganos permanentes y de temporada. | 47 |
| Figura 20. Porcentaje de distribución de la materia seca de diferentes tejidos de la planta de vid en 5 estados fenológicos. | 48 |
| Figura 21. Contenido de Nitrógeno (Kg/ha) en órganos permanentes y de temporada en vid. | 49 |
| Figura 22. Contenido de Fósforo (Kg/ha) en órganos permanentes y de temporada en vid. | 50 |
| Figura 23. Contenido de Potasio en órganos permanentes y de temporada en vid. | 50 |
| Figura 24. Contenido de Calcio en órganos permanentes y de temporada en vid. | 51 |
| Figura 25. Contenido de Magnesio (Kg/ha) en órganos de temporada y permanentes en vid. | 51 |
| Figura 26. Acumulación de materia seca en órganos permanentes y de temporada | 54 |
| Figura 27. Contenido de Nitrógeno (Kg/ha) en órganos permanentes y de temporada en manzanos. | 55 |
| Figura 28. Contenido de Fósforo (kg/ha) en órganos permanentes y de temporada en vid. | 55 |
| Figura 29. Contenido de Potasio en órganos permanentes y de temporada en manzanos. | 56 |
| Figura 30. Contenido de Calcio en órganos permanentes y de temporada en vid. | 56 |

| | |
|--|----|
| Figura 31 Contenido de Magnesio (Kg/ha) en órganos de temporada y permanentes en vid. | 57 |
| Figura 32. Acumulación de Materia Seca en arándanos para tres temporadas de crecimiento. | 58 |
| Figura 33. Acumulación de nitrógeno en arándanos durante tres temporadas. | 59 |
| Figura 34. Acumulación de fósforo en arándanos para tres temporadas de crecimiento. | 59 |
| Figura. 35. Acumulación de potasio en arándanos para tres temporadas de crecimiento. | 60 |

I. ANTECEDENTES GENERALES

NOMBRE DEL PROYECTO: "INCREMENTO DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA PRODUCCION DE FRUTALES Y VIÑEDOS MEDIANTE FERTIRRIGACION"

| | |
|----------------------------------|--|
| CODIGO: | C00-1-A-013 VIII REGION |
| FECHA DE ADJUDICACION: | NOVIEMBRE 2000 |
| AGENTE EJECUTOR: | UNIVERSIDAD DE CONCEPCION |
| ASOCIADOS: | VIÑA CONCHA Y TORO S.A. SOC. AGRIC. UNIAGRI YERBAS BUENAS |
| COORDINADOR DEL PROYECTO: | IVAN VIDAL P. |
| COSTO TOTAL: | \$ 139.569.168.- |
| APORTE DEL FIA: | \$ 95.252.943 (68,2 % del costo total) |
| PERIODO EJECUCION: | 1° NOVIEMBRE de 2000 al 31 AGOSTO de 2003. |

Chillán, Febrero 2004

II. RESUMEN EJECUTIVO

Se manejaron las especies arándanos, manzanos y vides viníferas, establecidas bajo sistemas de riego presurizado con diferentes tratamientos de fertirrigación y fertilización convencional y se evaluó el impacto de dicha técnica sobre los niveles productivos y calidad de la fruta. Se determinó la exportación de nutrientes para las especies estudiadas. Adicionalmente, se confeccionó el software OPTIFER® para facilitar el diseño de programas de fertirriego para diversos cultivos y frutales y que permite formular soluciones stock multi-nutriente provenientes de materias primas simples, posibles de preparar a nivel de campo y a un menor costo que las mezclas solubles disponibles en el mercado.

Los resultados obtenidos a partir del presente proyecto se traducen en el desarrollo de prácticas de manejo de agua y fertilizantes que permiten optimizar los rendimientos, la calidad de los productos, incrementar la eficiencia del uso de fertilizantes y evitar los problemas de contaminación de las aguas de drenaje. Con el desarrollo del software OPTIFER® se pretende disponer de una herramienta de apoyo para agrónomos, técnicos y productores en el diseño de programas de fertirrigación, considerando cantidad y tipo de fertilizante, compatibilidad, preparación de soluciones “madres” y su tasa de inyección al sistema de riego. El software permite calcular las dosis de nutrientes N, P, K, Ca y Mg de un determinado cultivo basado en información disponible de análisis de suelo, análisis de agua de riego, las características del sistema de inyección y de riego y de los requerimientos de nutrientes específicos del cultivo para cada etapa fenológica del cultivo.

Mediante los resultados obtenidos se ha comprobado que la aplicación más importante del riego localizado se centra en su utilización como vehículo del denominado proceso de fertirrigación. Se trata de una dosificación racional de fertilizantes mediante su utilización, día a día, exactamente a la medida de un cultivo, un suelo y un agua de riego determinados.

El proyecto ha cubierto un vacío importante en el conocimiento de la nueva tecnología de fertirrigación para su aplicación correcta en arándanos, manzanos y vides viníferas. La importancia económica de esta técnica es notoria si tenemos en cuenta que actualmente en Chile existen más de 100.000 has de riego presurizado donde es posible fertirrigar. Se estima que en menos de 15 % de esta superficie se hace actualmente fertirrigación, por lo que existe un amplio campo para introducir esta técnica. Desde el punto de vista medioambiental, las características del proceso permiten evitar problemas de contaminación por el fraccionamiento en la dosificación de fertilizantes.

El proyecto ha generado valiosos datos para técnicos y productores para poder realizar el proceso completo de fertirrigación. Se dispone de información desde los conceptos básicos de la fertirrigación, pasando por tópicos como fabricación de soluciones fertilizantes, respuesta de los cultivos, diagnóstico de suelos y aguas, monitoreo, recomendación de fertilización y diseño de programas de fertirriego para un considerable número de cultivos por medio de un software diseñado dentro del marco del proyecto.

No obstante, lo señalado precedentemente, cuando se trabaja con especies permanentes los efectos de la nutrición se manifiestan en forma más acentuada en un mayor plazo que lo considerado en el presente proyecto. Esto es especialmente notorio cuando se comienza la experimentación con especies recién plantadas, como fue el caso del huerto de arándanos y manzanos.

El análisis económico de los ensayos realizados deja de manifiesto que el mayor retorno se obtienen con la técnica de fertirrigación permanente. Sin embargo, las condiciones en que se encuentran los huertos, hacen difícil proyectar su real impacto futuro, por lo que sería recomendable continuar con el seguimiento y desarrollo de este proyecto con el propósito de evaluar correctamente las hipótesis generadas y determinar el impacto económico de la introducción de esta técnica.

El proyecto a futuro debiera tener un impacto económico positivo tanto cuantitativo como cualitativo en el desarrollo de la fruticultura nacional, ya que por aquellas empresas que implementen la tecnología de fertirrigación tendrán mayores rendimientos, lo cual se expresará en las utilidades anuales y la capitalización de sus inversiones. Además, se debe considerar que el beneficio, expresado como los aumentos en utilidades por parte de las empresas frutícolas nacionales, se multiplicará tantas veces como número de empresas emplee esta tecnología.

Cabe destacar el alcance del este proyecto desde el punto de vista de formación de recursos humanos en investigación puesto que se encuentran involucrados en los trabajos experimentales 3 alumnos de candidatos al grado de Magister en Ciencias y 3 alumnos candidatos al título de Ingeniero Agrónomo. Adicionalmente, se ha transferido la experiencia adquirida por el equipo de investigadores, a un gran número de productores, profesionales y técnicos a través de cursos y seminarios nacionales e internacionales y días de campo. En consecuencia, el proyecto para la institución participante, representó una fuente de nuevos conocimientos a incorporar en la enseñanza agronómica y que le permitió tener un efectivo intercambio con el extranjero e instituciones nacionales. Las actividades de transferencia, así como la propia investigación realizada en predios de productores contribuyó a facilitar el acercamiento de profesionales y alumnado a la realidad productiva, además de adquirir una valiosa experiencia en dichas materias (transferencia tecnológica e investigación aplicada).

III. TEXTO PRINCIPAL

1. RESUMEN

En Chile, uno de los problemas más serios a que se han tenido que enfrentar los productores que han optado por establecer sistema de fertirrigación, así como los profesionales que los asesoran en lo referente a producción, es la escasez de información local referente a los aspectos agronómicos de la técnica. Esta información contrasta con el conocimiento de carácter ingenieril disponible, en particular, en lo referente a diseño hidráulico. Por ello, el objetivo del presente proyecto fue generar tecnología de fertirrigación para los cultivos de Arándanos, Manzanos y Vid.

Se manejaron huertos establecidos bajo sistemas de riego presurizado con diferentes tratamientos de fertirrigación y fertilización convencional (sistema actual) y se evaluó el impacto de dicha técnica sobre los niveles productivos y calidad de la fruta. Se determinó la exportación de nutrientes para las especies estudiadas. Adicionalmente, se confeccionó el software OPTIFER® para facilitar el diseño de programas de fertirriego para diversos cultivos y frutales y, por otro lado, que permite formular soluciones stock multi-nutriente provenientes de materias primas simples, posibles de preparar a nivel de campo y a un menor costo que las mezclas solubles disponibles en el mercado.

Los resultados obtenidos a partir del presente proyecto se traducen en el desarrollo de prácticas de manejo de agua y fertilizantes que permiten optimizar los rendimientos, la calidad de los productos, incrementar la eficiencia del uso de fertilizantes y evitar los problemas de contaminación de las aguas de drenaje. Con el desarrollo del software OPTIFER® se pretende disponer de una herramienta de apoyo para agrónomos, técnicos y productores en el diseño de programas de fertirrigación, considerando cantidad y tipo de fertilizante, compatibilidad, preparación de soluciones “madres” y su tasa de inyección al sistema de riego. El software permite calcular las dosis de nutrientes N, P, K, Ca y Mg de un determinado cultivo basado en información disponible de análisis de suelo, análisis de agua de riego, las características del sistema de inyección y de riego y de los requerimientos de nutrientes específicos del cultivo para cada etapa fenológica del cultivo.

2. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

a) Respuesta en producción y calidad de las cosechas a diversas técnicas de fertirrigación.

Este objetivo se cumplió a cabalidad, puesto que, además de los resultados obtenidos de producción y calidad de las cosechas bajo diversas técnicas de fertirrigación aplicados a arándanos, manzanos y vid vinífera, se disponen de resultados procedentes de otros ensayos experimentales que no se comprometieron en la propuesta original. Es el caso de dos sitios experimentales, donde en uno de ellos se evaluó la respuesta del arándano a dosis crecientes de N aplicados por fertirriego y, en el otro, la respuesta en producción y calidad postcosecha de manzanos sometidos a diferentes fuentes de N (N-nítrico, N-amoniaco).

- b) Acumulación de Materia seca y extracción de nutrientes bajo riego presurizado y fertirrigación.

Empleando un muestreo destructivo de las plantas se procedió a determinar en las diferentes fases fenológicas, la acumulación de materia seca en hojas, brotes, fruto y raíz, la composición química de estos tejido y el nivel de extracción de nutrientes.

- c) Monitoreo de los macro y micronutrientes en la solución de suelo.

En la propuesta original se planteó monitorear la solución fertilizante real aplicada y la concentración de macro y micronutrientes en la solución de suelo mediante empleo de extractómetros instalados a diferentes profundidades en el perfil. Este procedimiento se llevó a cabo en los tres sitios experimentales, sin embargo, la información generada no fue consistente. Se detectaron interferencias y problemas de contaminación procedentes de la cápsula de cerámica que interfirieron en los resultados obtenidos. Ello fue también comprobado después de un minucioso trabajo de laboratorio donde se sometieron las cápsulas a diferentes tratamientos de lavado. Cabe señalar, que existen diversos trabajos en la bibliografía (Beier y Hansen, 1992; Dahlgren, 1993; Jemison y Fox, 1994; Lord y Shepherd, 1993; Poss y otros, 1995; Sanchez, 1995) donde los autores citan estos mismos inconvenientes.

Después de los problemas indicados, actualmente se dispone de experiencia para seleccionar los modelos adecuados de extractómetros, tratamiento previo que se les debe efectuar (lo cual no se indica en manual del producto), procedimiento y estandarización del muestreo e interpretación de datos. Actualmente, el grupo de profesionales participantes del proyecto está en condiciones de promover y aplicar esta metodología en huertos frutales con riego localizado. Su uso nos permite establecer un control del programa de fertirriego (verificar las dosis de aplicación), tipo y cantidad de fertilizantes más adecuados a utilizar; evitar y corregir antagonismos y desequilibrios, evitar lavado de fertilizantes en el perfil, efectuar las modificaciones necesarias para optimizar la nutrición de la planta en periodos menores a 10 días después del muestreo.

- d) Desarrollo de fórmulas de soluciones stock multi-nutriente o mezclas solubles provenientes de fertilizantes simples.

Se desarrolló un sistema para disolución de fertilizantes bajo condiciones de temperatura estándar y mínima agitación, con el propósito de preparar soluciones concentradas K, NK, PK, NPKMg. Con estas soluciones se pretende entregar una alternativa de fertilización más económica a los productores y constituir una base para la formulación, elaboración y comercialización de fertilizantes líquidos y/o mezclas solubles para el mercado nacional.

- e) Evaluación económica

En el presente informe se adjuntan fichas técnicas y análisis económico de los cultivos y tecnología de fertirriego evaluada en el proyecto.

f) Difusión de resultados:

Los resultados han sido difundidos entre organizaciones de productores, profesionales y estudiantes universitarios mediante material escrito, conferencias, charlas, cursos cortos y días de campo. También, los resultados han sido expuestos a nivel internacional en España, Brasil, México, Austria y Costa Rica, donde el coordinador del proyecto ha participado en la dictación de cursos y conferencias en centros universitarios y de investigación.

g) Objetivo adicional:

Se desarrollo el Software OPTIFER® con su respectivo manual de usuario para diseñar programas de fertirriego en cultivos, hortalizas y frutales. El software presenta los requerimientos nutricionales de 51 especies y permite definir las mezclas de fertilizantes, preparación de solución madre, tasa de inyección, etc., para cada fase fenológica de los cultivos.

3. ASPECTOS METODOLOGICOS DEL PROYECTO

3.1. Descripción de la metodología efectivamente utilizada.

Se implementaron 3 ensayos de campo mas una unidad demostrativa adicional que no estaba en la propuesta original. Se utilizaron para cada ensayo diferentes técnicas de monitoreo periódico o permanente de los nutrientes (agua, suelo, planta) y del agua (perfiles de humedad) así como la medición de parámetros de desarrollo de la planta y de los frutos, con el objetivo de poder corregir en la misma temporada la dosis teóricas iniciales.

El cálculo de la tasa de riego se efectuó considerando el registro de mediante los datos obtenidos a través estaciones meteorológicas automáticas marca Davis ubicada en cada sitio experimental. Los ensayos se llevaron a cabo durante tres estaciones de crecimiento.

Viñedos

Se determinó la influencia del fertirriego sobre diversos parámetros de calidad y producción del viñedo. Se estableció un ensayo ubicado en un viñedo de la Viña Concha y Toro, donde se evaluaron cuatro tratamientos:

Fertirriego permanente;
 Fertirriego parcializado
 Fertilización tradicional al suelo y
 Testigo sin fertilización,

Las evaluaciones que se realizaron son: Caracterización físico y química del sitio experimental, contenido de clorofila, Diámetro y perímetro de tronco, Largo de brotes, crecimiento radicular (rizotrón), muestreos destructivos de los diferentes tejidos de la planta (raíz, hoja, brotes, fruta) y determinación de materia seca y composición química, análisis foliar, análisis de la solución del suelo, producción por planta, nº racimos, peso poda, peso racimos, peso bayas, Concentración sólidos solubles, acidez total, microvinificación, curvas

de acumulación de materia seca y extracción nutrientes.

El tamaño de cada repetición correspondió a 3 hileras de 60 m cada una. Se consideraron tres repeticiones por tratamiento y las evaluaciones se realizaron en la hilera central.

Arándanos

Se estableció un ensayo con los mismos tratamientos de fertilización que los aplicados en el ensayo de vid señalado anteriormente. En este sitio se complementó con la aplicación de técnicas isotópicas utilizando fertilizante nitrogenado marcado.

En cada tratamiento y repetición se realizaron las siguientes evaluaciones:

Caracterización físico y química del sitio experimental, contenido de clorofila, largo de brotes, actividad radicular, muestreos destructivos de planta completa para determinación de materia seca y extracción de nutrientes, análisis foliar, Análisis de la solución del suelo (uso de extractómetros), producción por planta, diámetro de la fruta, sólidos solubles totales (valor Brix), eficiencia de la fertilización nitrogenada, exceso atómico ^{15}N .

El tamaño de cada repetición correspondió a 2 hileras de 5 plantas cada una. Se consideraron tres repeticiones por tratamiento.

Manzanos

Se establecieron los mismos tratamientos indicados para las dos especies anteriores. Se evaluaron en cada tratamiento:

Caracterización físico y química del sitio experimental, Clorofila, Diámetro y perímetro de tronco, Largo de brotes, Muestreos destructivos de planta completa, análisis foliar, análisis periódico de la solución del suelo, producción por planta e índices de calidad.

Este ensayo consideró un huerto completo de aproximadamente 20 ha en las cuales las repeticiones correspondían a los sectores de riego.

Unidad Demostrativa Miraflores:

Arándanos: Se determinó la influencia tres niveles de nitrógeno sobre diversos parámetros de calidad y producción de un huerto comercial establecido. Se evaluaron los siguientes tratamientos:

- I.- Dosis baja 50 kg N/ha
- II.- Dosis media 100 kg N/ha
- III.- Dosis alta 150 kg N/ha
- IV.- Testigo sin N

Caracterización físico y química del sitio experimental, clorofila, largo de brotes, análisis foliar, producción por planta e índices de calidad.

Cada tratamiento constaba de tres repeticiones de tres hileras de 50 m cada una. Las plantas evaluadas se eligieron dentro de las más representativas en cuanto a tamaño y número de brotes y ubicadas en la hilera central de cada repetición.

Manzanos: En un huerto establecido se instaló un ensayo de campo que considera los siguientes tratamientos:

- I.- Fertilización nitrogenada en forma amoniacal
- II.- Fertilización nitrogenada en forma combinada (50% amoniacal-50% nítrica)
- III.- Fertilización nitrogenada en forma nítrica
- IV.- Testigo sin N

Las evaluaciones efectuadas son: Caracterización físico y química del sitio experimental, clorofila, diámetro y perímetro de tronco, largo de brotes, análisis foliar, producción por planta e índices de calidad en postcosecha.

El tamaño de cada repetición correspondió a 2 hileras de 35 m cada una. Se consideraron tres repeticiones por tratamiento.

Desarrollo de fórmulas de soluciones stock multi-nutriente:

Se montó un sistema para disolución de fertilizantes bajo condiciones de temperatura estándar y mínima agitación, con el propósito de determinar la concentración máxima de disolución. Se midió el tiempo transcurrido para la máxima disolución, el efecto del orden de adición de los componentes y los cambios en la temperatura durante el proceso de disolución. La composición de las diferentes soluciones K, NK, PK y NPKMg, se decidió de acuerdo a las fórmulas comúnmente en uso en el comercio pero con la utilización de fertilizantes simples.

Las soluciones fueron preparadas en vaso precipitado de 150 ml con circulación de líquido refrigerante a 10°C. El volumen inicial de agua (agua de grifo) fue de 100 ml y cada fertilizante se adicionó y se agitó con un agitador magnético durante 1 minuto. Cuando la temperatura de la solución baja del valor estándar de la solución fertilizante (caso del sulfato de amonio, cloruro de potasio o urea) la siguiente adición de producto se llevó a cabo solamente después que la solución ha retornado a la temperatura original. Cuando la temperatura supera el valor estándar (como con ac. fosfórico) la siguiente adición se efectuó inmediatamente después de la agitación por 1 minuto. Se midió la densidad específica de las soluciones resultantes. Además, se midió el pH y CE, después de una dilución de 1:1000 con agua destilada.

Los fertilizantes empleados para el estudio fueron: urea, cloruro de potasio, ácido fosfórico, sulfato de amonio, sulfato de potasio, nitrato de potasio, fosfato diamónico y monoamónico.

Con el empleo de los fertilizantes indicados anteriormente y teniendo en consideración sus características de solubilidad, compatibilidad y CE, se establecieron fórmulas de fertilizantes que se adapten a los requerimientos estacionales de los frutales estudiados.

Estas fórmulas pueden ser preparadas a nivel predial a un menor costo que los fertilizantes solubles disponibles en el mercado.

Software OPTIFER®

Este software se desarrollo con la asesoría de un ingeniero civil experto en informática. El programa de instalación se ejecuta automáticamente al introducir el CD en el computador. En su defecto, debe ser ejecutado el archivo "setup.exe" desde la raíz del CD.

OPTIFER® se ha diseñado para el uso de agrónomos, técnicos y productores con el propósito de apoyarlos en el diseño de programas de fertirrigación considerando cantidad y tipo de fertilizantes, compatibilidad, preparación de soluciones madres y su tasa de inyección al sistema de riego.

Para realizar el cálculo de fertirrigación, es necesario ingresar una serie de datos del cultivo, predio y sistema de regadío. Luego se seleccionan los fertilizantes que se deseen considerar para la fertirrigación, siguiendo por el cálculo de fertilizantes y, finalmente, la separación de estos fertilizantes en los estanques de acuerdo a su compatibilidad. Mayores detalles sobre el presente software se presentan en el anexo.

3.2. Problemas metodológicos enfrentados

Inyección fertilizantes

En general la metodología de inyección de fertilizantes al sistema de riego funcionó en forma adecuada siempre que se llevara un control exhaustivo de la compatibilidad de los fertilizantes, concentración de las soluciones madre, la limpieza de los equipos y sistema de riego. A pesar de tener implementado riego presurizado con programadores automáticos de riego en todos los ensayos, es indispensable el control diario por parte de una persona encargada, frecuentemente los sistemas de riego presentan problemas como obturaciones de goteros, colmatación de filtros, cortes de energía, roturas de tuberías etc. Este se solucionó con la importante participación de personal de planta de cada empresa y la estrecha relación con el personal técnico del proyecto.

Cabe señalar, que el costo de adquisición de los equipos automáticos de inyección fueron asumidos por otras fuentes de financiamiento y no constituyeron aportes de FIA.

Estaciones meteorológicas automáticas

La información entregada por las estaciones meteorológicas instaladas en cada ensayo fue de primera importancia para la programación del riego. Sin embargo, el problema fundamental de estos instrumentos fue la disponibilidad de energía. El panel solar que posee cada estación están muy ajustado a las condiciones de zonas de alta radiación. Para las condiciones particulares del estudio, la disponibilidad de luz directa es limitada en invierno, haciendo que la información se perdiera frecuentemente en esta época. En un principio se optó por utilizar energía eléctrica disponible en el huerto, pero esta solución no fue adecuada debido a que la energía en el sector rural es muy inestable y frecuentemente

es interrumpida por temporales, caída de árboles, etc. La solución de mejor resultado fue retirar las baterías solares en una o dos oportunidades y recargarlas por medio de equipos especiales. La duración de estas baterías de recarga es aproximadamente dos años de uso continuado.

Medidor de humedad del suelo

A través del proyecto se adquirió un medidor de humedad marca Diviner 2000 de la empresa Sentek. Este equipo fue utilizado en todos los sitios experimentales para el control del riego, realizando mediciones periódicas de la humedad del suelo. La información entregada se utilizó para ajustar los tiempos de riego diario de cada sitio, con el objetivo de mantener una humedad estable durante la temporada. Sin embargo, el equipo tiende a sobrestimar la humedad existente en el perfil, lo que se pudo comprobar mediante calibración de dicha técnica con determinación gravitacional de la humedad del suelo. Por otro lado, normalmente no se obtuvo una correlación ajustada con el método gravitacional, que es el procedimiento de referencia. En consecuencia, la información entregada por el equipo Diviner 2000, se utilizó de manera referencial.

Cabe señalar, que la calibración del equipo de acuerdo a las instrucciones entregadas por la empresa fabricante, normalmente no se ajustaba a la realidad. Este mismo problema lo tuvo otro equipo de investigación perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Quilamapu, lo que llegaron a resultados muy similares a los nuestros.

Extractores de solución de suelo

Los primeros resultados con estas cápsulas arrojaron valores que no correspondían a la realidad, dentro de estos resultados se encontraron valores de pH excesivamente altos, concentración de cationes (Ca, Mg, K) también muy altas al igual que la conductividad eléctrica. En ensayos de laboratorio se constató que la cerámica que contienen los extractores contaminaba fuertemente la solución recogida, principalmente de K y Ca y, por otro lado, adsorbía fuertemente el P. Este inconveniente no estaba especificado en ningún catálogo de los fabricantes y menos de las empresas comercializadoras.

Este problema se solucionó parcialmente mediante un lavado de las cápsulas con ácido nítrico 0.1 N por unas 12 horas. Esto redujo la contaminación por Na, Ca y K y disminuyó la adsorción de P. Por otro lado, aumentó la permeabilidad de la cerámica. Una vez retiradas las sondas de la solución ácida, se deben dejar en agua destilada realizándole vacío en varias oportunidades hasta que la conductividad eléctrica de la solución extraída indique que ya no se liberan sales (cationes). Todo este procedimiento de poner a punto las sondas de succión implicó un tiempo y costo analítico importante.

4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

4.1 ACTIVIDADES Y TAREAS EJECUTADAS

| ACTIVIDADES REALES EJECUTADAS | | | | |
|-------------------------------|--------------|--|--------------|---------------|
| AÑO | | | | |
| Objetivo Especif. N° | Actividad N° | Descripción | Fecha Inicio | Fecha Término |
| 1 | 1.1 | Selección del sitio experimental | Noviembre | Noviembre |
| | 1.2 | Caracterización física y química del suelo | Noviembre | Noviembre |
| | 1.3 | Determinación de calidad de agua de riego | Noviembre | Noviembre |
| | 1.4 | Instalación de estación meteorológica | Diciembre | Diciembre |
| | 1.5 | Diseño y construcción de sistema de riego e inyección de fertilizantes | Diciembre | Diciembre |
| 2 | 2.1 | Selección del sitio experimental | Noviembre | Noviembre |
| | 2.2 | Caracterización física y química del suelo | Noviembre | Noviembre |
| | 2.3 | Determinación de calidad de agua de riego | Noviembre | Noviembre |
| | 2.4 | Diseño experimental | Noviembre | Noviembre |
| 5 | 5.1 | Diseño y toma de encuesta | Noviembre | Noviembre |
| | 5.2 | Desarrollo de inventario asociado a la fertirrigación. | Noviembre | Noviembre |
| | 5.3 | Seguimiento Costos directos de cada ensayo | Noviembre | Diciembre |
| | 5.4 | Seguimiento Costos Indirectos de cada ensayo | Noviembre | Diciembre |
| | 5.6 | Evaluación de rendimientos en arándanos | Diciembre | Diciembre |

| ACTIVIDADES REALES EJECUTADAS | | | | |
|-------------------------------|--------------|--|--------------|---------------|
| AÑO | | | | |
| Objetivo especific. N° | Actividad N° | Descripción | Fecha Inicio | Fecha Término |
| 1 | 1.2 | Caracterización química del suelo | Septiembre | Septiembre |
| | 1.3 | Determinación de calidad de agua de riego | Septiembre | Septiembre |
| | 1.4 | Instalación estación meteorológica | Enero | Febrero |
| | 1.5 | Diseño y construcción de sistema de riego e inyección de fertilizantes | Enero | Febrero |
| | 1.6 | Aplicación de tratamientos de fertirrigación | Enero | Diciembre |

| | | | | |
|---|------|--|------------|------------|
| | 1.7 | Análisis foliar | Enero | Marzo |
| | 1.8 | Medición de rendimiento total y sus componentes | Abril | Diciembre |
| | 1.9 | Medición de índices de calidad de fruta | Abril | Diciembre |
| 2 | 2.2 | Caracterización química del suelo | Septiembre | Septiembre |
| | 2.3 | Determinación de calidad de agua de riego | Septiembre | Septiembre |
| | 2.5 | Muestreo periódico destructivo de hoja, tallo y fruto en viñas, arándanos y manzanos | Octubre | Diciembre |
| 3 | 3.1 | Instalación de extractores de solución en las tres especies frutales | Marzo | Abril |
| | 3.2 | Muestreo de solución de suelo | Marzo | Diciembre |
| | 3.3 | Análisis químico de solución de suelo | Marzo | Diciembre |
| | 3.4 | Medición de raíces en rizotron | Noviembre | Diciembre |
| 5 | 5.3 | Seguimiento Costos directos de cada ensayo | Enero | Diciembre |
| | 5.4 | Seguimiento Costos Indirectos de cada ensayo. | Enero | Diciembre |
| | 5.5 | Evaluación de rendimientos en viñas | Mayo | Junio |
| | 5.6 | Evaluación de rendimientos en arándanos | Enero | Diciembre |
| | 5.7 | Evaluación de rendimientos en manzanos | Abril | Mayo |
| | 5.8 | Determinación de los costos unitarios de producción en viñas | Mayo | Junio |
| | 5.9 | Determinación de los costos unitarios de producción en arándanos | Mayo | Junio |
| | 5.10 | Determinación de los costos unitarios de producción en manzanos | Mayo | Junio |
| | 5.11 | Determinación de los ingresos de la producción en viñas | Mayo | Mayo |
| | 5.12 | Determinación de los ingresos de la producción en arándanos | Abril | Abril |
| | 5.13 | Determinación de los ingresos de la producción en manzanos | Junio | Junio |
| | 5.14 | Determinación de margen bruto de la producción en viñas | Septiembre | Septiembre |
| | 5.15 | Determinación de margen bruto de la producción en arándanos | Septiembre | Septiembre |
| | 5.16 | Determinación de margen bruto de la producción en manzanos | Septiembre | Septiembre |
| 6 | 6.1 | Días de campo: gira a ensayos | Octubre | Noviembre |
| | 6.2 | Seminario | | |
| | 6.3 | Elaboración y distribución de manual y software de fertirrigación. | Marzo | Junio |

| ACTIVIDADES REALES EJECUTADAS | | | | |
|-------------------------------|--------------|---|--------------|---------------|
| AÑO | | | | |
| Objetivo Especif. N° | Actividad N° | Descripción | Fecha Inicio | Fecha Término |
| 1 | 1.2 | Caracterización química del suelo | Septiembre | Septiembre |
| | 1.3 | Determinación de calidad de agua de riego | Septiembre | Septiembre |
| | 1.6 | Aplicación de tratamientos de fertirrigación | Enero | Diciembre |
| | 1.7 | Análisis foliar | Enero | Diciembre |
| | 1.8 | Medición de rendimiento total y sus componentes | Enero | Diciembre |
| | 1.9 | Medición de índices de calidad de fruta | Enero | Diciembre |
| 2 | 2.5 | Muestreo periódico destructivo de hoja, tallo y fruto en viñas, arándanos y manzanos. | Enero | Marzo |
| | 2.7 | Análisis de macro y micronutrientes y determinación de materia seca | Junio | Agosto |
| 3 | 3.2 | Muestreo de solución de suelo | Enero | Diciembre |
| | 3.3 | Análisis químico de solución de suelo | Enero | Diciembre |
| | 3.4 | Medición de raíces en rizotron | Enero | Diciembre |
| 4 | 4.1 | Montaje del sistema de temperatura controlada | Junio | Junio |
| | 4.2 | Pruebas de solubilidad y mezclas de fertilizantes | Junio | Julio |
| 5 | 5.3 | Seguimiento Costos directos de cada ensayo | Enero | Diciembre |
| | 5.4 | Seguimiento Costos Indirectos de cada ensayo. | Enero | Diciembre |
| | 5.5 | Evaluación de rendimientos en viñas | Mayo | Junio |
| | 5.6 | Evaluación de rendimientos en arándanos | Enero | Febrero |
| | 5.7 | Evaluación de rendimientos en manzanos | Abril | Mayo |
| | 5.8 | Determinación de los costos unitarios de producción en viñas | Mayo | Junio |
| | 5.9 | Determinación de los costos unitarios de producción en arándanos | Mayo | Junio |
| | 5.10 | Determinación de los costos unitarios de producción en manzanos | Mayo | Junio |
| | 5.11 | Determinación de los ingresos de la producción en viñas | Mayo | Mayo |
| | 5.12 | Determinación de los ingresos de la producción en arándanos | Abril | Abril |
| | 5.13 | Determinación de los ingresos de la producción en manzanos | Junio | Junio |
| | 5.14 | Determinación de margen bruto de la producción en viñas | Septiembre | Septiembre |
| | 5.15 | Determinación de margen bruto de la | Septiembre | Septiembre |

| | | | | |
|---|------|--|------------|------------|
| | | producción en arándanos | | |
| | 5.16 | Determinación de margen bruto de la producción en manzanos | Septiembre | Septiembre |
| 6 | 6.1 | Días de campo: gira a ensayos | Noviembre | Noviembre |
| | 6.2 | Seminario | Noviembre | Noviembre |

ACTIVIDADES REALES EJECUTADAS

AÑO

| Objetivo Especif. N° | Actividad N° | Descripción | Fecha Inicio | Fecha Término |
|----------------------|--------------|--|--------------|---------------|
| 1 | 1.6 | Aplicación de tratamientos de fertirrigación | Enero | Abril |
| | 1.7 | Análisis foliar | Enero | Abril |
| | 1.8 | Medición de rendimiento total y sus componentes | Enero | Abril |
| | 1.9 | Medición de índices de calidad de fruta | Enero | Julio |
| 3 | 3.2 | Muestreo de solución de suelo | Enero | Abril |
| | 3.3 | Análisis químico de solución de suelo | Enero | Mayo |
| | 3.4 | Medición de raíces en rizotron | Enero | Abril |
| 5 | 5.3 | Seguimiento Costos directos de cada ensayo | Enero | Abril |
| | 5.4 | Seguimiento Costos Indirectos de cada ensayo. | Enero | Abril |
| | 5.5 | Evaluación de rendimientos en viñas | Abril | Mayo |
| | 5.6 | Evaluación de rendimientos en arándanos | Enero | Enero |
| | 5.7 | Evaluación de rendimientos en manzanos | Marzo | Abril |
| | 5.8 | Determinación de los costos unitarios de producción en viñas | Mayo | Junio |
| | 5.9 | Determinación de los costos unitarios de producción en arándanos | Enero | Enero |
| | 5.10 | Determinación de los costos unitarios de producción en manzanos | Marzo | Abril |
| | 5.11 | Determinación de los ingresos de la producción en viñas | Mayo | Junio |
| | 5.12 | Determinación de los ingresos de la producción en arándanos | Mayo | Junio |
| | 5.13 | Determinación de los ingresos de la producción en manzanos | Mayo | Junio |
| | 5.14 | Determinación de margen bruto de la producción en viñas | Mayo | Junio |
| | 5.15 | Determinación de margen bruto de la producción en arándanos | Mayo | Junio |

| | | | | |
|---|------|--|-------|-------|
| | 5.16 | Determinación de margen bruto de la producción en manzanos | Mayo | Junio |
| 6 | 6.1 | Días de campo: gira a ensayos | Enero | Enero |

4.2. COMPARACION ACTIVIDADES PROGRAMADAS Y EJECUTADAS

En general las actividades realizadas se ajustaron a las programadas. Sin embargo, en algunas oportunidades se produjeron cambios en la fecha de inicio y término, producto de situaciones imprevistas fuera del alcance de los ejecutores. Ejemplos de este tipo son la disponibilidad de agua en los canales de regadío con flujo no permanente, construcción de sistemas de riego o atraso en importación de equipos. Situaciones que no afectaron en gran medida a los objetivos centrales de la investigación.

Por otro lado, algunas actividades fueron adelantadas, como es la elaboración del software de fertirriego OPTIFER®, el cual estuvo disponible en las actividades de difusión realizada en el marco general del proyecto.

Como aportes externos al proyecto se contó con cooperación de la Agencia Internacional de Energía Atómica (CHI-5-021). En el marco de este contrato se recibieron dos bombas inyectoras automáticas con control de pH y conductividad eléctrica, por un valor total de \$6.600.000.-, que fueron instaladas en la unidad demostrativa de Miraflores, además de agitadores, pH metro y medidor de CE. También, mediante este mismo contrato recibió fertilizante marcado con ^{15}N que fue empleado en el ensayo de arándano. Los análisis respectivos de exceso atómico de ^{15}N fueron realizados en el Laboratorio de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

Como actividad adicional también se puede señalar la construcción de rizotrones en los sitios de Chillan y Pencahue con el objetivo de registrar actividad radicular de las plantas, estos dispositivos habilitaron en la segunda temporada de mediciones.

5. RESULTADOS DEL PROYECTO

5.1 VID

El sitio estaba ubicado en fundo Lourdes perteneciente a la viña Concha y Toro, comuna de Penco, VII región (35°26'2" latitud sur y 71°48'6' longitud oeste).

El suelo corresponde a una variación de la serie Penco (Vertic Palexeralfs), de origen coluvial, moderadamente profundo a profundo, con pendientes de 2 a 10%, de texturas franco en superficie y franco arenosa en profundidad (U.S.D.A.) cuadro 1. El clima es xérico, con una precipitación media anual de 605 mm. La temperatura media anual es de 15.8 °C con una media máxima de 23.9 °C y media mínima de 4.5 °C. La humedad relativa media anual es de 50 % con una media máxima de 71.6 % y una media mínima de 28 %.

Cuadro 1. Resultado de análisis físico de suelos a tres profundidades.

| Determinación (U.S.D.A.) | Profundidad | | |
|---------------------------|-------------|----------|---------|
| | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60cm |
| Arena (%) | 43.8 | 60.8 | 62.0 |
| Limo (%) | 41.7 | 30.7 | 30.7 |
| Arcilla (%) | 14.5 | 8.5 | 7.3 |
| Da (g cm^{-3}) | 1.49 | 1.45 | 1.46 |
| 1/3 atm (%bps) | 15.4 | 15.2 | 14.6 |
| 15 atm (% bps) | 7.6 | 8.1 | 8.4 |
| Hum. aprov. (%bps) | 7.8 | 7.1 | 6.2 |
| Porosidad total (%) | 43 | 45 | 45 |

Características viñedo y análisis Químico de Suelos

El estudio se realizó en un viñedo c.v. "Carmenère" de 6 años de edad plantado en un marco de 3 m entre hileras y 1 m sobre la hilera. El sistema de conducción de la planta consistió en cargador y reemplazo, donde se dejaban 2 a 3 cargadores o sarmientos de acuerdo al vigor de cada planta. Previo al establecimiento del experimento se tomaron muestras de suelo en las estratas 0 a 20 cm y 20 a 40 cm de profundidad para efectuar los análisis químicos, cuyos resultados se presentan en el cuadro 2. También se realizó una caracterización nutricional de la planta previo a la aplicación de la fertilización cuadro 3.

El análisis químico del agua de riego para la temporada de crecimiento presentó un pH 5,81, CE 0.16 dS m^{-1} ; el contenido de Ca, Mg, Na, K fue de 7.35, 4.14, 9.86 y 1.8 mg L^{-1} , respectivamente.

Cuadro 2. Características químicas del suelo previo al establecimiento del ensayo.

| Determinación | Profundidad (cm) | |
|--|------------------|-------|
| | 0-20 | 20-40 |
| pH (agua 1:2.5) | 5.94 | 6.03 |
| M.O. (%) | 1.82 | 1.97 |
| N disponible (mg kg^{-1}) | 37 | 5 |
| P Olsen (mg kg^{-1}) | 31 | 16 |
| K int. (mg kg^{-1}) | 133 | 118 |
| Ca int. ($\text{cmol}_{(+)}$ kg^{-1}) | 4.75 | 4.5 |
| Mg int. ($\text{cmol}_{(+)}$ kg^{-1}) | 0.86 | 1.35 |
| Na int ($\text{cmol}_{(+)}$ kg^{-1}) | 0.09 | 0.04 |
| Suma de Bases ($\text{cmol}_{(+)}$ kg^{-1}) | 6.04 | 6.19 |
| S-SO ₄ (mg kg^{-1}) | 5 | 6 |
| Fe (mg kg^{-1}) | 8 | 9 |
| Mn (mg kg^{-1}) | 5 | 6 |
| Zn (mg kg^{-1}) | 3.5 | 3.0 |
| Cu (mg kg^{-1}) | 1.6 | 1.3 |
| B (mg kg^{-1}) | 0.6 | 0.8 |

Cuadro 3. Caracterización nutricional de la planta de vid antes de la aplicación de fertilizantes.

| Elemento | Contenido |
|---|-----------|
| N-NO ₃ (mg kg^{-1}) | 508 |
| P (%) | 0.29 |
| K (%) | 2.37 |
| Ca (%) | 1.26 |
| Mg (%) | 0.35 |
| S (%) | 0.42 |
| Fe (mg kg^{-1}) | 22 |
| Mn (mg kg^{-1}) | 83 |
| Zn (mg kg^{-1}) | 89 |
| Cu (mg kg^{-1}) | 10 |
| B (mg kg^{-1}) | 25 |

Tratamientos y Diseño Experimental

El sitio experimental constaba de 3 bloques de 180 plantas para cada tratamiento, cada uno de 3 hileras, en ellos se seleccionaron 15 plantas de la hilera central y se identificaron para el posterior monitoreo.

En el cuadro 4 se presentan los estados fenológicos de la planta, la época de fertilización en cada temporada se efectuó entre noviembre y mayo.

Cuadro 4 Estados fenológicos en vid c.v Carmenére.

| ETAPA | MES | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J | |
| Brot.-Flor. | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| Flor-Pinta | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| Pinta-Mad. | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Postcosecha | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| Fertilización | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

Se establecieron cuatro tratamientos de fertilización: I: Fertirriego Permanente con el agua de riego; II: Fertirriego Parcializado (cada 15 días); III: Convencional (Aplicación al suelo) y IV: Testigo sin fertilización. Las cantidades totales de nutrientes fueron similares para todos los tratamientos y se presentan el cuadro 5.

Cuadro 5. Fertilización que recibida por plantas de vid durante las temporadas de crecimiento (kg/ha).

| Fase desarrollo | N | | | P ₂ O ₅ | | | K ₂ O | | | S | | | CaO | | |
|-----------------|-----------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | Temporada | | | Temporada | | | Temporada | | | Temporada | | | Temporada | | |
| | 00-01 | 01-02 | 02-03 | 00-01 | 01-02 | 02-03 | 00-01 | 01-02 | 02-03 | 00-01 | 01-02 | 02-03 | 00-01 | 01-02 | 02-03 |
| Crecimiento | 30 | 25.8 | 20 | 40 | 15.9 | 6.6 | 16.7 | 16.8 | 10.5 | 6.7 | 6 | 10.5 | 12.7 | 8.7 | 12 |
| Pinta-Cosecha | 30 | - | - | 40 | 8.5 | 3.4 | 16.7 | 20.8 | 12.0 | 6.7 | 7.5 | 12.9 | 12.7 | - | - |
| Postcosecha | 30 | 36.2 | 30 | 40 | 11.5 | 5.0 | 16.7 | 10 | 7.5 | 6.7 | 3.6 | 6.6 | 12.7 | 6.1 | 8.0 |
| Total kg/ha | 90 | 62 | 50 | 120 | 35.6 | 15 | 50.1 | 47.6 | 30 | 20.1 | 17.1 | 30 | 38.1 | 14.8 | 20 |

Fertirriego.

Los riegos se efectuaron a través de un sistema de goteo con un emisor por planta de 3.8 lt/h. Con una estación meteorológica automática modelo Groweather marca Davis, instalada en el lugar del ensayo se programaron los tiempos de riego diario durante la temporada. Esta programación se ajustó en terreno con mediciones de humedad del perfil del suelo en diferentes puntos del terreno mediante tubos de acceso y utilizando una sonda DIVINER (FDR).

La solución madre se almacena en dos estanques de 500 l cada uno y se inyectó a través de una bomba centrífuga de 1.5 HP a una tasa de 90 lt/h.

Actividad radicular

Se construyeron dos cámaras de observación de 1 x 1 x 1.5 a un costado de una planta del tratamiento permanente y testigo. En la cara paralela a la planta se ubicó un vidrio transparente que estaba cuadrículado a 2.5 x 2.5 cm. Este vidrio se cubrió permanentemente con un paño negro y el acceso a la cámara con una puerta de madera. La actividad radicular se estimó mediante el conteo total de intersecciones entre las raicillas nuevas y las líneas verticales y horizontales del vidrio cuadrículado.

Evaluaciones

Se realizaron muestreos periódicos durante la temporada de los siguientes parámetros:

Análisis Foliar: Se efectuaron una serie de muestreos foliares durante las temporadas con el objetivo de monitorear el estado nutricional de las plantas y ajustarlo a las condiciones deseadas. Se realizaron determinaciones analíticas de acuerdo a la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA, 1998). Para el análisis químico de los tejidos vegetales se empleó la técnica de digestión vía húmeda. El nitrógeno fue determinado por el método microkjeldahl, el fósforo y boro por el método de colorimetría, el potasio por espectrofotometría de emisión, el calcio y microelementos por espectrofotometría de absorción atómica.

Cosecha: Finalizada la temporada se evaluó el rendimiento del ensayo, efectuando la cosecha de todas las plantas marcadas.

Clorofila: La clorofila fue medida en terreno con un equipo Minolta SPAD 502. En hojas completamente desarrolladas y ubicadas en la parte media de la planta. Se efectuaron 50 mediciones por bloque en cada fecha de medición, esto se repitió para las dos temporadas.

Diámetro y Perímetro de Tronco: En un punto a 30 cm desde el cuello de la planta se midió diámetro de tronco con un pie de metro y el perímetro se midió envolviendo este punto con un alambre de cobre y midiendo luego la longitud de este con una huincha. Con estos datos se determinó área de tronco y su incremento en la temporada

Peso de poda: El la época invernal se procedió a pesar un sector determinado de cada hilera del material de poda de cada tratamiento,

Vinificación: en la segunda temporada se procedió a vendimiar la fruta en una prensa neumática y microvinificar en bidones de 25 l. Se evaluó densidad, grado alcohólico, °Brix, pH y acidez. Finalmente la producción de la última vinificación se sometió a una degustación.

Análisis y discusión de resultados

El efecto de los tratamientos en el rendimiento de la vid se evidenció en la tercera temporada de crecimiento figura 1. La aplicación de fertilizantes provocó una respuesta en el aumento de rendimiento comparado con el testigo sin fertilización. Por otro lado la aplicación de fertilizantes en forma permanente en el agua de riego significó un aumento de rendimiento de 5%, 7% y 25% por sobre los tratamientos periódico, tradicional y testigo respectivamente. Creemos que en las temporadas futuras esta diferencia se hará mas acentuada ya que el efecto acumulado de varios periodos de aplicaciones dará como resultado una planta mejor nutrida y mejor nivel de reservas.

Esta respuesta a la fertilización también se observa en la figura 2, en ella se graficaron todos los datos de clorofila durante las tres temporadas de crecimiento de la vid. Se registro

una evolución de la clorofila dentro de la temporada llegando a un máximo en los meses de enero y febrero de 35 unidades Spad, coincidiendo con la etapa de desarrollo de envero o pinta. Como se observa en la figura valores inferiores a 35 Spad en esta etapa significan algún grado de deficiencia de nutrientes.

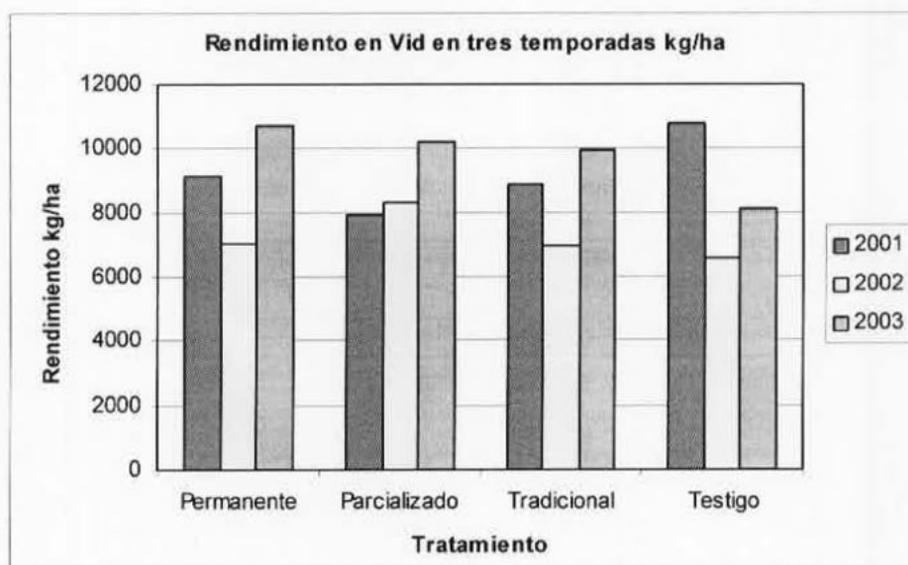


Figura 1. Rendimiento en Vid para tres temporadas de crecimiento.

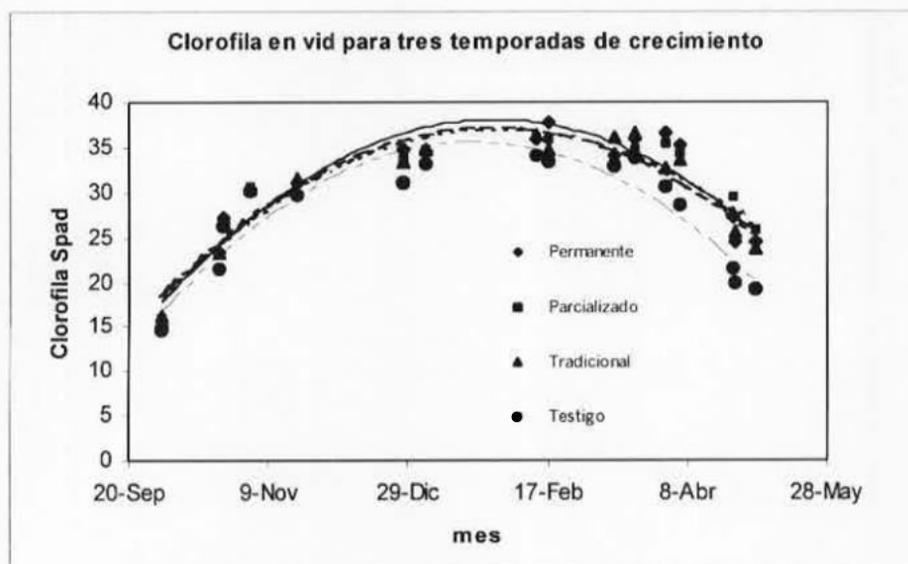


Figura 2. Clorofila en vid para tres temporadas de crecimiento.

En cuanto a parámetros de crecimiento de las plantas se observó una respuesta a los tratamientos en el incremento del área de tronco (figura 3). El efecto fue acumulativo y recién se evidenció en la tercera temporada. Fue mayor el incremento del área para el tratamiento permanente en 4, 10 y 20% por sobre los tratamientos periódico, tradicional y

testigo, respectivamente. Sin embargo, la sola aplicación de fertilizantes provoca una respuesta de crecimiento comparado con el testigo sin fertilización.

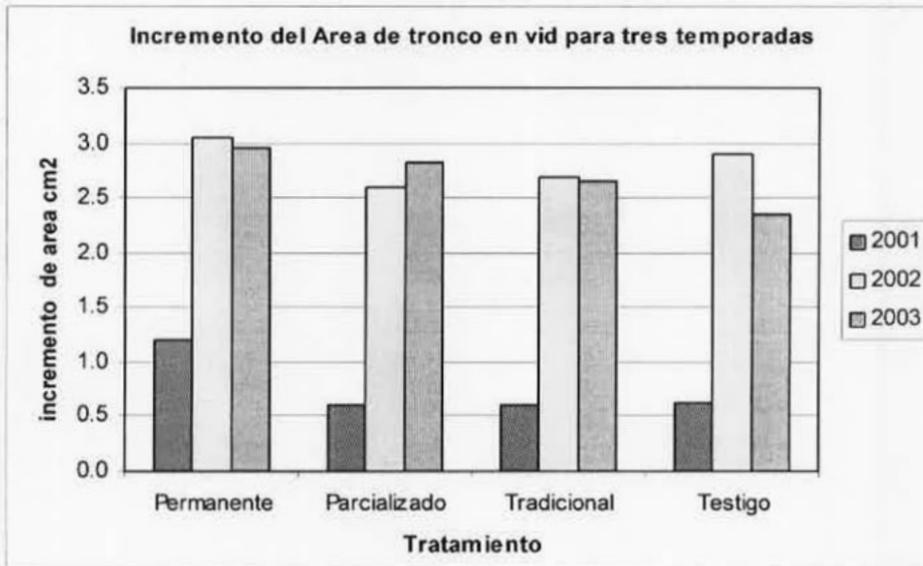


Figura 3. Incremento del área de tronco en vid para tres temporadas de crecimiento.

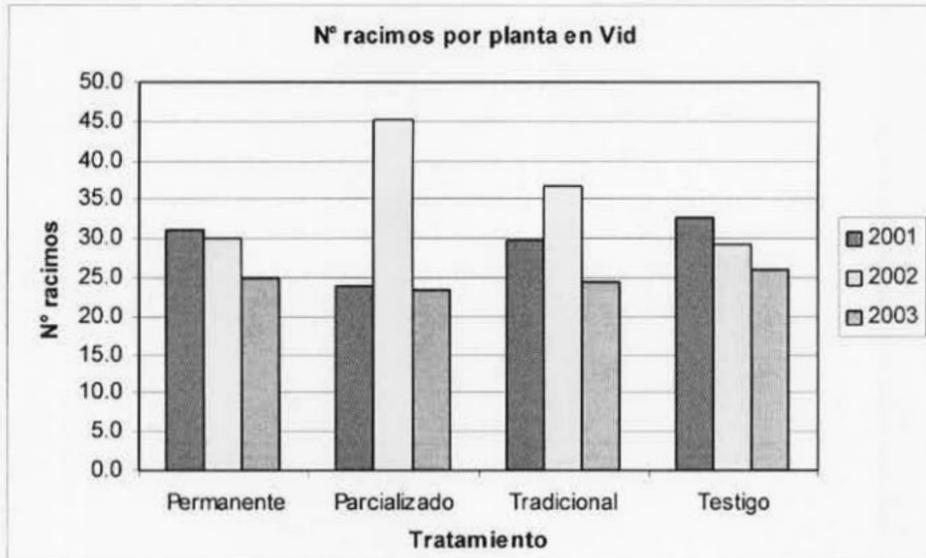


Figura 4. Nº de racimos en plantas de Vid para tres temporadas de crecimiento.

La fructificación medida a través del conteo de racimos por planta no presenta el mismo comportamiento que los parámetros de crecimiento y no es tan clara la respuesta a los tratamientos (figura 4). Esto debido a que influyen otros factores en la fructificación que son la radiación solar, temperatura, estado hídrico y el manejo del follaje de la planta durante la temporada anterior.

El peso de poda se ve influenciado en la tercera temporada de crecimiento (figura 5), como sucedió con los otros parámetros, el tratamiento con fertirriego permanente presenta mayor cantidad de material de poda y en general los tratamientos con fertilización fueron superiores al testigo. La mayor cantidad de material de poda evidentemente se provoca por la condición de una planta mejor nutrida y que se traduce en mayor crecimiento de nuevas estructuras durante la temporada de crecimiento.

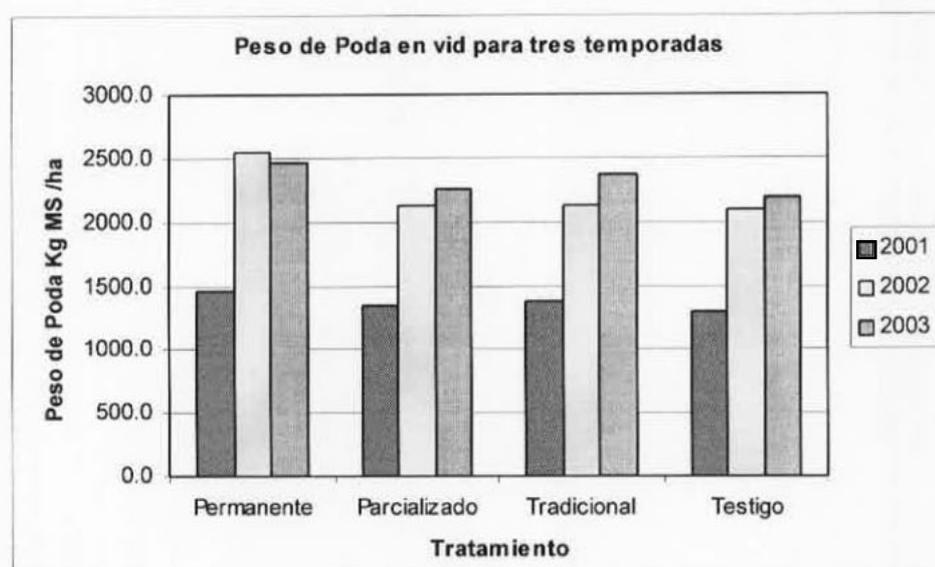


Figura 5. Peso de poda para tres temporadas de crecimiento en vid.

Cuadro 6. Características químicas del mosto antes y después de la fermentación.

| Tratamiento | °Brix ini. | ° Alcohol | pH inicio | pH fin | Densidad inicio | Densidad final | Intensidad Color | Matiz |
|--------------|------------|-----------|-----------|-------------------|-----------------|----------------|------------------|-------|
| Permanente | 22.13c | 12.8c | 3.43b | 3.91 ^b | 1094d | 995a | 14.43bc | 0.66a |
| Parcializado | 22.93b | 12.9c | 3.50b | 3.86b | 1098c | 995a | 16.17ab | 0.63a |
| Tradicional | 23.53a | 13.4b | 3.70a | 3.99 ^a | 1101b | 995a | 13.77c | 0.66a |
| Testigo | 24.03a | 14.0a | 3.57ab | 3.91 ^b | 1103a | 994b | 16.39a | 0.62a |

La microvinificación se realizó a la cosecha de la temporada 2003 producto de que el año anterior se produjo un fuerte ataque de botritis, en el cuadro 6 se puede observar que en los parámetros °Brix y grado de alcohol al final de la fermentación se encontraron diferencias significativas. Esto producto de la fertilización aplicada que se tradujo en plantas más vigorosas y de mayor crecimiento vegetativo, en general esta condición provoca que el vino obtenido sea de menor calidad. Sin embargo, creemos que el paso siguiente en la investigación, después de haber obtenido mayor rendimiento, es manejar de la calidad en función de manejo de la canopia con poda en verde y del estado hídrico de la planta, mediante un manejo restrictivo de la humedad del suelo.

La actividad radicular registrada en el rizotróon para las dos temporadas se presenta en la figura 6, en ella se observan 2 etapas de máxima actividad, en el mes de noviembre y febrero, coincidiendo estas con los estados fenológicos de floración y pinta, respectivamente. Este comportamiento fue similar tanto para las plantas bajo fertirrigación como para las plantas sin fertilizante (Permanente (I) y Testigo (IV)). Ibacache y Lobato (1995), en plantas de uva de mesa registraron un aumento de la actividad radicular en las etapas de floración y pinta aunque en meses diferentes por ser otra zona de producción. Por otro lado Freeman y Smart (1976), en la variedad Shiraz sugieren que los “peak” de actividad radicular ocurren cuando el crecimiento de los brotes ha cesado (floración) y después que la fruta ha sido cosechada.

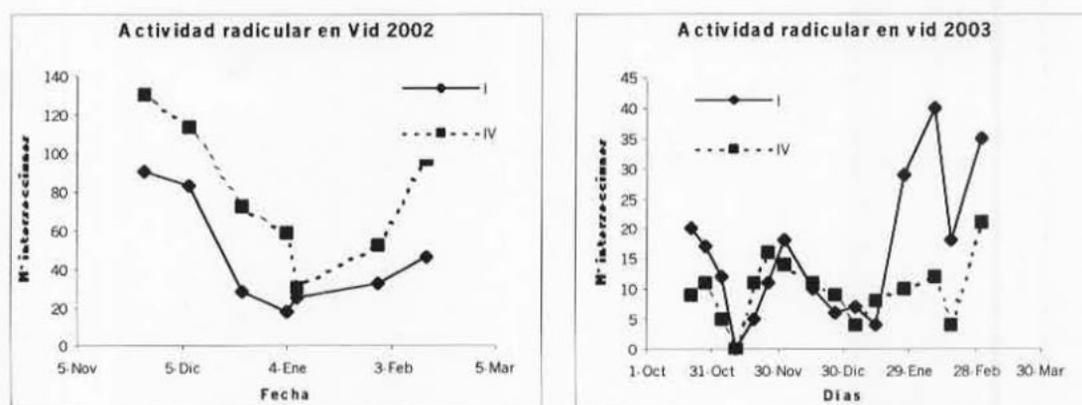


Figura 6. Actividad radicular en rizotróon para los tratamientos Parcializado (I) y testigo (IV) en vid para dos temporadas de crecimiento.

5.2. MANZANOS LINARES

El estudio se realizó en el fundo San Agustín, perteneciente a la empresa Unifrutti, ubicado en la comuna de Yerbos Buenas, provincia de Linares, VII región. (35° 41' 33.1" S y 71°31' 06.5" W). El ensayo se estableció en un huerto comercial de manzanos (*Malus x domestica* Borkh) cv. Royal Gala, plantados en el año 2000, marco de plantación 4 m entre hilera y 1.5 m sobre la hilera, inyectados sobre un patrón M-26. La superficie total del ensayo fue de 20 há las que fueron regadas a través de riego por goteo de doble línea de laterales por hilera, con goteros espaciados a 0.8 m y con un caudal nominal de 4 lt h⁻¹.

Los tratamientos que se aplicaron en la unidad experimental fueron:

- Tratamiento I: Fertirrigación permanente.
- Tratamiento II: Fertirrigación parcializada (cada 20 días).
- Tratamiento III: Fertilización tradicional al suelo.
- Tratamiento IV: Testigo (sin fertilización).

Cada tratamiento contó con nueve repeticiones y el diseño estadístico correspondió a un modelo completamente al azar.

Los tratamientos de fertirriego comenzaron a aplicarse en enero de 2001, de acuerdo a lo indicado en los cuadros 7, 8, y 9.

Parámetros climáticos. Esta información fue registrada a través de una estación meteorológica automática marca Davis instalada en el sitio del ensayo. A través de ella se determinaron las necesidades de riego según la evapotranspiración potencial.

Parámetros hídricos del suelo. Se controló contenido de humedad del suelo mediante un equipo FDR modelo Diviner 2000 de Sentek., para lo cual se ubicaron tubos de acceso en diferentes puntos del ensayo y las mediciones se realizaron periódicamente en la temporada.

Parámetros de crecimiento. Para medir el efecto de los tratamientos en los parámetros de crecimiento de las plantas se midió el diámetro y perímetro de tronco a 5 cm de altura por sobre el injerto.

La clorofila fue medida en terreno con un equipo Minolta SPAD 502. Todas las determinaciones analíticas fueron realizadas de acuerdo a la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA, 1998). Para el análisis químico de planta, se empleó la técnica de digestión vía húmeda. El nitrógeno fue determinado por el método microkjeldahl, el fósforo y boro por el método de colorimetría y el potasio por espectrofotometría de emisión y el calcio y microelementos por espectrofotometría de absorción atómica.

Parámetros de producción y calidad. Se midió peso total de frutos y peso de frutos por planta, presión de pulpa, sólidos solubles totales e índice de yodo, todos medidos en la cosecha.

La formulación de las dosis de fertilización se hizo basándose en la información disponible de análisis químico y físico de suelos, cuadro 10 y 11, del agua de riego cuadro 12 y análisis foliar, cuadro 13.

La preparación de las soluciones madre se efectuó en dos estanques de 1000 lt y se aplicaron a una tasa de 15 lt min⁻¹ mediante una bomba inyectora de pistón marca Multifertic con control de pH y conductividad eléctrica.

Cuadro 7: Programa de fertirrigación aplicado a manzanos cv. Royal Gala durante la etapa de crecimiento (2001).

| PRODUCTO | TOTAL | NUTRIENTES (Kgha ⁻¹) | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|----|-----|-------|
| | (Kgha ⁻¹) | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | MgO | OTROS |
| UREA(46-0-0) | 120 | 55 | | | | | |
| CALMAG(13-0-0-17-6,5) | 210 | 27 | | | | 14 | 36 Ca |
| FMA (12-61-0) | 195 | 23 | 119 | | | | |
| SULFATO DE K (0-0-50-18) | 210 | | | 105 | 38 | | |
| SULFATO DE Zn (25) | 4.5 | | | | | | 1 |
| BORAX 10 | 6 | | | | | | 0.6 |
| | TOTAL | 106 | 119 | 105 | 38 | 14 | Micro |

Cuadro 8: Cantidades de fertilizante aplicadas en manzanos cv. Royal Gala. Temporada 2001-2002.

| PRODUCTO | TOTAL | NUTRIENTES (Kgha ⁻¹) | | | | | |
|---------------|--------------------|----------------------------------|------|-----|------|-----|---------|
| | Kgha ⁻¹ | N | P2O5 | K2O | S | MgO | OTROS |
| UREA | 29.2 | 13.4 | | | | | |
| NITRATO DE Ca | 128.3 | 19.3 | | | | | 20.5 Ca |
| NITRATO DE K | 108.7 | 14.7 | | 50 | | | |
| AC. FOSFÓRICO | 117.7 | | 73 | | | | |
| SULFATO DE Mg | 150 | | | | 19.5 | 24 | |
| | TOTAL | 47.4 | 73 | 50 | 19.5 | 24 | 20.5 |

Cuadro 9: Cantidades de fertilizante aplicadas en manzanos cv. Royal Gala. Temporada 2002-2003.

| PRODUCTO | TOTAL | NUTRIENTES (Kgha ⁻¹) | | | | | |
|---------------|---------------------|----------------------------------|------|-----|-----|-----|--------|
| | Kg ha ⁻¹ | N | P2O5 | K2O | S | MgO | Otros |
| UREA | 79.3 | 36.5 | | | | | |
| NITRATO DE Ca | 94.3 | 14.6 | | | | | 24.5Ca |
| NITRATO DE K | 65.2 | 8.5 | | 30 | | | |
| AC. FOSFÓRICO | 40.4 | | 24.6 | | | | |
| SULFATO DE Mg | 62.5 | | | | 8.1 | 10 | |
| SULFATO DE Zn | 4.5 | | | | 1.1 | | |
| AC. BÓRICO | 4.0 | | | | | | 0.7 |
| | TOTAL | 59.6 | 24.6 | 30 | 9.2 | 10 | 25.2 |

Cuadro 10: Análisis químico inicial del suelo.

| Determinación | 0 a 30 cm | 30 a 60 cm |
|------------------------------------|-----------|------------|
| PH | 6.18 | 6.29 |
| Mat. Orgánica (%) | 4.9 | 4.7 |
| N disponible (mgkg ⁻¹) | 11.4 (*) | 2.4 (*) |
| P (mgkg ⁻¹) | 6.7 (*) | 4.6 (*) |
| K (mgkg ⁻¹) | 123 | 53 (*) |
| Ca (cmolkg ⁻¹) | 6.0 | 3.8 |
| Mg (cmolkg ⁻¹) | 1.31 | 0.89 |
| Na (cmolkg ⁻¹) | 0.4 | 0.4 |
| Suma bases (cmolkg ⁻¹) | 8.0 | 5.2 |
| Azufre (mgkg ⁻¹) | 29 | 42 |
| Fe (mgkg ⁻¹) | 56 | 30 |
| Mn (mgkg ⁻¹) | 4.0 | 4.0 |
| Zn (mgkg ⁻¹) | 0.6 | 0.2 (*) |
| Cu (mgkg ⁻¹) | 4.1 | 1.2 |
| B (mgkg ⁻¹) | 0.6 | 0.16 (*) |

(*) : Niveles deficitarios.

Cuadro 11: Análisis físico inicial del suelo.

| Determinación | 0 a 30 cm | 30 a 60 cm |
|---------------------------|-----------|------------|
| Arena (%) USDA | 61.7 | 71.1 |
| Limo (%) USDA | 27.5 | 18.9 |
| Arcilla (%) USDA | 10.8 | 10.0 |
| Da (g cm^{-3}) | 1.25 | 1.20 |
| 1/3 atm (%bps) | 42.8 | 31.3 |
| 15 atm (%bps) | 21.6 | 19.7 |
| Humedad aprov. (%bps) | 27.2 | 11.6 |
| Porosidad Total (%) | 53 | 55 |

Cuadro 12: Análisis del agua de riego del sitio del ensayo.

| Determinación | 2001 | 2002 |
|-------------------------------------|------|------|
| PH | 7.65 | 5.78 |
| N-NO ₃ mgL^{-1} | 0.5 | 1.8 |
| N-NH ₄ mgL^{-1} | 0.1 | 0.2 |
| P mgL^{-1} | 0.01 | 0 |
| K mgL^{-1} | 1.89 | 1.65 |
| Ca mgL^{-1} | 12.9 | 8.17 |
| Mg mgL^{-1} | 3.7 | 3.5 |
| Na mgL^{-1} | 10.6 | 8.0 |
| Cl mgL^{-1} | 5.0 | 14.9 |
| SO ₄ mgL^{-1} | 7.7 | 16.3 |
| Fe mgL^{-1} | 0.24 | 0 |
| Mn mgL^{-1} | 0.01 | 0.21 |
| Zn mgL^{-1} | 0.02 | 0.06 |
| Cu mgL^{-1} | 0.01 | 0.09 |
| B mgL^{-1} | 0.01 | 0.1 |
| C.E dSm^{-1} | --- | 0.2 |

Cuadro 13: Análisis foliar de manzanos previo al establecimiento de los tratamientos Promedio de 3 repeticiones.

| Elemento | Cantidad |
|----------|----------|
| N (%) | 2.28 |
| P (%) | 0.14 |
| K (%) | 1.35 |
| Ca (%) | 2.38 |
| Mg (%) | 0.15 |
| S (%) | 0.20 |
| Na (%) | 0.02 |
| Fe(ppm) | 265 |
| Mn(ppm) | 84.5 |
| Zn(ppm) | 13.5 |
| Cu(ppm) | 9.5 |
| B (ppm) | 29.4 |

Discusion y análisis resultados

En la figura 7 se presenta el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento. En esta información se consideró también la producción de la última cosecha, temporada 2004, la que esta fuera del periodo del proyecto. Se observó claramente que el rendimiento de los tratamientos con fertirriego fueron significativamente superiores a la fertilización tradicional, en promedio mas de 8500 kg de fruta. No se encontró diferencia significativa entre tratamiento con fertirriego permanente y parcializado.

Hay que destacar que el promedio de rendimiento obtenido para esta última temporada para los tratamientos con fertirriego fue de 24.4 ton kg/ha de fruta y que un huerto normal de esta edad produciría alrededor de 15 ton/ha.

En cuanto a la calidad de la fruta cosechada no se observaron diferencias entre los diferentes tratamientos aplicados en las temporadas anteriores (cuadro 14).

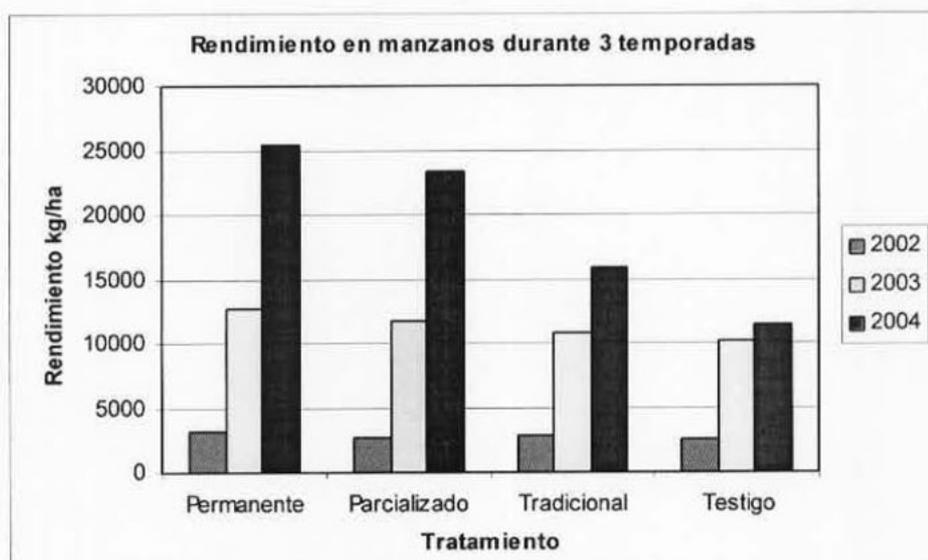


Figura 7. Influencia de tratamientos de fertirriego en el rendimiento de manzanos Royal Gala.

Cuadro 14. Indices de calidad de fruta en manzanos Royal Gala para dos temporadas de crecimiento.

| Parámetro de calidad | Fertirriego Permanente | | Fertirriego Parcializado | | Tradicional | | Testigo | |
|------------------------|------------------------|---------|--------------------------|---------|-------------|---------|---------|---------|
| | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 |
| Peso medio de fruto | 197.4a | 232.5a | 174.4 a | 225.0 a | 198 a | 228.5 a | 192.1 a | 213.1 a |
| Indice de yodo | 3.2a | 3.3a | 3.4 a | 3.2 a | 3.4 a | 2.75 a | 3.5 a | 2.5 a |
| Presión de Pulpa (lbs) | 22.3a | 19.34 a | 21.3 a | 20.41 a | 20.5 a | 21.85 a | 21.0 a | 20.41 a |
| Grado Brix | 13.4a | 12.64a | 13.6 a | 12.66 a | 12.93 a | 11.83 a | 13.1 a | 12.15 a |

El estado nutricional de las plantas medido como clorofila en las tres temporadas de aplicaciones de los tratamientos se presenta en la figura 8. Aunque no se encontró una diferencia muy clara entre tratamientos, el rango de valores esperados es diferente a la especie anteriormente mencionada y fue de entre 30.2 y 53.1 unidades Spad,. Los valores máximos también se encuentran en épocas diferentes puesto que las curvas siempre mostraron una tendencia a aumentar encontrándose los mayores valores en la etapa de madurez del fruto. De este modo el ciclo de mediciones se debe prolongar hasta caída de hojas para tener una caracterización mas detallada.

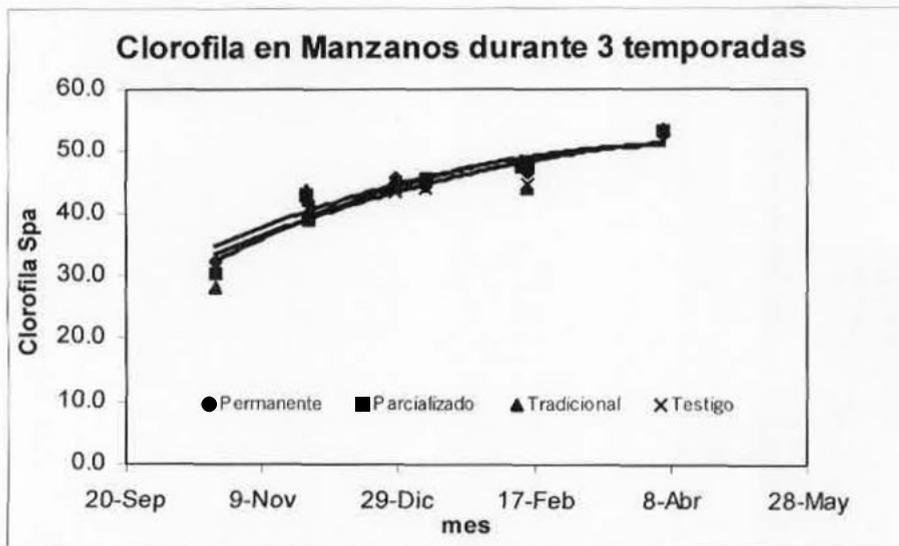


Figura 8. Clorofila en manzanos Royal Gala para tres temporadas de crecimiento.

El área de tronco presenta una diferencia significativa a favor de los tratamientos fertirrigación permanente, parcializado y tradicional con respecto al testigo (figura 9). Esta pequeña diferencia se expresó en la tercera temporada de aplicación de los tratamientos, creemos que en temporadas futuras esta diferencia será mas acentuada producto del efecto acumulativo de aplicación de fertilizantes, que se traduce en plantas con un mejor balance nutricional.

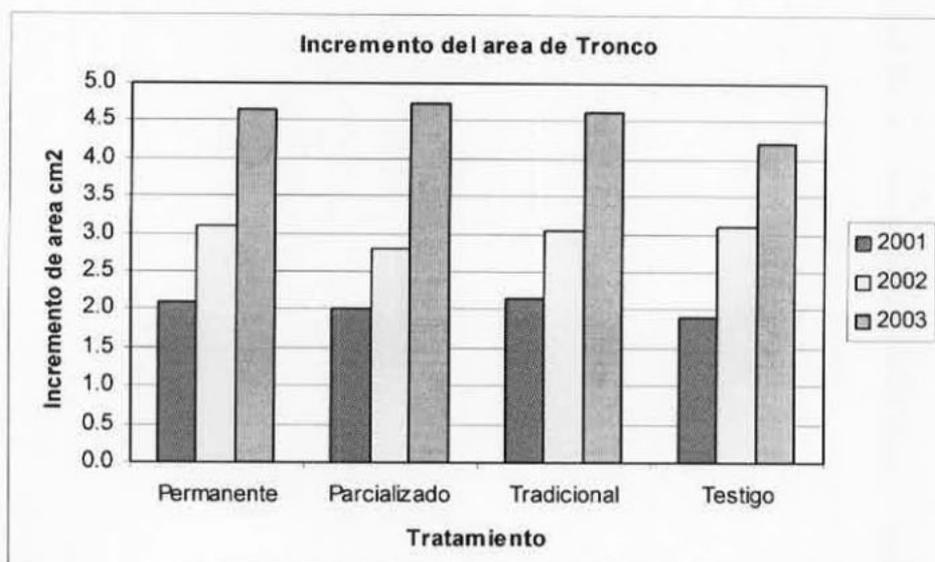


Figura 9. Incremento del área de tronco en manzanos Royal Gala para tres temporadas de crecimiento.

5.3. ARANDANOS CHILLAN

La investigación se realizó en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, en Chillán, Chile (latitud 36° 34', longitud 72° 06', altitud 144 m.s.n.m.), durante la temporada 2001-2002. El ensayo se estableció en septiembre de 2000 con arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivar Duke, en un suelo de la serie Arrayán (Typic Melanoxerands), de textura franco arcillosa con 41% arena, 30% limo y 29% arcilla. El marco de plantación fue de 1 metro sobre hilera y 3 metros entre hileras. El sistema de riego empleado fue riego por goteo con un emisor por planta y un caudal de 4 lt / hora.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. La unidad experimental la conformaron 10 plantas con 30 m² de superficie. Para medir la variación se utilizó el test de Duncan. Los tratamientos consistieron en distintas formas de aplicación de nitrógeno, más un testigo sin fertilización nitrogenada. Como fuente de nitrógeno se empleó sulfato de amonio marcado con un 5% de e.a. ¹⁵N. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

| TRATAMIENTO | DESCRIPCION |
|-------------|----------------------------|
| T1 | Fertirriego permanente |
| T2 | Fertirriego periódico |
| T3 | Fertilización convencional |
| T4 | Testigo sin nitrógeno |

La dosis de nitrógeno aplicada en los tratamientos 1, 2 y 3 fue 16,7 kg N ha⁻¹ (5 gr N por planta). La aplicación del fertilizante marcado se realizó manualmente en el tratamiento convencional y con una bomba inyectora en los tratamientos con fertirriego.

En el fertirriego permanente se aplicó el fertilizante marcado (sulfato de amonio con 5% e.a ^{15}N) en forma permanente, cada vez que se regaba, completando un total de 100 aplicaciones entre octubre y febrero. En el fertirriego periódico se aplicó el N con una frecuencia de 15 días, para lo cual se inyectaba una solución concentrada en el sistema de riego, completando un total de 10 aplicaciones entre octubre y febrero. En el tratamiento convencional se aplicó el fertilizante marcado en forma sólida sobre el área de influencia de los goteros, distribuido en tres parcialidades: dos antes de cosecha y una de post-cosecha. Como criterio de riego se utilizó la evaporación de bandeja, reponiendo aproximadamente el 75% del agua evaporada.

El análisis químico del suelo y el análisis de agua de riego, aparecen en los cuadros 15 y 16 respectivamente. Para determinar el tamaño del bulbo húmedo, se tomaron muestras de suelo cada 10 cm, en forma perpendicular a la línea de goteros hasta los 100 cm, en la zona de mayor concentración de raíces (0-30 cm de profundidad), con el fin de detectar la presencia de ^{15}N .

Cuadro 15. Análisis químico inicial del suelo.

| Determinación | 0 a 20 cm | 20 a 40 cm | 40 a 60 cm |
|----------------------|-----------|------------|------------|
| PH | 5.0 | 5.37 | 5.66 |
| Mat. Orgánica (%) | 6.7 | 5.3 | 4.1 |
| N disponible (mg/kg) | 7.6 | 3.3 | 2.8 |
| P (mg/kg) | 78 | 15 | 8 |
| K (mg/kg) | 445 | 341 | 255 |
| Ca (cmol/kg) | 14.6 | 11.3 | 8.5 |
| Mg (cmol/kg) | 0.89 | 1.5 | 1.2 |
| Na (cmol/kg) | 0.35 | 0.35 | 0.42 |
| Suma bases (cmol/kg) | 17.0 | 14.0 | 10.7 |
| Azufre (mg/kg) | 1300 | 1238 | 315 |
| Fe (mg/kg) | 51 | 36 | 39 |
| Mn (mg/kg) | 30 | 12 | 3.5 |
| Zn (mg/kg) | 4.3 | 0.8 | 0.4 |
| Cu (mg/kg) | 5.5 | 2.7 | 1.9 |
| B (mg/kg) | 0.95 | 0.43 | 0.18 |

Cuadro 16. Análisis del agua de riego procedente de noria de la Estación Experimental de la Universidad de Concepción, campus Chillán.

| | |
|----------------|-------|
| Determinación | |
| pH | 7.14 |
| Nitratos (ppm) | 1.0 |
| Amonio (ppm) | 0.7 |
| P (ppm) | 0.1 |
| K (ppm) | 2.7 |
| Ca (ppm) | 7.3 |
| Mg (ppm) | 4.3 |
| Na (ppm) | 10.8 |
| Cl (ppm) | 1.5 |
| Sulfatos (ppm) | 3.9 |
| Fe (ppm) | <0.1 |
| Mn (ppm) | <0.05 |
| Zn (ppm) | 0.11 |
| Cu (ppm) | 0.16 |
| B (ppm) | 0.4 |

Para el manejo del ensayo se controlaron periódicamente las malezas en forma manual, dejando el material vegetal muerto en el mismo lugar a fin de no exportar nutrientes. Para control de plagas (áfidos) se aplicó Karate en dosis de 3 cm³ por 10 litros de agua, con bomba manual marca Solo, de 12 litros de capacidad. Para control de enfermedades (*Botrytis*) se aplicó el fungicida Rovral en dosis de 10 cm³ por 10 litros de agua con la misma bomba.

Las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

- Análisis de plantas al final de la temporada de crecimiento (inicios de mayo). En cada tratamiento se extrajeron plantas completas y se les determinó: Peso seco raíz, peso seco corona y peso seco parte aérea que comprende materia seca de hojas, ramas viejas y brotes de la temporada.
- % N total y ¹⁵N para cada tipo de tejido. Los análisis fueron efectuados en el laboratorio de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.
- Análisis N total y % e.a. ¹⁵N: se procedió a muestrear el suelo a las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 dentro del volumen ocupado por el bulbo húmedo.
- Producción de fruta. Se cosecharon las tres plantas centrales de cada parcela y se determinó: Frutos por planta, Producción por planta (en gr por planta), Producción por hectárea (en kg por hectárea).

- Calidad de fruta: Peso promedio de fruto. Se pesaron los frutos cosechados en cada tratamiento y se dividió por el número de frutos. El total de sólidos solubles se determinó con un refractómetro autocompensado marca Carl Zeiss.

En la figura 10 se presenta el efecto de los tratamientos en el rendimiento de arándanos en el sitio Chillan para las temporadas 2001 y 2002. Como se puede observar la influencia de aplicar los fertilizantes a través del riego produjo en el año 2002 un mayor rendimiento con respecto a la aplicación al suelo de 851 y 1305 kg ha⁻¹ para los tratamientos permanente y periódico, respectivamente. Es importante destacar que por tratarse de plantas nuevas en su segunda temporada de producción los altos niveles de rendimiento encontrados para los tratamientos con fertirriego, que en promedio fueron de 5117 y 5571 kg/ha para los tratamientos permanente y periódico, respectivamente. En general en una explotación comercial estos niveles de rendimiento se lograrían al cuarto o quinto año.

Estos rendimientos son excepcionalmente altos, ya que a las plantas se le efectuó la primera cosecha a poco más de 1 año (14 meses) de establecidas, si los comparamos con los datos entregados por la literatura que cita rendimientos de 800 kg ha⁻¹ para el 2º año de establecimiento. Estos altos rendimientos indican que se realizó un buen manejo general de las plantas. Entre ambos sistemas de fertirrigación (periódico y permanente) no hubo diferencias, lo que estaría indicando que se puede utilizar cualquiera de las dos alternativas. La razón de que no hubo diferencia entre ambos fertirriegos, puede ser consecuencia de que las dosis aportadas fueron bajas, por lo que al concentrar las aplicaciones cada dos semanas, no significó un incremento considerable de la conductividad eléctrica en el fertirriego periódico que pudiera afectar negativamente el cultivo.

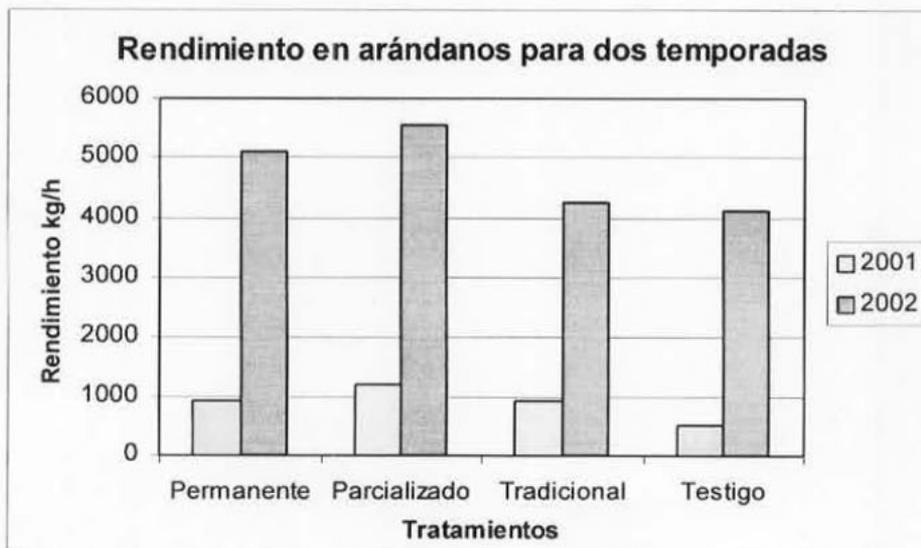


Figura 10. Efecto en el rendimiento de arándanos de diferentes tratamientos de fertirriego y fertilización tradicional.

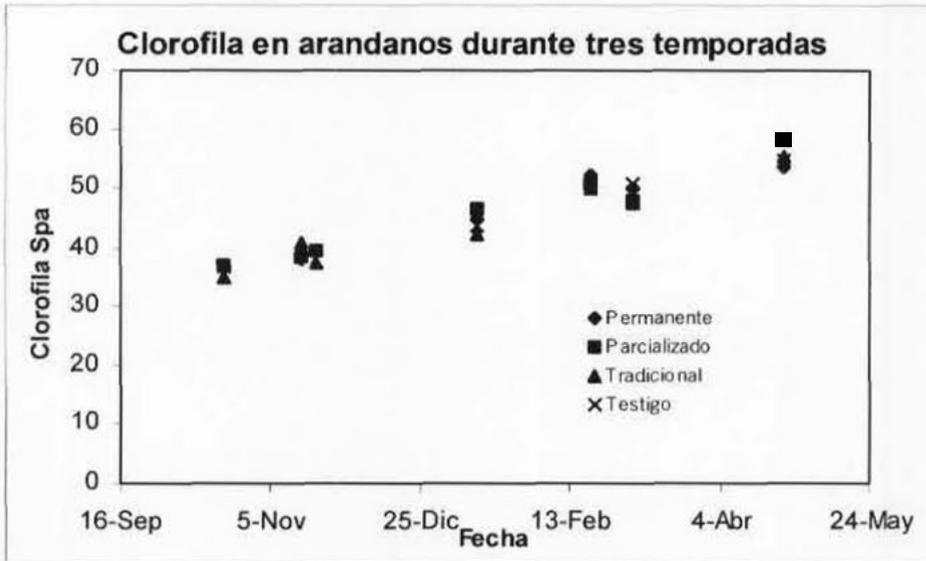


Figura 11. Efecto de los tratamientos de fertirriego en el contenido de clorofila en arándanos.

El contenido de clorofila para las tres temporadas de mediciones se presenta en la figura 11. El rango de valores se presentaron en promedio desde 36.3 a 55.4 durante toda la temporada. En esta especie no se encontró una respuesta muy clara especialmente en el testigo sin fertilización, posiblemente debido a la situación de ser plantas nuevas y un nivel alto de fertilidad natural del suelo. Este comportamiento no fue el mismo para el sitio de arándanos de Miraflores que se detallará mas adelante.

La actividad radicular en las plantas se registró en dos rizotrones (figura 12). Se observó que en el periodo de brotación el crecimiento radicular decrece hasta llegar a inicios de madurez. Desde este momento la actividad comienza a aumentar llegando a un máximo en plena cosecha, de esta forma las aplicaciones de fertilizantes inmediatamente cosechada la fruta y hasta antes de caída de hojas significaría un mejor aprovechamiento y acumulación de reservas para la próxima temporada.

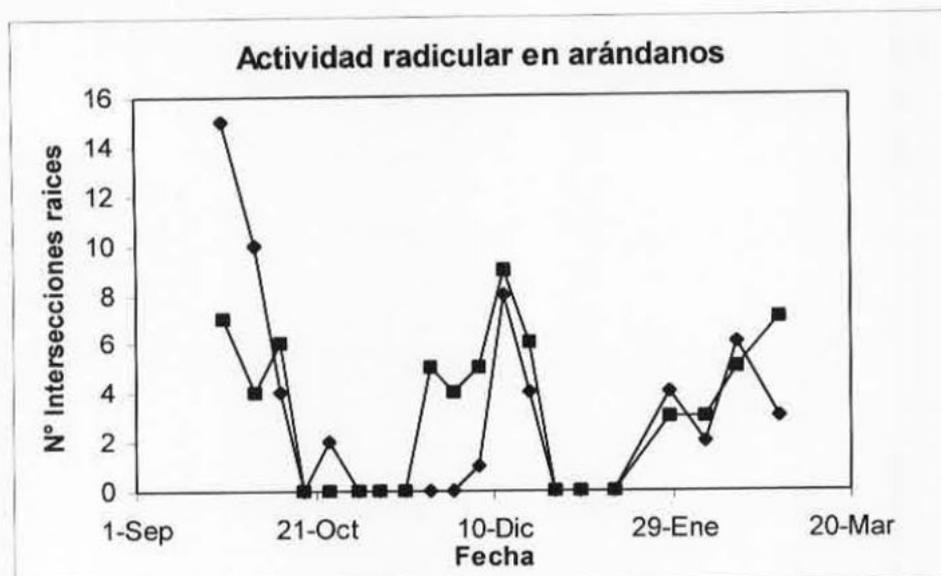


Figura 12. Actividad radicular en arándanos medidos en dos rizotrones.

5.4. MANZANOS MIRAFLORES

La presente investigación se realizó en el Fundo San Esteban de la empresa David del Curto, Comuna de Retiro. Geográficamente se ubica en las coordenadas 35° 57' 28" Lat. S; 71° 37' 21" Long. O, a una altitud de 120 msnm. El suelo del ensayo corresponde a la serie Miraflores correspondiente a la familia Haplaquepts (USDA-Soil Conservation Service, 1975). Se caracteriza por ser de origen aluvial y en posición de terraza. Textura franco limoso y una profundidad efectiva entre 40 y 50 cm. El clima es mediterráneo, con lluvias predominantes en invierno. Durante el periodo de realización del presente ensayo se tuvo una precipitación media anual de 1100 mm. La temperatura media anual es de 11.9 °C con máximas de 19 °C en verano y media mínima de 5.5 °C en invierno. La humedad relativa media anual es de 61 % con una media máxima de 84 % en junio y la mínima de 38 % en febrero.

Características del huerto y análisis Químico de Suelos

Cuatro tratamientos de fertirriego fueron aplicados durante las temporadas 2001-2 y 2002-3 a una superficie de 0.378 has de un huerto de manzanos variedad Fuji regado con microjet. El huerto fue plantado en el año 1997 con una densidad de 1010 plantas ha⁻¹ y en un marco de plantación 4.5 m entre hileras y 2.2 m sobre la hilera. Previo al establecimiento del experimento se tomaron muestras de suelo en las estratas 0 a 20 cm y 20 a 40 cm de profundidad para efectuar los análisis químicos, cuyos resultados se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Resultados análisis de suelo previo al establecimiento del ensayo.

| Determinación | Profundidad, cm | |
|-------------------------|-----------------|-------|
| | 0-20 | 20-40 |
| PH | 5.7 | 5.54 |
| MO % | 8.4 | 6.7 |
| N-NO ₃ mg/Kg | 9.3 | 6.2 |
| P olsen mg/Kg | 11 | 14 |
| K disp mg/Kg | 110 | 80 |
| K int cmol/Kg | 0.28 | 0.21 |
| Ca int cmol/Kg | 5.55 | 4.03 |
| Mg int cmol/Kg | 0.91 | 0.62 |
| Na int cmol/Kg | 0.07 | 0.09 |
| Suma de bases cmol/Kg | 6.81 | 4.94 |
| S disp mg/Kg | 17.2 | 34.9 |
| Fe mg/Kg | 4.3 | 6.6 |
| Mn mg/Kg | 6 | 5.8 |
| Zn mg/Kg | 0.9 | 1.0 |
| Cu mg/Kg | 3.2 | 3.6 |
| B mg/Kg | 0.7 | 0.4 |

La textura del suelo es franco limosa (10% arcilla, 50% limo y 40% arena). El análisis químico del agua de riego presentó un pH 7.2, CE 0.066 dS m⁻¹; el contenido de Ca, Mg, Na, K fue de 8.3, 0.8, 4.8 y 0.4 mg L⁻¹, respectivamente. Otras determinaciones químicas del agua son N 0.1, S-SO₄ 6.6 y Cl 4.9 mg L⁻¹, de lo cual se infiere que el agua es de buena calidad y apta para los cultivos comunes.

Tratamientos y Diseño Experimental

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, considerando como unidad experimental dos hileras de 35 metros de longitud. Los tratamientos estudiados corresponden a una fertilización nitrogenada con tres diferentes fuentes de Nitrógeno:

- I.- Fertilización nitrogenada en forma amoniacal
- II.- Fertilización nitrogenada en forma combinada (nitríca y amoniacal)
- III.- Fertilización nitrogenada en forma nitríca
- IV.- Testigo sin fertilización nitrogenada.

La dosis anual de nitrógeno aplicada en los tratamientos con fertilización nitrogenada correspondió a 64 kg ha⁻¹, empleando como fuente la urea para el tratamiento I, urea y nitrato de calcio para el tratamiento II y nitrato de potasio y nitrato de calcio para el tratamiento III. En el cuadro 18 se presenta un mayor detalle de los diferentes tratamientos aplicados.

Cuadro 18. Fuentes de nitrógeno y dosis de nutrientes aplicados por tratamiento.

| Tratamiento | Fuente N | NH ₄ ⁺ :NO ₃ ⁻ | N-NH ₄ | N-NO ₃ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | Zn | B |
|-------------|----------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|----|-----|
| I | Urea | 100:0 | 64 | 0 | 120 | 126 | 45 | 42 | 2 | 1.2 |
| II | Urea+Nitr. Ca | 50:50 | 32 | 32 | 120 | 126 | 45 | 42 | 2 | 1.2 |
| III | Nitr.Ca + Nitr. K | 0:100 | 0 | 64 | 120 | 126 | 45 | 42 | 2 | 1.2 |
| IV | Sin N | | 0 | 0 | 120 | 126 | 45 | 42 | 2 | 1.2 |

La distribución de la aplicación de nitrógeno según la fase fenológica se presenta en la figura 13. Nótese que al momento de cosecha el huerto había recibido una fracción de la fertilización total. Para complementar el aporte de nitrógeno se agregaron otros nutrientes por fertirriego en cantidades similares para todos los tratamientos (cuadro 18).

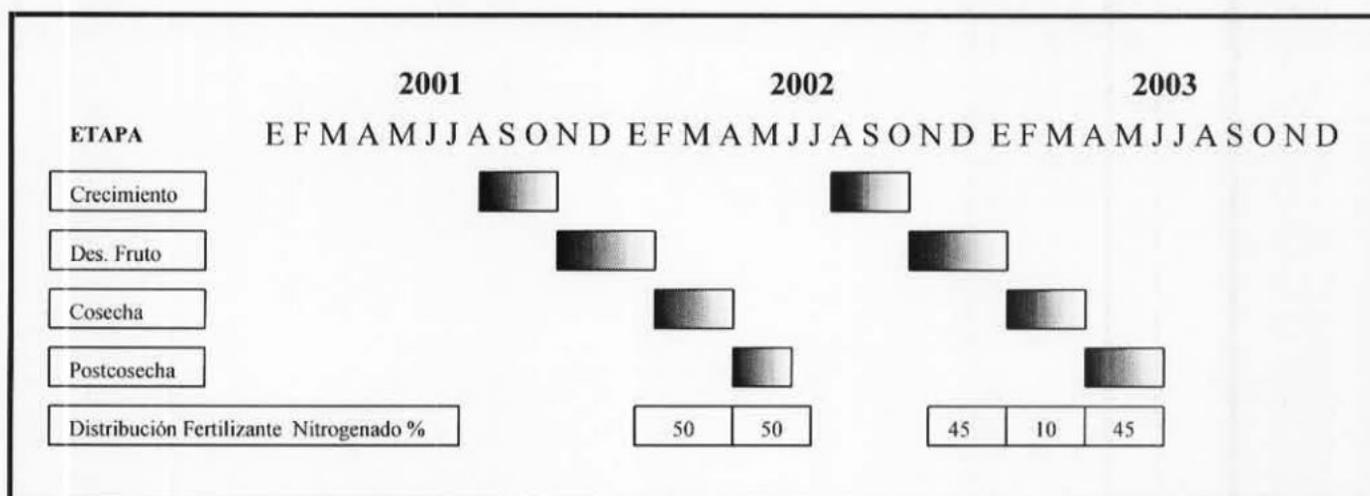


Figura 13. Distribución de la fertilización nitrogenada durante las dos temporadas de estudio.

Fertirriego

El huerto se regó con microjets de 37 L/h considerando un emisor por cada dos árboles. Los riegos se efectuaron con base a lecturas de una estación meteorológica automática Groweather, marca Davis, instalada en el lugar del ensayo y se regó de acuerdo al registro de evapotranspiración y medición periódica del agua del suelo con un equipo Diviner 2000. Los fertilizantes se aplicaron con sistemas independientes de inyección para cada tratamiento a través de un inyector tipo venturi, aportándose los fertilizantes en forma permanente en el agua de riego.

Evaluaciones

Con el objeto de conocer la influencia de los diferentes tratamientos se procedió a hacer las siguientes evaluaciones: rendimiento fruta por árbol, peso promedio de fruto, diámetro de fruto, índice de yodo, presión de pulpa, grados Brix, porcentaje y tipo de color, largo de brotes, diámetro de tronco, contenido de clorofila en hojas, análisis foliar y análisis de suelo.

La clorofila fue medida en terreno con un equipo Minolta SPAD 502 (Minolta Corp. Ramsey, N.J.). Todas las determinaciones analíticas (análisis de suelo y foliar) fueron realizadas de acuerdo a la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA, 1998). Para el análisis químico de planta, se empleó la técnica de digestión vía húmeda. El nitrógeno fue determinado por el método microkjeldahl, el fósforo y boro por el método de colorimetría y el potasio por espectrofotometría de emisión y el calcio, y microelementos por espectrofotometría de absorción atómica.

Con el propósito de medir calidad postcosecha, se separaron 300 manzanas de cada tratamiento y se almacenaron por un periodo tres meses en cámara de frío a una temperatura de 4°C. Durante este periodo se efectuaron siete evaluaciones considerando muestreos de 10 frutas por cada repetición en las que se evaluó: peso fruto, diámetro ecuatorial, presión de pulpa, color, grados Brix e índice de yodo. Adicionalmente se evaluó presencia de desordenes fisiológicos como corazón acuoso, corazón mohoso, bitter pit y mancha café.

Análisis y discusión de resultados

La incidencia de los tratamientos sobre el rendimiento, peso y diámetro de fruta y área de tronco para las dos temporadas de evaluación se presenta en el cuadro 19. A partir de dicho cuadro se puede inferir que hubo una alta respuesta a la aplicación de nitrógeno, incrementándose el rendimiento entre 20 a 50% con la aplicación de nitrógeno. El tratamiento que presentó un mejor efecto sobre el rendimiento fue con el empleo de fuente mixta que contemplaba una relación $\text{NH}_4:\text{NO}_3$ 1:1. Sin embargo, no se manifestó una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las diferentes fuentes nitrogenadas. Al comparar los rendimientos obtenidos entre temporadas, se observa que el primer año de introducción de los tratamientos, el rendimiento fue considerablemente más bajo, lo cual se atribuye a que el manejo nutricional del huerto en los años previos no fue el adecuado. Ello queda de manifiesto al observar el análisis de suelo efectuado al momento de la instalación del ensayo, donde se detectan niveles bajos especialmente de potasio, nitrógeno y boro. Cabe señalar, que el rendimiento del huerto comercial con un manejo convencional similar a las temporadas anteriores rindió un 21 % menos que el promedio obtenido con fuentes nitrogenadas. Al comparar el rendimiento comercial con el tratamiento testigo sin N, este último presenta mayor producción. Esto se explicaría por una adecuada respuesta del huerto a la adición de los nutrientes P, K, Ca, Mg, Zn y B, que fueron adicionados por fertirriego a todos los tratamientos incluyendo al testigo sin N.

El peso de fruta promedio en el año 2002 fue de 261 g y en el año 2003 de 321 g y no fue afectado por las fuentes nitrogenadas (Cuadro 19). El diámetro promedio de fruta varió de

8.3 a 8.9 cm entre ambas temporadas y al igual que el peso de fruta, no fue influenciado por los tratamientos empleados.

Cuadro 19 Efecto de las fuentes de nitrógeno sobre el rendimiento, peso y diámetro de fruta en las dos temporadas de evaluación.

| Fuente N | NH ₄ ⁺ :NO ₃ ⁻ | Rendimiento (kg árbol ⁻¹) | | Peso fruta (g) | | Diámetro fruta (cm) | |
|--------------------|--|---------------------------------------|------|----------------|------|---------------------|------|
| | | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 |
| Urea | 100:0 | 19.6 | 48.7 | 255 | 320 | 8.3 | 8.8 |
| Urea+Nitr. Ca | 50:50 | 21.9 | 48.3 | 258 | 323 | 8.2 | 8.9 |
| Nitr. Ca + Nitr. K | 0:100 | 21.1 | 46.7 | 264 | 319 | 8.3 | 9.1 |
| Testigo | | 14.6 | 39.4 | 268 | 323 | 8.3 | 8.8 |
| DMS 0.05 | | 4.0 | 3.7 | ns | ns | ns | ns |

Rendimiento comercial año 2002 y 2003 con fertilización convencional al suelo: fue de 13,2 y 37.7 kg árbol⁻¹, respectivamente.

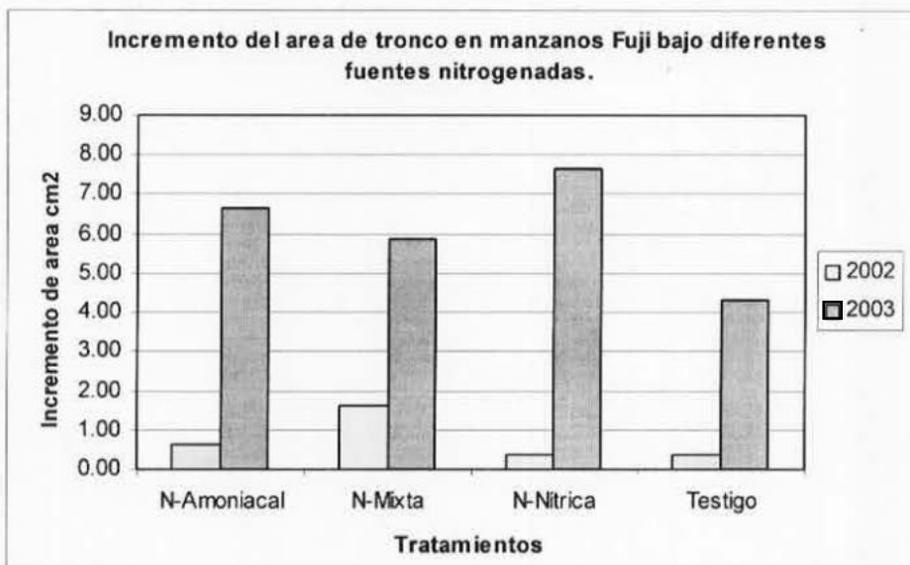


Figura 14. Incremento del área de tronco en manzanos para dos temporadas de crecimiento.

El incremento de área de tronco se presenta en la figura 14 para cada temporada de crecimiento, se observó en la segunda temporada una mayor respuesta a la fertilización y los incrementos fueron de entre 5.9 a 7.6 cm² para los tratamientos que recibieron nitrógeno como fertilizante. El tratamiento testigo presentó un área de tronco significativamente menor ($P < 0.05$) respecto a los otros tratamientos. En tanto, las fuentes nítricas fueron las que permitieron incrementar en mayor porcentaje esta variable (tratamiento III).

Respecto a la calidad de fruta al momento de cosecha (cuadro 20) no se observaron diferencias entre los diferentes tratamientos aplicados y las diferentes variables medidas se presentaron dentro de rangos adecuados para su comercialización.

Cuadro 20. Efecto de las fuentes de nitrógeno sobre la calidad de la fruta al momento de cosecha.

| Fuente N | NH ₄ ⁺ :N O ₃ ⁻ | °Brix | | Indice de Yodo | | Presión de pulpa (lb pulg ⁻²) | | Color (% cobertura) |
|-------------------|--|-------|------|----------------|------|--|------|---------------------------|
| | | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 | |
| Urea | 100:0 | 14.6 | 14.4 | 3.9 | 2.7 | 15.6 | 15.6 | 91.9 |
| Urea+Nitr. Ca | 50:50 | 15.2 | 14.3 | 3.7 | 2.9 | 16.1 | 15.9 | 88.6 |
| Nitr.Ca + Nitr. K | 0:100 | 15.4 | 14.9 | 3.6 | 2.7 | 15.8 | 15.5 | 88.9 |
| Testigo | | 15.0 | 14.2 | 4.0 | 3.1 | 15.4 | 15.6 | 92.4 |
| DMS 0.05 | | ns | ns | ns | ns | 0.5 | ns | Ns |

En el cuadro 21, se presenta el resultado del efecto de los diferentes tratamientos sobre diversos parámetros de calidad de fruta después de un periodo de almacenaje en frío de 90 días. Respecto a la disminución de peso de la fruta después de dicho periodo de almacenamiento, el aporte de N tuvo una incidencia significativa en ambas temporadas. Cuando no se aplicó N la pérdida de peso fue un 5-7% mayor respecto a los otros tratamientos. Al comparar las fuentes nitrogenadas, durante la primera temporada se comportó mejor la fuente nítrica, en tanto, en la temporada 2003 no hubo diferencias significativas entre las fuentes de N.

El resto de las variables de calidad tales como grados Brix, índice de yodo y presión de pulpa no se vieron afectados por los tratamientos aplicados. El periodo de almacenamiento tampoco hizo variar estos indicadores, con la excepción del índice de yodo que aumentó en más de una unidad al cabo de los 90 días de almacenamiento en frío.

Cuadro 21. Efecto de las fuentes de nitrógeno sobre la calidad postcosecha después de un periodo de almacenaje de tres meses (15 abril a 15 julio). Datos de año 2002 y 2003

| Fuente N | NH ₄ ⁺ :NO ₃ ⁻ | Disminución de peso (%) | | °Brix | | Indice de Yodo | | Presión de pulpa (lb pulg ⁻²) | |
|-------------------|--|-------------------------|------|-------|------|----------------|------|---|------|
| | | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 | 2002 | 2003 |
| Urea | 100:0 | 9.3 | 11.7 | 14.0 | 15.0 | 5.4 | 4.2 | 15.1 | 14.6 |
| Urea+Nitr. Ca | 50:50 | 9.1 | 12.1 | 14.9 | 16.1 | 5.4 | 4.2 | 15.01 | 15.9 |
| Nitr.Ca + Nitr. K | 0:100 | 7.0 | 11.5 | 15.0 | 15.7 | 4.8 | 4.1 | 14.8 | 15.5 |
| Testigo | | 12.3 | 18.6 | 14.5 | 15.6 | 5.4 | 4.1 | 15.9 | 15.2 |
| DMS 0.05 | | 1.9 | 4.8 | ns | ns | ns | ns | ns | 0.8 |

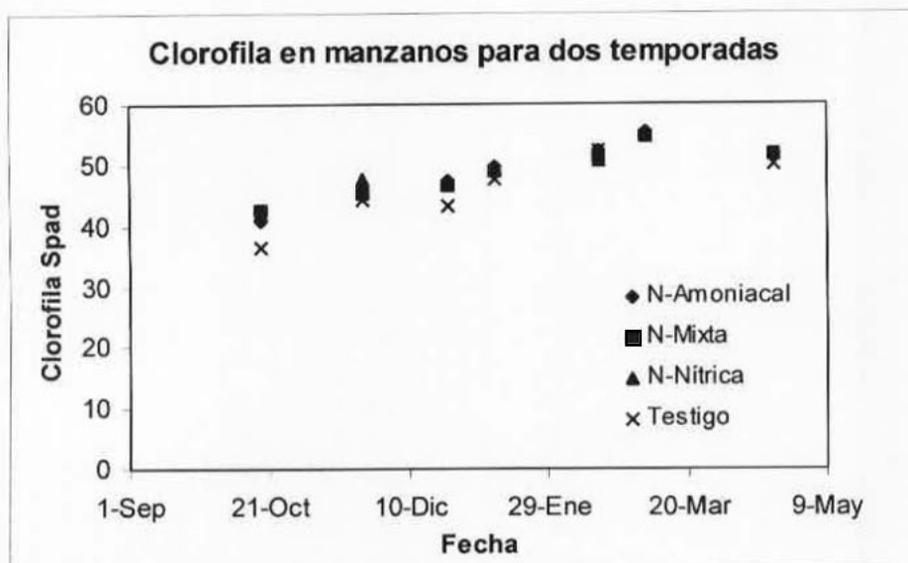


Figura 15. Contenido de clorofila en hojas influenciadas por diferentes fuentes de nitrógeno y para dos temporadas de crecimiento.

En la figura 15 se presentan los contenidos de clorofila foliar a través de dos periodos de crecimiento en los diferentes tratamientos aplicados. Los tratamientos y fecha de muestreo afectaron las lecturas de clorofila. Hubo una alta correlación entre lecturas SPAD y concentración foliar de N y esta relación fue más estrecha en las primeras fechas de muestreo. El contenido de clorofila se incrementó con el aporte de N, pero no hubo diferencias entre las diferentes fuentes de este elemento. La fertilización presentó mayor impacto sobre la clorofila foliar entre los meses de septiembre a enero, donde existe una mayor demanda de N. Después de este periodo puede adquirir mayor relevancia la translocación y almacenamiento del N en órganos de reserva. En todos los tratamientos las lecturas SPAD se incrementaron a través de la estación de crecimiento. Este incremento no necesariamente es una respuesta al N aplicado, porque el tratamiento sin N también presentó la misma tendencia.

5.5 ARANDANOS MIRAFLORES

La presente investigación se realizó en el Fundo San Esteban de la empresa David del Curto, Comuna de Retiro. Geográficamente se ubica en las coordenadas 35° 57' 28" Lat. S; 71° 37' 21" Long. O, a una altitud de 120 msnm. El suelo del ensayo corresponde a la serie Miraflores correspondiente a la familia Haplaquepts (USDA-Soil Conservation Service, 1975). Se caracteriza por ser de origen aluvial y en posición de terraza. Textura franco arenosa muy fina y una profundidad efectiva entre 40 y 50 cm. El clima es mediterráneo, con lluvias predominantes en invierno. Durante el periodo de realización del presente ensayo se tuvo una precipitación media anual de 1100 mm. La temperatura media anual es de 11.9 °C con máximas de 19 °C en verano y media mínima de 5.5 °C en invierno. La humedad relativa media anual es de 61 % con una media máxima de 84 % en junio y la mínima de 38 % en febrero.

Característica plantación y análisis químico de suelos

El ensayo se estableció en una plantación de arándano variedad Berkeley plantada en el año 1997 con una densidad de 2778 plantas ha⁻¹ y en un marco de plantación 3 m entre hileras y 1.2 m sobre la hilera. El huerto era regado por riego por goteo considerando un emisor por planta con un caudal de 4 L h⁻¹. Previo al establecimiento del experimento se tomaron muestras de suelo en las estratas 0 a 20 cm y 20 a 40 cm de profundidad para efectuar los análisis químicos, cuyos resultados se presentan en el cuadro 22.

Cuadro 22. Resultados análisis de suelo previo al establecimiento del ensayo.

| Determinación | Profundidad | |
|---|-------------|------------|
| | 0 a 20 cm | 20 a 40 cm |
| pH agua | 5.35 | 5.8 |
| Materia orgánica (%) | 6.2 | 2.6 |
| N mineral (mg kg ⁻¹) | 14 | 3 |
| P Olsen (mg kg ⁻¹) | 11 | 5 |
| K interc. (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹) | 0.29 | 0.15 |
| Ca interc. (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹) | 5.00 | 6.8 |
| Mg interc. (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹) | 1.03 | 1.3 |
| Na interc. (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹) | 0.05 | 0.06 |
| Al interc. (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹) | 0.72 | 0.25 |
| CICE interc. (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹) | 7.12 | 8.79 |
| Suma de Bases (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹) | 6.4 | 8.5 |
| Saturación Al (%) | 10 | 3 |
| S disponible (mg kg ⁻¹) | 19 | 15 |
| Fe (mg kg ⁻¹) | 125 | 63 |
| Mn (mg kg ⁻¹) | 11 | 3 |
| Zn (mg kg ⁻¹) | 3 | 2 |
| Cu (mg kg ⁻¹) | 1.4 | 2.1 |
| B (mg kg ⁻¹) | 0.5 | 0.2 |

La textura del suelo es Franco limoso (10.5% arcilla, 50 % limo y 39.5% arena). El análisis químico del agua de riego presentó un pH 5,36, CE 0.08 dS m⁻¹; el contenido de Ca, Mg, Na, K fue de 8.3, 0.8, 4.8 y 0.4 mg L⁻¹, respectivamente. Otras determinaciones químicas del agua son N 0.1, S-SO₄ 6.6 y Cl 4.9 mg L⁻¹, de lo cual se infiere que el agua es de buena calidad y apta para los cultivos comunes.

Tratamientos y Diseño Experimental

El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones, considerando como unidad experimental (repetición) tres hileras de 50 m cada una. La superficie total del ensayo fue de 0.54 has. Los tratamientos estudiados corresponden a diferentes dosis de Nitrógeno: 0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹, aplicados durante dos temporadas (2001 y 2002) mediante el agua de riego, de acuerdo a la programación indicada en la figura 16. Nótese que los rendimientos informados en el presente trabajo corresponden al año 2002 y estarían influenciados exclusivamente por la fertilización postcosecha de la temporada anterior. Para complementar la fertilización nitrogenada, se aplicó en el agua de riego una fertilización a

todos los tratamientos correspondiente a $65 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, $120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, 112 kg S ha^{-1} , $20 \text{ kg MgO ha}^{-1}$ y 0.8 kg B ha^{-1} .

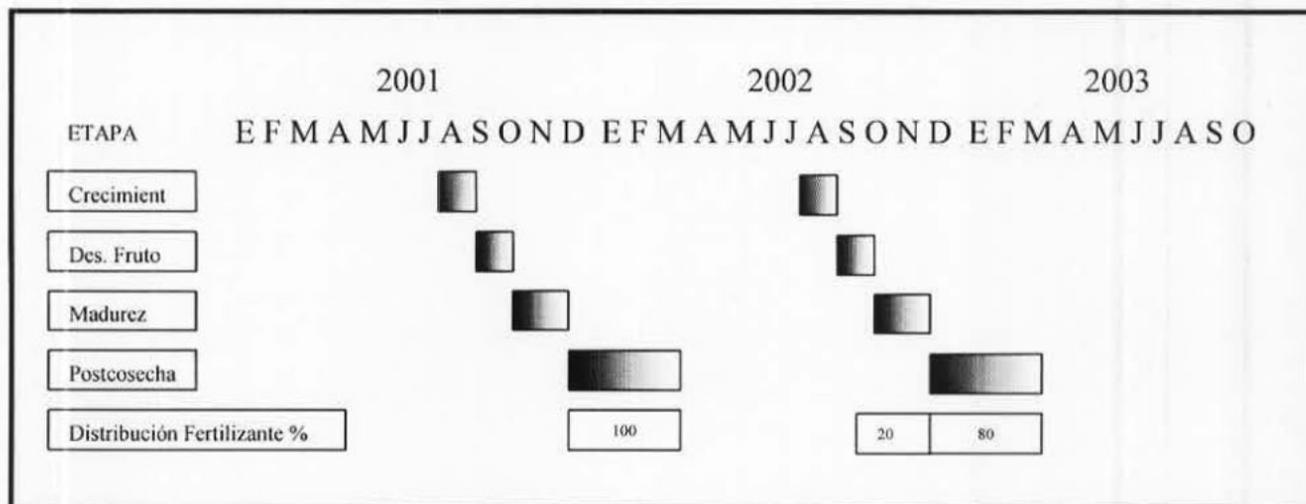


Figura 16. Fases fenológicas del arándano y porcentaje de distribución del fertilizante aplicado.

Fertirriego

Los riegos se efectuaron con base a lecturas de una estación meteorológica automática Groweather, marca Davis, instalada en el lugar del ensayo, regándose de acuerdo al registro de evapotranspiración. La humedad del suelo se controlaba semanalmente con un equipo Diviner 2000. La instalación de riego se hizo en forma independiente para cada tratamiento y para la aplicación del fertilizante se utilizó un inyector automático ITC con control de caudal y pH de la solución de riego. El pH del agua se mantuvo en forma permanente a un valor 5.0 mediante el uso de ácido fosfórico. La solución nutritiva se inyectó a cada tratamiento en forma independiente y cada vez que se regaba.

Evaluaciones

Con el objeto de conocer la influencia de los diferentes tratamientos se procedió a hacer las siguientes evaluaciones: rendimiento y calidad de fruto, número de brotes de corona, concentración de clorofila en hojas, análisis foliar y análisis químico de suelos. La cosecha de frutos se efectuó desde el 4 de diciembre de 2002 al 10 de enero de 2003 y comprendió 13 recolecciones.

La concentración de clorofila fue medida en terreno con un equipo Minolta SPAD 502. Todas las determinaciones analíticas fueron realizadas de acuerdo a la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA, 1998). Para el análisis químico de planta, se empleó la técnica de digestión vía húmeda. El nitrógeno fue determinado por el método microkjeldahl, el fósforo y boro por el método de colorimetría y el potasio por espectrofotometría de emisión y el calcio, y microelementos por espectrofotometría de absorción atómica.

Análisis y discusión de resultados

La incidencia de los tratamientos sobre el rendimiento para dos temporadas de crecimiento, se presenta en la figura 17. Se puede inferir que hubo una alta respuesta a la aplicación de nitrógeno, incrementándose el rendimiento en más del doble en algunos tratamientos. La dosis de 100 kg N ha⁻¹ es la que presentó un mejor efecto sobre el rendimiento para las dos épocas, no siendo diferente significativamente a la dosis máxima de 150 kg N ha⁻¹. Este último tratamiento indujo una mayor floración y mayor número de brotes por planta en la temporada 2003, lo cual incidió en el rendimiento de la temporada 2004.

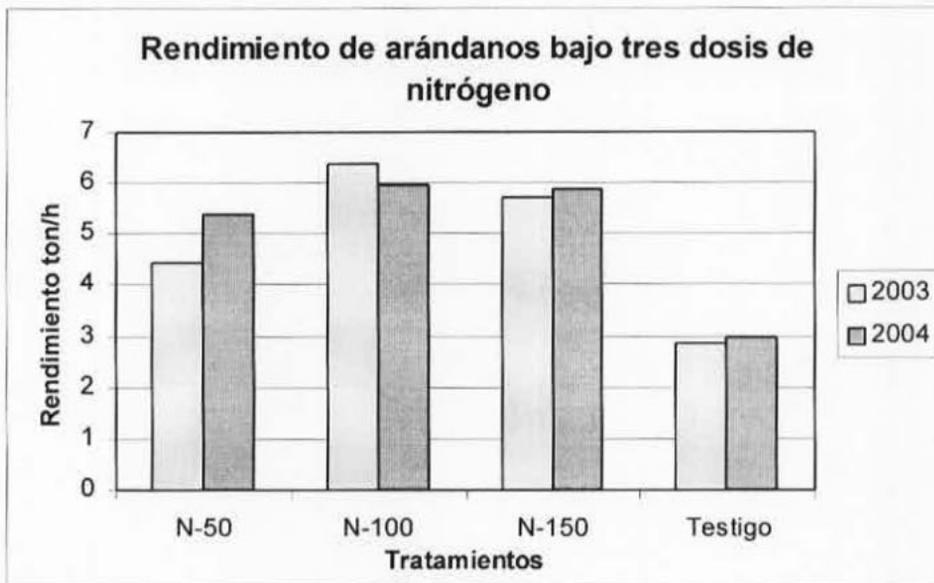


Figura 17. Efecto de tres dosis de nitrógeno en arándanos para dos temporadas de crecimiento.

En la figura 18 se presenta los valores de clorofila bajo los diferentes tratamientos durante dos estaciones de crecimiento del arándano. Se puede observar que existe una clara relación entre el aporte de nitrógeno vía fertirriego con los contenidos de clorofila. El tratamiento que no recibió nitrógeno durante toda la temporada, presentó los niveles más bajos de clorofila y su contenido descendió aun más en periodo de cosecha, donde se produce una demanda de fotosintatos al fruto. Los tratamientos con dosis de 100 y 150 kg N ha⁻¹, presentaron los mayores valores de clorofila. A partir de estos resultados se puede inferir que valores superiores a 38 unidades SPAD, a partir del mes de noviembre, aseguran un suministro óptimo de nitrógeno para la planta.

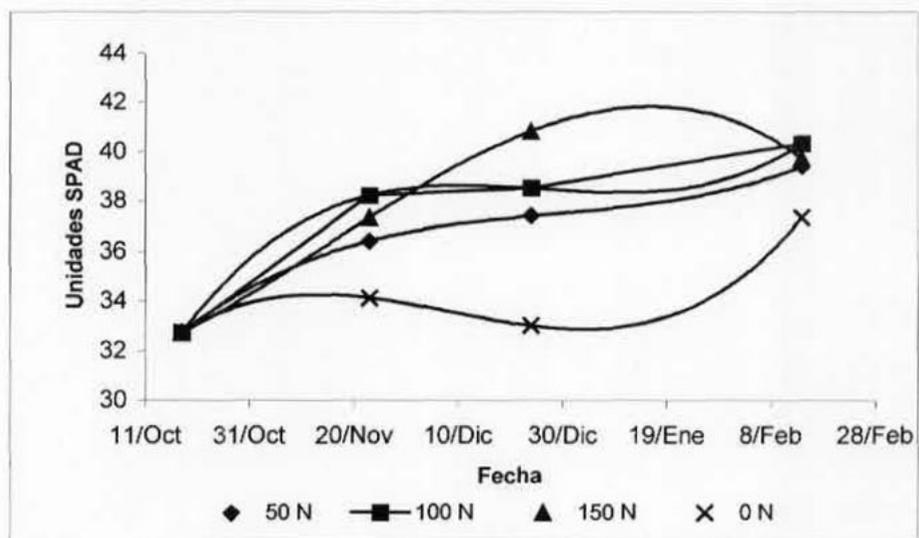


Figura 18. Contenido de clorofila en la temporada para dos temporadas de crecimiento en arándanos en los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada.

5.6. ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

5.6.1. VID

Tratamientos y Diseño Experimental

El sitio experimental se separó en tres bloques con 60 plantas cada uno, en los que se tomaron muestras 3 plantas completas por bloque en 8 oportunidades. Cada planta se separaba luego en raíz, tronco, sarmiento, brotes de temporada, hojas y frutos.

En cuadro 23 se presentan los estados fenológicos de la planta, la época de fertilización para dos temporadas de crecimiento y la época de muestreo. El muestreo comenzó 30 días después del inicio de brotación (11-Sep-2001) y se repitió a los 39, 66 (floración), 85 (cuaja), 120, 144 (pinta), 197 (madurez) y 259 (postcosecha) días post-brotación.

Cuadro 23. Estados fenológicos en vid CV Carmenere para dos épocas de crecimiento.

| ETAPA | 2000 | | | | | 2001 | | | | | | | | | | | | 2002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | A | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brot.-Flor. | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flor-Pinta | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pinta-Mad. | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| Postcosecha | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fertilización | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muestreo | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fertirriego

Los riegos se efectuaron a través de un sistema de goteo con un emisor por planta de 3.8 lt/h. Los tiempos de riego diario durante la temporada se programaron con una estación meteorológica automática modelo Groweather marca Davis, instalada en el lugar del ensayo. Esta programación se ajustó en terreno con mediciones de humedad del perfil del suelo en diferentes puntos del terreno mediante tubos de acceso y utilizando una sonda DIVINER.

La plantas recibieron fertilizantes en forma permanente en el agua de riego y la solución madre se inyectó a través de una bomba centrífuga de 1.5 HP a una tasa de 90 lt/h. En el cuadro 24 se presenta la fertilización que recibida durante dos temporadas de aplicación, la primera aplicada el año anterior al muestreo y la segunda durante el periodo de muestreo.

Cuadro 24 Fertilización que recibida por plantas de vid durante dos temporadas decrecimiento aplicada mediante el sistema de riego.

| Nutriente (kg/ha ⁻¹) | Fase de desarrollo | | | | | | Total | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Crecimiento | | Pinta a cosecha | | Postcosecha | | Año 2000 | Año 2001 |
| | Año 2000 | Año 2001 | Año 2000 | Año 2001 | Año 2000 | Año 2001 | | |
| N | 30 | 26 | 30 | 0 | 30 | 36 | 90 | 62 |
| P ₂ O ₅ | 40 | 16 | 40 | 9 | 40 | 12 | 120 | 36 |
| K ₂ O | 17 | 17 | 17 | 21 | 17 | 10 | 50 | 48 |
| S-SO ₄ | 7 | 6 | 7 | 8 | 7 | 4 | 20 | 17 |
| CaO | 13 | 9 | 13 | 0 | 13 | 6 | 38 | 15 |

Evaluaciones

El tejido vegetal obtenido de cada muestreo se seco en horno a 65 °C hasta peso constante, se registró la materia seca y posteriormente se realizaron determinaciones analíticas N, P, K, Ca, Mg de acuerdo a la metodología de la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA, 1998). Para el análisis químico de los tejidos vegetales se empleó la técnica de digestión vía húmeda. El N fue determinado por el método microkjeldahl, el P por el método de colorimetría, el K por espectrofotometría de emisión y Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica.

Discusión y análisis resultados

En la figura 19 se presenta el peso seco acumulado de los diferentes órganos de la vid a través de la temporada de crecimiento. La acumulación de materia seca se presentó en forma separada para los órganos permanentes (raíz, tronco, sarmiento) y órganos de temporada (brote, hoja y frutos). A partir de la figura 19 se puede observar que los tejidos permanentes como el tronco, raíz y sarmiento registraban una disminución de 1400 kg/ha desde inicio de brotación hasta floración. En tanto los tejidos de temporada presentan una rápida acumulación a partir de esta última fase de desarrollo, incrementándose a una tasa de 107 kg/ha/día. Este crecimiento es principalmente a expensas de la raíz y se prolonga por 78 a 80 días hasta el estado de pinta (día 144).

La acumulación de materia seca en la planta es fundamentalmente por el crecimiento anual, este se va incrementando en el tiempo hasta llegar a un máximo en la etapa de madurez con 5219 kg MS/ha cuadro 25. El nivel de rendimiento de fruta para la esta temporada fue de 8000 kg/ha.

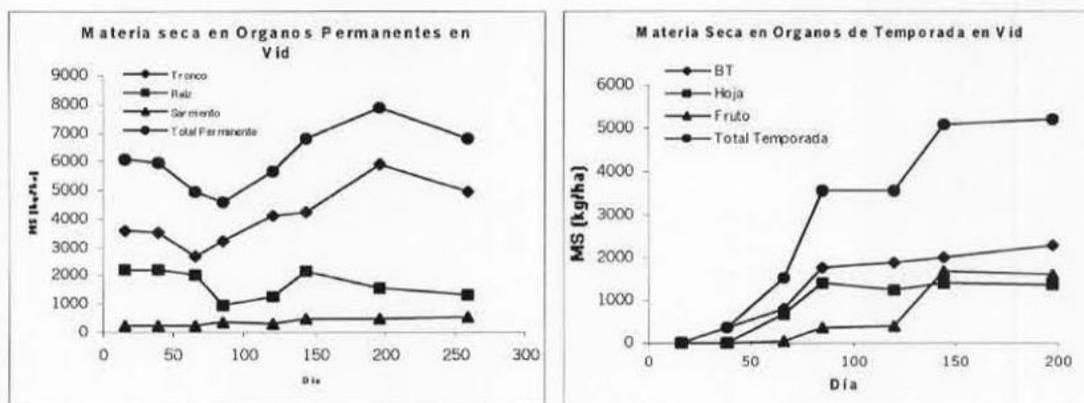


Figura 19. Acumulación de materia seca en órganos permanentes y de temporada.

Desde el estado pinta la tasa de acumulación desciende a 63 kg /ha/día y se detiene en la madurez. Hacia fines de madurez el fruto representa 1600 kg MS/ha luego la cosecha y caída de hojas representan una extracción de 2890 kg MS/ha (55% de la acumulación de los órganos de temporada).

Cuadro 25. Cantidades totales de materia seca registradas en vid durante la temporada.

| Fase | Materia Seca (kg ha ⁻¹) | | |
|-------------|-------------------------------------|------------------|-------|
| | Tejido Permanente | Tejido Temporada | Total |
| Brotación | 6050 | 0 | 6050 |
| Floración | 4948 | 1516 | 6464 |
| Pinta | 6819 | 5064 | 11883 |
| Madurez | 7878 | 5219 | 13097 |
| Caída hojas | 6778 | 2329 | 9107 |

En los órganos permanentes la ganancia neta fue de 728 kg MS/ha que correspondería al crecimiento de las estructuras como el tronco y la raíz.

Durante los diferentes estados de desarrollo de la planta, el porcentaje de participación de los diferentes tejidos va cambiando en el tiempo figura 20, pero en general la raíz y el tronco siempre representan más del 53% de la materia seca total. Los brotes de temporada llegan a un máximo de 26 % en la etapa de caída de hojas y las hojas un 12 % del total en la etapa de pinta. Por su parte los racimos registran el máximo en pinta con un 14 % del total de MS. Cabe señalar que terminada la fase de crecimiento se procede a realizar una poda invernal, en donde se elimina la mayor parte del crecimiento de los brotes y solo se dejan algunos sarmientos para la próxima temporada.

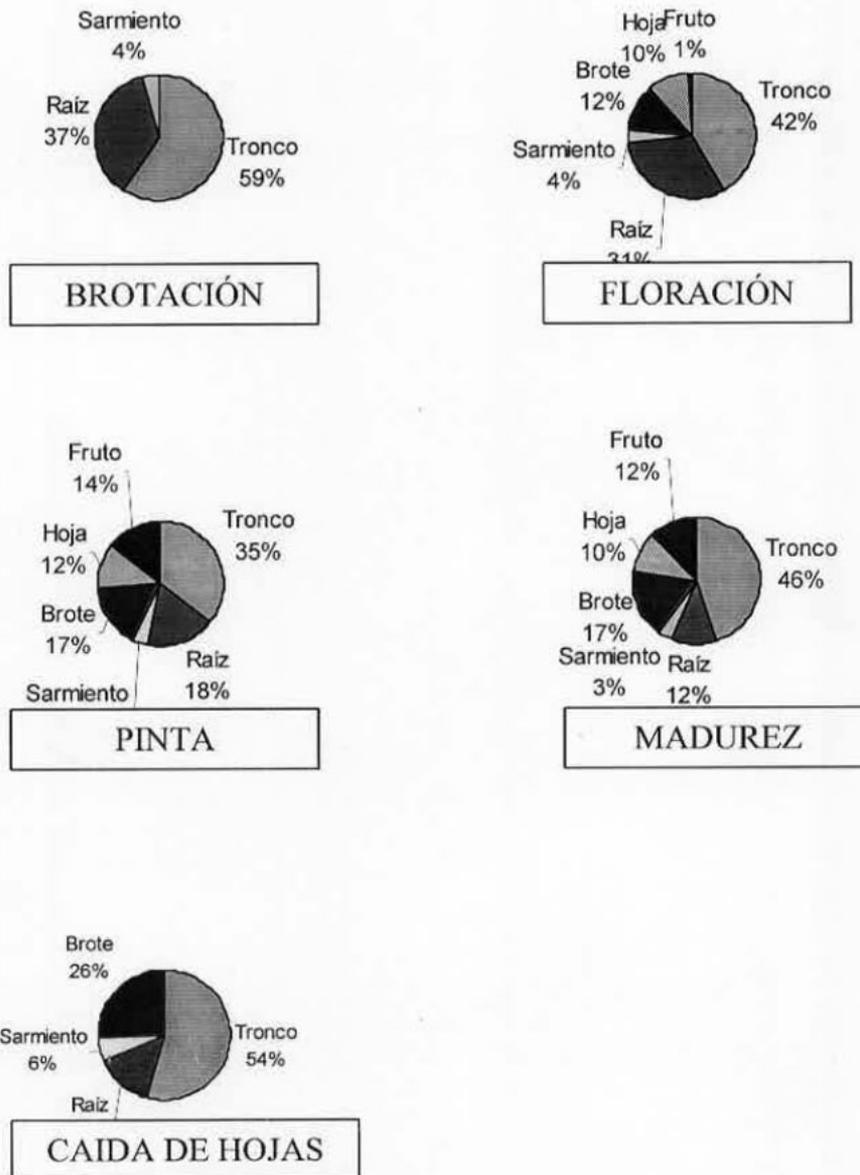


Figura 20. Porcentaje de distribución de la materia seca de diferentes tejidos de la planta de vid en 5 estados fenológicos.

Nitrógeno. En la figura 21 se observa que tanto el tronco como la raíz son los órganos que aportan la mayor parte del nitrógeno requerido para el desarrollo de los nuevos tejidos, este aporte es de 27 kg N/ha (53% del nitrógeno de la planta) desde brotación hasta llegar a floración. Esto se revierte después de la pinta en donde se observa un paulatino aumento de N en estos órganos permanentes llegando a 21 kg N/ha.

Llama la atención que la cantidad de nitrógeno acumulado en el tronco es superior a lo acumulado en la raíz al final de la temporada de crecimiento, y que a inicios de brotación esta situación es a la inversa, lo que sugiere que la movilización de nitrógeno hacia la raíz continua en los meses invernales, después del último muestreo realizado en el mes de mayo.

El requerimiento de N por parte de los órganos de temporada es alto hasta fines de floración debido al desarrollo de brotes y hojas nuevas. La tasa de absorción en esta etapa es de 0.63 kg N/ha/día y la cantidad total requerida en la temporada para el crecimiento de tejidos nuevos es de 46.2 kg N/ha. (61.7 % del nitrógeno total de la planta en madurez).

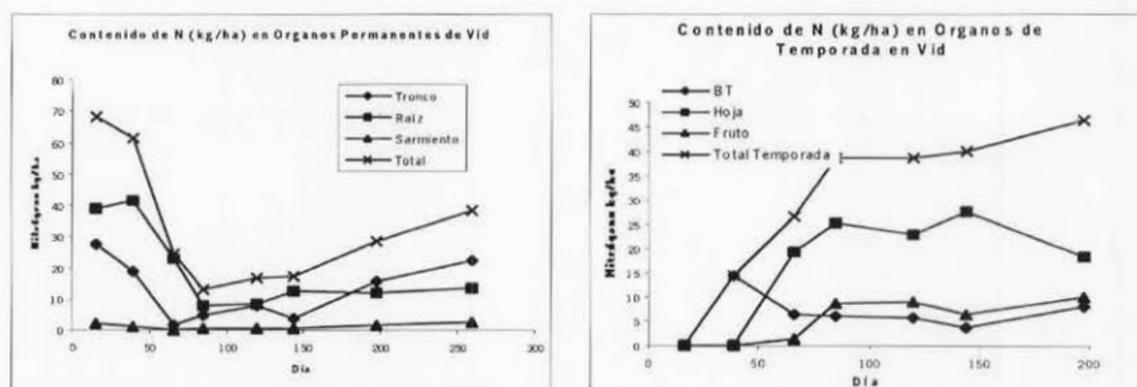


Figura 21 Contenido de Nitrógeno (Kg/ha) en órganos permanentes y de temporada en vid.

De acuerdo a la figura, la acumulación de nitrógeno de reserva comienza a realizarse desde el estado de pinta, pero se incrementa significativamente al final de la estación. Resultados similares obtuvieron Araujo & Williams, (1988).

Fósforo. La movilización del fósforo en la planta presenta un patrón similar a la del nitrógeno figura 22. Todo el P requerido para la primera etapa de crecimiento (brotación-floración) lo aportan los tejidos permanentes tronco y raíz. Desde termino de floración el P se empieza a acumular en estos tejidos rápidamente llegando a fines de la temporada a niveles similares a los registrados a inicio de brotación 9 kg P/ha. También se infiere que la movilización de fósforo hacia la raíz continua después del último muestreo (caída de hojas) pues los niveles a inicio de brotación son superiores en la raíz.

Si se considera el manejo normal de la viña, que contempla la caída de hojas, la cosecha del fruto y posterior poda invernal la cantidad de P extraído alcanza anualmente a 7 kg P/ha cuadro 26.

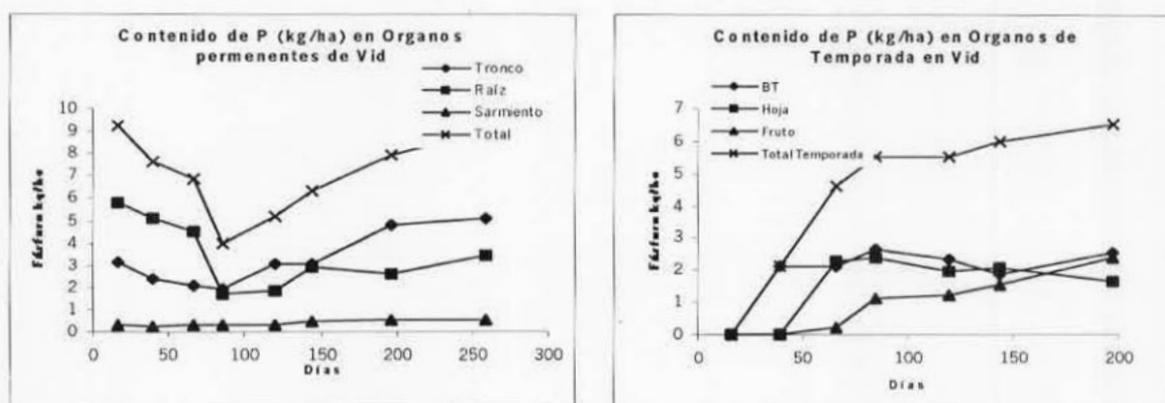


Figura 22 Contenido de Fósforo (Kg/ha) en órganos permanentes y de temporada en vid.

Potasio. El comportamiento del K en los órganos permanentes de la planta durante toda la estación de crecimiento es relativamente estable (figura 23). En dos ocasiones se registraron altos niveles de K en la raíz y coincidieron con las fases de floración y pinta. Al momento de la cosecha la acumulación de K en los órganos permanentes llegó a 65.5 kg K/ha, manteniéndose estable al final de la temporada. La mayor parte del K requerido por los racimos provino de la parte aérea y fueron acumulados en los últimos 50 días antes de la cosecha.

A diferencia de lo anterior, tejidos nuevos requieren una gran cantidad de K, principalmente desde floración en adelante, acumulándose a una tasa de 1.5 kg/ha/día y desde la fase de pinta los racimos son los mayores acumuladores de este nutriente. Un comportamiento muy similar fue descrito para la c.v. Cabernet Sauvignon por Williams & Biscay, (1991).

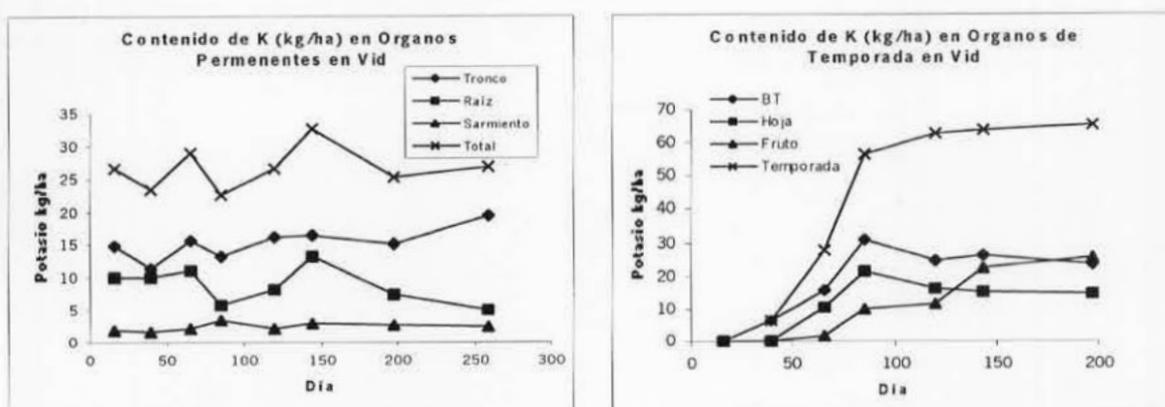


Figura 23 Contenido de Potasio en órganos permanentes y de temporada en vid.

Calcio. Se observó que la planta de vid tiene una alta demanda de calcio especialmente desde la fase de floración (figura 24). Pero la acumulación neta para toda la temporada en los órganos permanentes no difiere significativamente con los niveles encontrados al inicio

con valores de 43 kg Ca/ha. Sin embargo dentro del ciclo, las hojas y brotes requirieron para su crecimiento anual un total 38.4 kg Ca/ha, con una tasa de absorción de 0.4 kg Ca/ha/día hasta floración y 0.92 kg Ca/ha/día desde floración a pinta, en esta última etapa se absorbe el 60.3% del total del Ca requerido en el año.

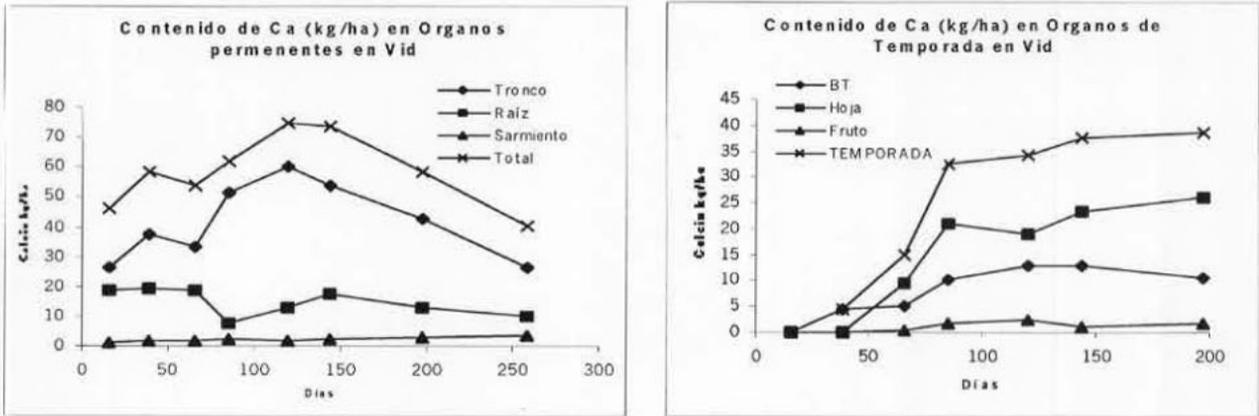


Figura 24 Contenido de Calcio en órganos permanentes y de temporada en vid.

Magnesio. El contenido de Mg en la raíz y tronco es similar tanto en brotación como en la caída de hojas, alrededor de 6.2 kg Mg/ha. Sin embargo los órganos anuales acumularon rápidamente este nutriente, en especial entre el estado de floración y pinta, principalmente las hojas, que lo requieren para el proceso de fotosíntesis. Como se observa en la figura 25 el desarrollo de los tejidos aéreos principalmente las hojas y los brotes demandan una cantidad de Mg de 0.16 Kg Mg/ha/día. A inicios de pinta la tasa de absorción es de 0.01 Kg Mg/ha/día llegando al final de la temporada a una acumulación total de 6.8 kg Mg/ha (48% del total del Mg de la planta).

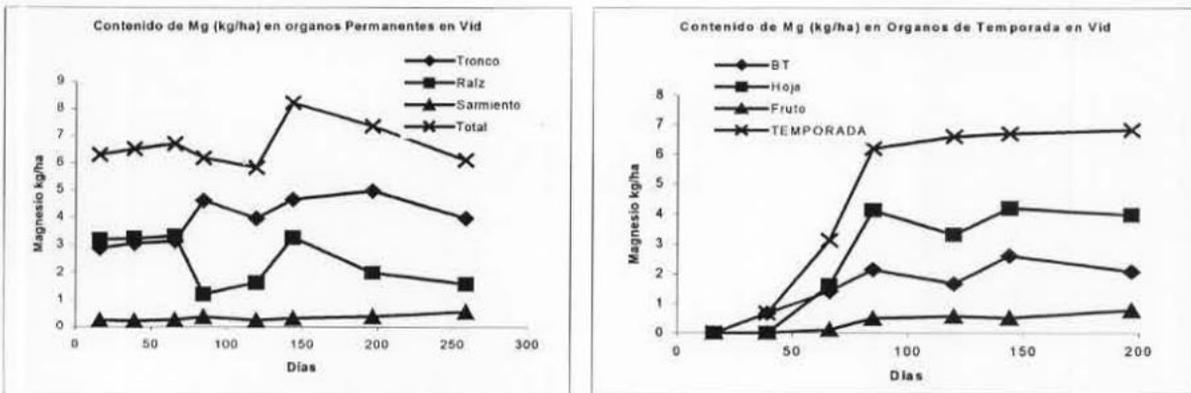


Figura 25 Contenido de Magnesio (Kg/ha) en órganos de temporada y permanentes en vid.

Cuadro 26. Extracción de nutrientes para tejidos permanentes y de temporada. en la planta de vid a través de varios estados fenológicos. (kg/ha)

| FASE | NUTRIENTE kg/ha | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | N | | P | | K | | Ca | | Mg | |
| | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. |
| Brotación | 68.1 | - | 9.2 | - | 26.6 | - | 46.1 | - | 6.3 | - |
| Floración | 24.5 | 26.8 | 6.9 | 4.6 | 29.0 | 27.9 | 53.5 | 15.0 | 6.7 | 3.1 |
| Pinta | 16.9 | 37.6 | 6.3 | 5.4 | 32.7 | 63.5 | 73.7 | 37.5 | 8.2 | 7.3 |
| Madurez | 28.7 | 36.0 | 7.9 | 6.5 | 25.2 | 63.3 | 58.3 | 38.4 | 7.3 | 6.8 |
| Caída hojas | 38.5 | 13.0 | 9.0 | 2.9 | 26.9 | 14.7 | 40.2 | 13.3 | 6.1 | 2.7 |

Cuadro 27. Extracción de nutrientes para tejidos permanentes y de temporada. en la planta de vid a través de varios estados fenológicos expresados como porcentaje.

| FASE | NUTRIENTE (%) | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | N | | P | | K | | Ca | | Mg | |
| | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. |
| Brotación | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 |
| Floración | 48 | 52 | 60 | 40 | 51 | 49 | 78 | 22 | 68 | 32 |
| Pinta | 31 | 69 | 54 | 46 | 34 | 66 | 66 | 34 | 53 | 47 |
| Madurez | 44 | 56 | 55 | 45 | 28 | 72 | 60 | 40 | 52 | 48 |
| Caída hojas | 75 | 25 | 76 | 24 | 65 | 35 | 75 | 25 | 69 | 31 |

En cuadro 26 se presentan las cantidades totales de diferentes nutrientes presentes en la planta, se puede observar que el N y el K se requieren en cantidades de 58 y 62 kg/ha en promedio durante la temporada respectivamente y en particular por los tejidos que corresponden al crecimiento anual. La cantidad promedio de Calcio en la planta fue de 75.2 kg Ca/ha y es mayoritario en los tejidos permanentes. El P y el Mg se encontraron en cantidades equivalentes tanto en tejidos permanente como de temporada y fueron en promedio de 11.8 y 10.9 kg/ha respectivamente.

Es importante observar la importancia relativa de cada nutriente durante los estados de desarrollo. Como se presenta en el cuadro 27, el N tiene una participación creciente en los nuevos tejidos que llega hasta el 69% en el estado de pinta. El P esta presente principalmente en los tejidos de reserva y su mayor porcentaje lo encontramos en el estado de brotación.

El K se encuentra principalmente en los órganos de fructificación y de transporte de asimilados, que en la fase de madurez llega a un 72 % del total de K de la planta.

El Ca se acumula en mayor medida en los tejidos permanentes durante toda la temporada pero es en madurez y en especial en las hojas en donde concentra fuertemente. Algo similar ocurre con el Mg, la mayor cantidad se concentra en los tejidos de reserva pero es en madurez donde el área foliar es máxima cuando se presenta una gran concentración.

5.6.2 MANZANOS

El estudio se realizó en el predio San Agustín, perteneciente a la empresa Unifrutti, ubicado en la comuna de Yerbas Buenas, provincia de Linares, VII región. (35° 41' 33.1" S y 71°31'06.5" W). El ensayo se estableció en un huerto comercial de manzanos (*Malus x domestica* Borkh) cv. Royal Gala, plantados en el año 2000, marco de plantación 4 m entre hilera y 1.5 m sobre la hilera, injertados sobre un patrón M-26. La superficie total del ensayo es de 20 há aproximadamente y fueron regados con sistema de riego por goteo de doble línea de laterales por hilera, con goteros espaciados a 0.8 m cm y con un caudal nominal de 4 lt h⁻¹.

El manejo del huerto en cuanto a fertilización, riego y diseño experimental esta descrito anteriormente, para esta experiencia se seleccionaron plantas del tratamiento con fertilización permanente y fueron extraídas periódicamente durante la temporada.

Evaluaciones

El tejido vegetal obtenido de cada muestreo se seco en horno a 65 °C hasta peso constante, se registró la materia seca y posteriormente se realizaron determinaciones analíticas N, P, K, Ca, Mg de acuerdo a la metodología de la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA, 1998). Para el análisis químico de los tejidos vegetales se empleó la técnica de digestión vía húmeda. El N fue determinado por el método microkjeldahl, el P por el método de colorimetría, el K por espectrofotometría de emisión y Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica.

Discusión y análisis resultados

En la figura 26 se presenta el peso seco acumulado de los diferentes órganos de la planta de manzano a través de la temporada de crecimiento. La acumulación de materia seca se presentó en forma separada para los órganos permanentes (raíz, y tronco) y órganos de temporada (brote, hoja y frutos). A partir de la figura 26 se puede observar que por tratarse de una planta nueva, el crecimiento de las estructuras permanentes como el tronco y la raíz es importante toda la temporada y esta última no se ve afectada en su desarrollo por tener pocas reservas al principio de la estación, durante toda la temporada estos órganos llegan 3543 kg MS/ha. En tanto los tejidos nuevos como brotes, hojas y fruto presentan un rápido crecimiento en especial por los brotes, en la madurez este crecimiento llega a 1463 kg MS/ha. La cosecha y caída de hojas equivalen a una extracción de 1100 kg MS/ha (75% del peso de los órganos nuevos)

En los órganos permanentes la ganancia neta fue de 2010 kg MS/ha que correspondió al crecimiento de las estructuras permanentes como el tronco y la raíz.

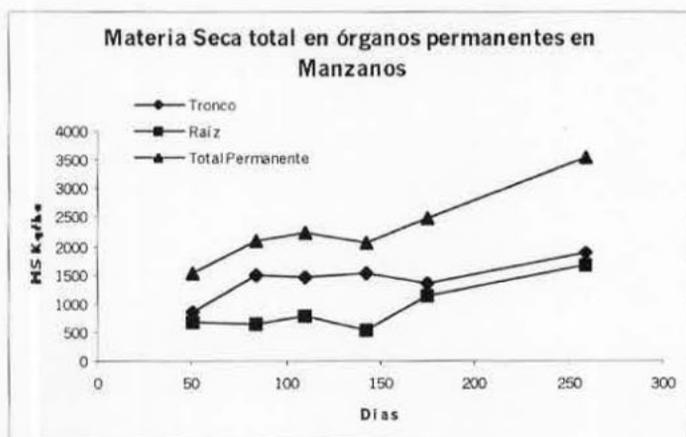


Figura 26. Acumulación de materia seca en órganos permanentes y de temporada.

Cuadro 28. Cantidades totales de materia seca registradas en manzanos durante la temporada.

| Fase | Materia Seca (kg ha ⁻¹) | | |
|-------------------|-------------------------------------|------------------|-------|
| | Tejido Permanente | Tejido Temporada | Total |
| Floración | 1533 | 130 | 1663 |
| 100% cuaja | 2098 | 735 | 2833 |
| Termino Div. Cel | 2241 | 953 | 3197 |
| Crecimiento fruto | 2053 | 1742 | 3795 |
| Madurez | 2474 | 1593 | 4067 |
| Caída hojas | 3543 | 493 | 4037 |

Cuadro 29. Extracción de nutrientes (kg/ha) para tejidos permanentes y de temporada en la planta manzano a través de varios estados fenológicos, plantación de 20 meses de edad.

| FASE | NUTRIENTE kg/ha | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | N | | P | | K | | Ca | | Mg | |
| | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. | Tej. Perm | Tej. Tem. |
| Floración | 12 | 5 | 2 | 1 | 4 | 2 | 14 | 1 | 1.1 | 0.3 |
| 100% cuaja | 11 | 12 | 2 | 1 | 7 | 11 | 20 | 8 | 1.1 | 1.5 |
| Termino Div. Cel | 5 | 11 | 2 | 1 | 9 | 14 | 24 | 11 | 1.9 | 1.8 |
| Crecimiento fruto | 4 | 15 | 1 | 2 | 8 | 18 | 19 | 16 | 1.6 | 2.5 |
| Madurez | 8 | 11 | 2 | 2 | 14 | 14 | 30 | 11 | 3.5 | 2.2 |
| Caída hojas | 18 | 4 | 4 | 1 | 15 | 3 | 34 | 5 | 5.5 | 0.5 |

Nitrógeno. En la figura 27 se observa que tanto el tronco como la raíz son los órganos que aportan la mayor parte del nitrógeno requerido para el desarrollo de los nuevos tejidos el nitrógeno contenido en la raíz disminuye rápidamente desde niveles de 12 a 4 kg N/ha en la etapa de crecimiento de fruto, posterior a esta etapa y principalmente en postcosecha esta situación se invierte, produciéndose una acumulación de 18 kg N/ha a fines de caída de hojas, cuadro 19. La cosecha y caída de hojas equivalen a una extracción de 7 kg N/ha, para un nivel de rendimiento de 2500 kg/ha.

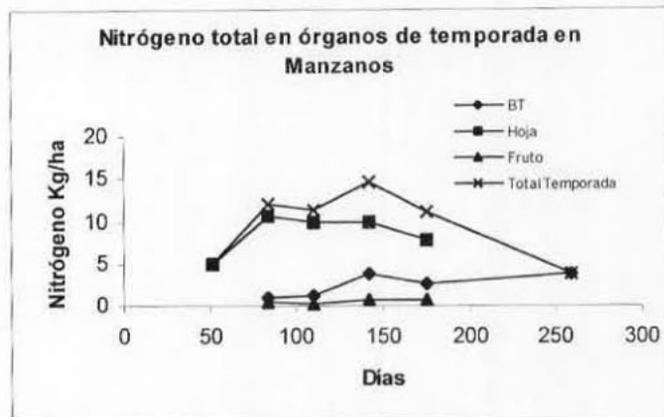
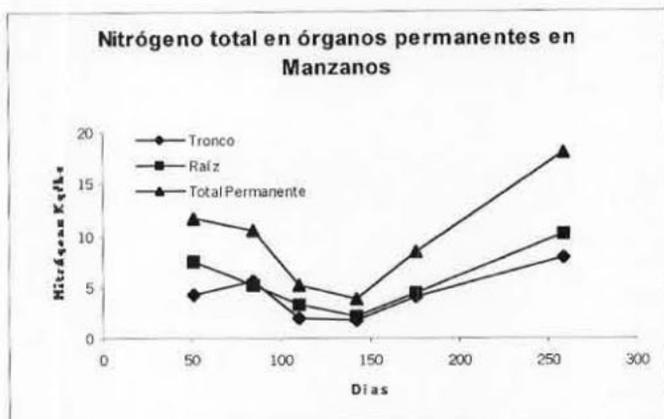


Figura 27 Contenido de Nitrógeno (Kg/ha) en órganos permanentes y de temporada en manzanos.

Fósforo. La movilización del fósforo desde la raíz y el tronco es estable durante las primeras etapas de crecimiento cuadro 28, se acelera en el estado de crecimiento de fruto (día 150) y equivale a un requerimiento de 1 kg P/ha para los nuevos tejidos, posterior a la cosecha la acumulación es fuerte en los órganos permanentes llegando a acumular 4 kg P/ha hacia fines de la estación cuadro 19.

La cosecha y caída de hojas equivalen a una extracción de 1 kg P/ha, para un nivel de rendimiento de 2500 kg/ha.

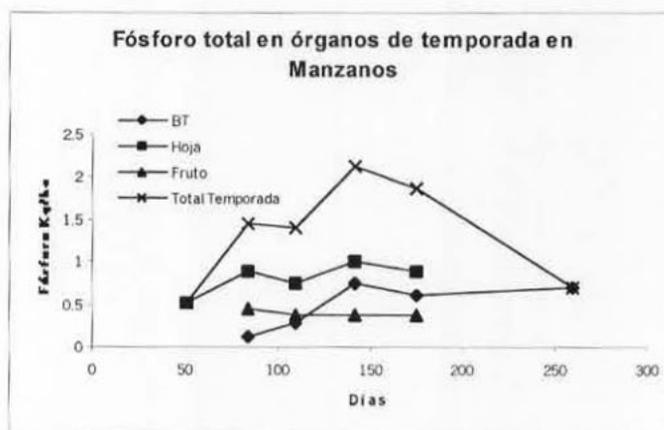
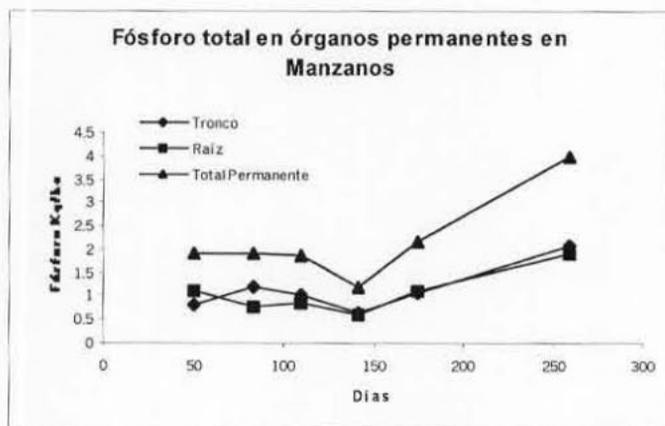


Figura 28 Contenido de Fósforo (kg/ha) en órganos permanentes y de temporada en vid.

Potasio. El movimiento del K desde de los órganos permanentes es alto desde inicios de la temporada, pero no significó un aporte exclusivo de los tejidos de reserva como la raíz, por lo que se supone que el aporte del suelo y su absorción fue alto en esta fase que se extiende hasta la etapa de crecimiento de fruto (día 150), en esta fase hay una disminución de la movilización por un período corto, al final de la estación la absorción neta fue de 14 kg K/ha figura 29.

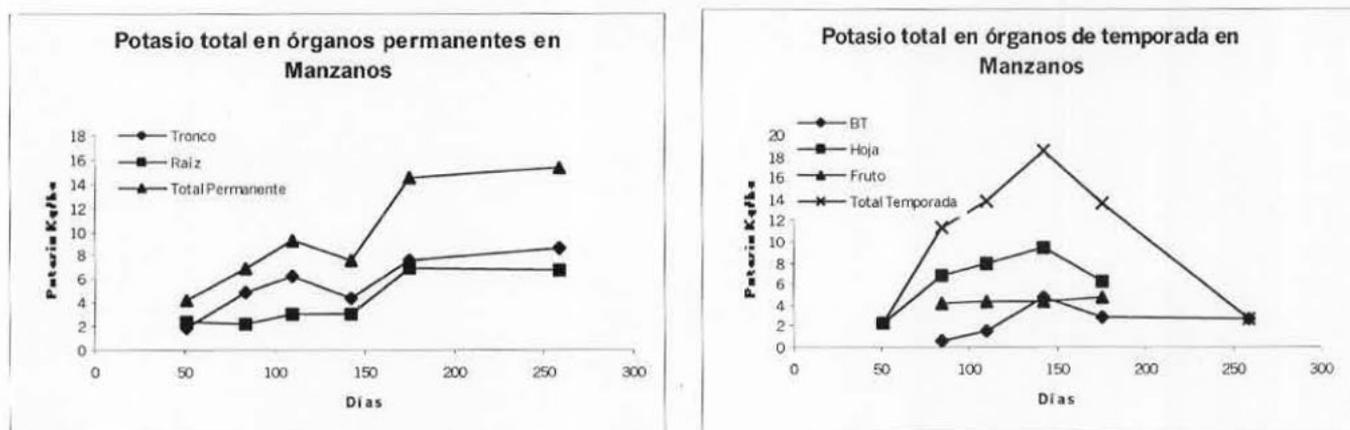


Figura 29 Contenido de Potasio en órganos permanentes y de temporada en manzanos.

Calcio. La planta de manzanos requiere grandes cantidades de calcio durante la temporada, en especial los órganos permanentes como la raíz y el tronco figura 30. Considerando la planta completa el requerimiento alcanza a los 41 kg Ca/ha en madurez, y para un nivel de producción de 3000 kg/ha considerando que el estudio fue en la temporada 2002. Como se ve en la gráfica la presencia de frutos provoca una disminución de la acumulación tanto de este como de otros nutrientes, lo que ratifica que una buena medida de manejo del huerto en crecimiento es eliminar la fruta en la segunda temporada para privilegiar el crecimiento vegetativo. La cosecha y caída de hojas equivalen a 6 kg Ca/ha de extracción desde los órganos de temporada.

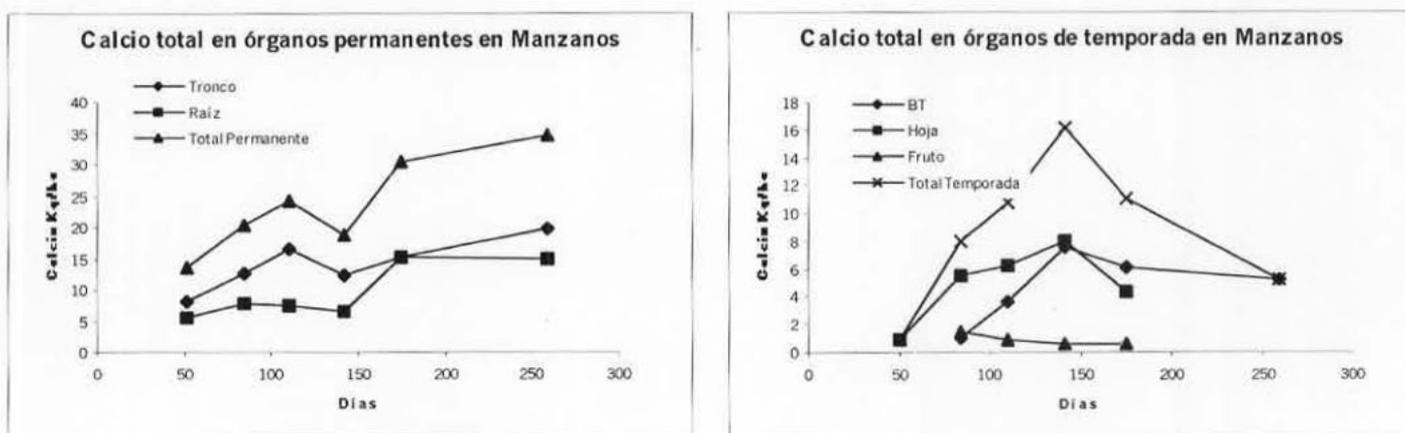


Figura 30 Contenido de Calcio en órganos permanentes y de temporada en vid.

Magnesio. El comportamiento del Mg, figura 31, es similar al descrito para el nutriente anterior, por ser una planta nueva la acumulación es muy rápida privilegiando el crecimiento vegetativo y la formación de nuevas estructuras, la cantidad total acumulada en los órganos permanentes alcanza a 5.5 Kg Mg/ha, cuatro veces mas de Mg que al inicio de la estación. En tanto los órganos de temporada en madurez un total de 2.2 kg Mg/ha, de los

cuales el 77% se extraerá del sistema como fruta y caída de hojas. Dentro de estos tejidos las hojas son los órganos de mayor demanda por Mg alcanzando en la madurez a 1.5 kg Mg/ha.

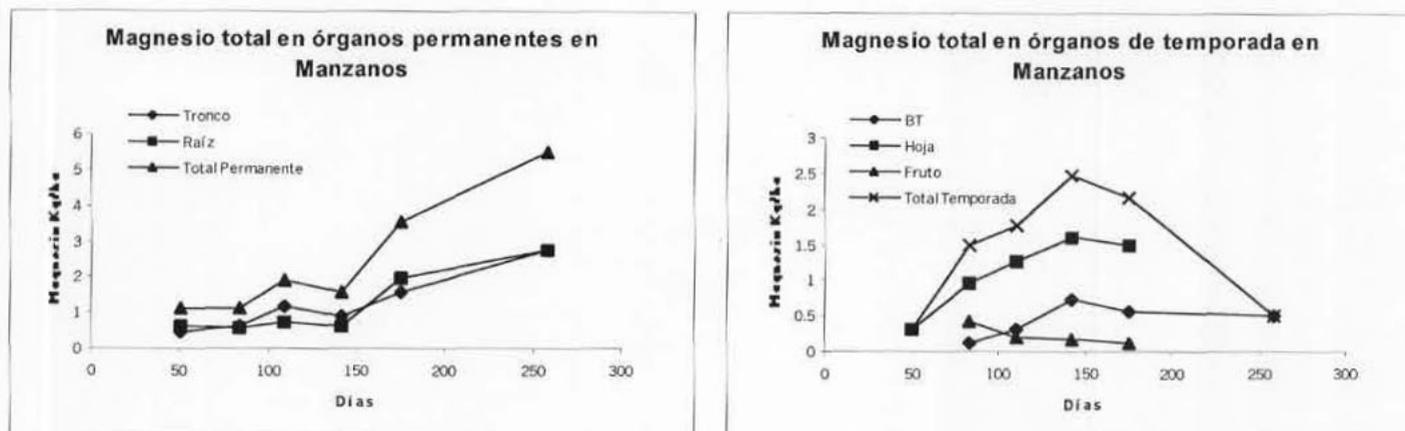


Figura 31 Contenido de Magnesio (Kg/ha) en órganos de temporada y permanentes en vid.

5.6.3. ARANDANOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, en Chillán, Chile (latitud 36° 34', longitud 72° 06', altitud 144 m.s.n.m.), durante la temporada 2001-2002. El ensayo se estableció en septiembre de 2000 con arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L) cultivar Duke, en un suelo de la serie Arrayán (Typic Melanoxerands), de textura franco arcillosa con 41% arena, 30% limo y 29% arcilla. El marco de plantación fue de 1 metro sobre hilera y 3 metros entre hileras. El sistema de riego empleado fue riego por goteo con un emisor por planta y un caudal de 4 lt / hora.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. La unidad experimental la conformaron 10 plantas con 30 m² de superficie. Los tratamientos consistieron en distintas formas de aplicación de nitrógeno, más un testigo sin fertilización nitrogenada. Como fuente de nitrógeno se empleó sulfato de amonio marcado con un 5% de e.a. ¹⁵N.

El manejo del huerto en cuanto a fertilización, riego y diseño experimental esta descrito anteriormente, para esta experiencia se seleccionaron plantas de cada tratamiento y fueron extraídas en una oportunidad en la temporada para determinar su contenido de nutrientes.

Evaluaciones

El tejido vegetal obtenido de cada muestreo se seco en horno a 65 °C hasta peso constante, se registró la materia seca y posteriormente se realizaron determinaciones analíticas N, P, K, Ca, Mg de acuerdo a la metodología de la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA, 1998). Para el análisis químico de los tejidos vegetales se empleó la técnica de digestión vía húmeda. El N fue determinado por el método microkjeldahl, el P por el

método de colorimetría, el K por espectrofotometría de emisión y Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica.

Discusión y análisis de resultados

La acumulación de materia seca de las la temporadas 2002 y 2003 fueron diferentes significativamente los tratamientos que recibieron fertirriego con respecto a los tratamientos tradicional y testigo (figura 32). En esta última temporada la diferencia llegó a ser superior en 4085 y 2600 kg MS/ha de los tratamientos permanente y parcializado con respecto al testigo. Entre tratamiento tradicional y testigo no se encontraron diferencias significativas. El nivel de producción para esta última temporada fue de 5157, 5571, 4266 y 4118 kg Fruta/ha para los tratamientos permanente, parcializado, tradicional y testigo, respectivamente. Estos rendimientos son excepcionalmente altos, ya que a las plantas se le efectuó la primera cosecha a poco más de 1 año (14 meses) de establecidas, si los comparamos con los datos entregados por la literatura que cita rendimientos de 800 kg ha⁻¹ para el 2° año de establecimiento. Esta anticipación en la entrada en producción comercial se explica por el mayor incremento de MS de las plantas en las temporadas iniciales, formándose plantas mas desarrolladas y con mayor capacidad de reservas para la producción de fruta.

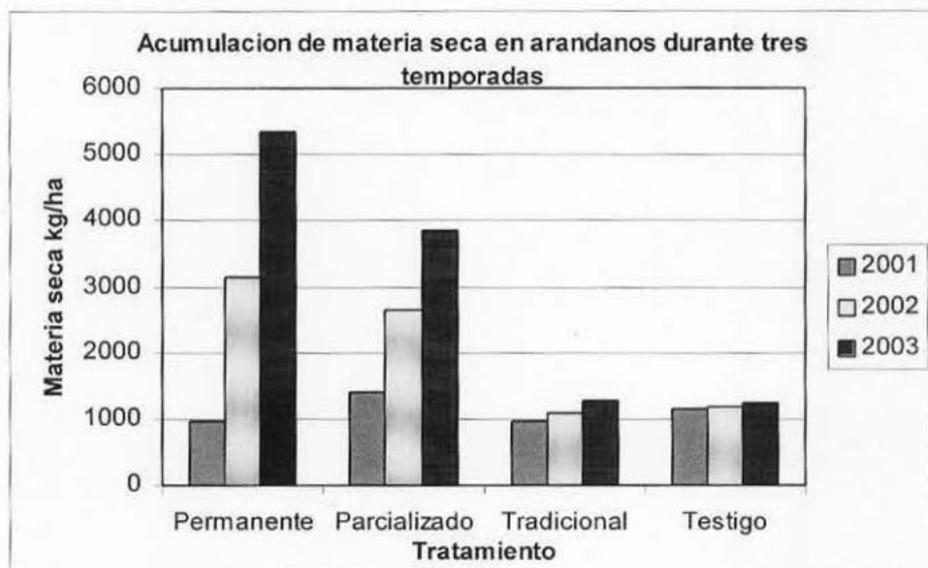


Figura 32. Acumulación de Materia Seca en arándanos para tres temporadas de crecimiento.

Nitrógeno: El contenido de nitrógeno fue 3 veces mayor en los tratamientos con fertirriego con respecto al tradicional y testigo (figura. 33). Los niveles acumulados en los tratamientos permanente y parcializado fueron de 27.1 y 22.9 kg/ha respectivamente de los cuales el 70 % contenido en las estructuras permanentes de la planta como la raíz y especialmente la corona. En tanto en los restantes tratamientos de aplicación tradicional al suelo y testigo la acumulación no supero los 9.5 kg/ha y también el 70% contenido en tejidos de reserva.

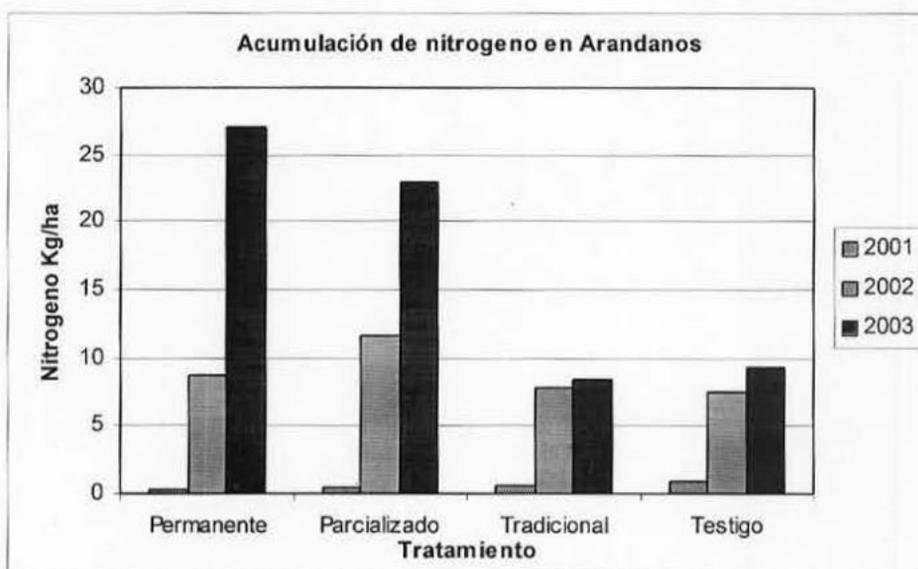


Figura 33. Acumulación de nitrógeno en arándanos durante tres temporadas.

Fosforo: Una tendencia similar a la del nitrógeno ocurrió con la acumulación de fósforo en la tercera temporada de mediciones (figura 34), aunque hubo una mayor diferencia entre los tratamientos permanente y parcializado. Las cantidades acumuladas fueron de 5.6, 3.3, 2.0, y 1.1 kg P/ha para los tratamientos permanente, parcializado, tradicional y testigo, respectivamente. El 80 % estaba presente en las estructuras permanentes.

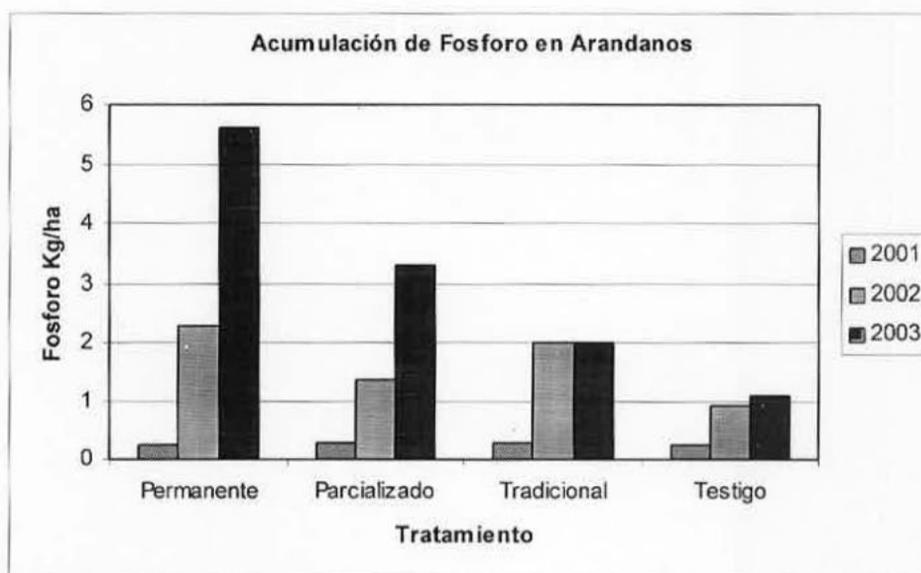


Figura 34. Acumulación de fósforo en arándanos para tres temporadas de crecimiento.

Potasio: La acumulación de potasio en la temporada 2003 fue de 10.3, 7.6, 3.0 y 3.5 para los tratamientos permanente, parcializado, tradicional y testigo, respectivamente (figura 35). Estas cantidades se distribuyeron en 50% tanto para los tejidos permanentes como de temporada por la razón de que el potasio no es un nutriente de reserva. Las diferencias de acumulación entre tratamientos se evidenciaron en la tercera temporada de aplicación (2003), aunque diferencias en el rendimiento se registraron en la temporada 2002, demostrando la rápida respuesta de este frutal a la aplicación de fertilizante, producto de su sistema radicular superficial y por tratarse de un huerto joven.

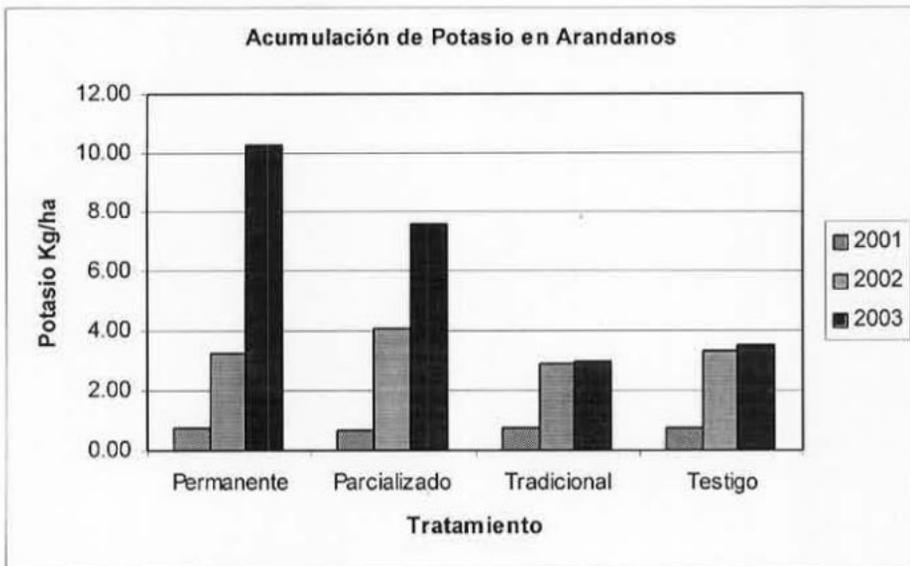


Figura. 35. Acumulación de potasio en arándanos para tres temporadas de crecimiento.

6. FICHAS TECNICAS Y ANALISIS ECONOMICO

Ensayo en Uva Vinífera

Ficha técnica

Viña Concha y Toro
carmenere

| Mes Ejecución | Labores e Insumos | Unidad | Unidades /hectárea | Precio Unitario | Costo/hectárea (Pesos) |
|---------------|-------------------------|-------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| | Mano de Obra | | | | |
| Junio | Poda | JH | 20 | 4.000 | 80.000 |
| Mar - Abr | Cosecha | JH | 30 | 4.000 | 120.000 |
| Ene - Dic | Labores complementarias | JH | 18 | 4.000 | 72.000 |
| | Subtotal | | | | 272.000 |
| | Maquinaria | | | | |
| Jul - Feb | Ap. Pesticidas | Arriendo/ha | 5 | 12.000 | 60.000 |
| Ago - Oct | Fertilización | Arriendo/ha | 2,00 | 8.000 | 16.000 |
| Mar - Abr | Cosecha | Arriendo/ha | 10 | 8.000 | 80.000 |
| | Subtotal | | | | 156.000 |
| | Insumos | | | | |
| | - Azufre | kilo | 100,00 | 125 | 12.500 |
| | - Azufre mojable | kilo | 4 | 550 | 2.200 |
| | - Suprathion 20% WP | kilo | 5 | 6870 | 34.350 |

| | | | | | |
|---------------------------------|--|--------|--------|-----------|----------------|
| | - Gramoxone | kilo | 5,00 | 2500 | 12.500 |
| | Nustar | litros | 0,18 | 45.000,00 | 8.100 |
| Subtotal | | | | | 69.650 |
| | <i>Asociados a Fertirrigación:</i> | | | | |
| | Mano de Obra | JH | 0,25 | 4.000,00 | 1.000 |
| | Urea | kilo | 72,00 | 122,00 | 8.784 |
| | Nitrato de Calcio | kilo | 238,50 | 260,00 | 62.010 |
| | Fosfato mono-amónico soluble | kilo | 193,50 | 450,00 | 87.075 |
| | Sulfato de Potasio | kilo | 103,50 | 250,00 | 25.875 |
| | Solubor | kilo | 31,50 | 3.000,00 | 94.500 |
| Subtotal | | | | | 279.244 |
| | <i>Asociados a Fertilización Tradicional</i> | | | | |
| | Mano de Obra | JH | 6,00 | 4.000,00 | 24.000 |
| | Urea | kilo | 72,00 | 122,00 | 8.784 |
| | Fosfato mono-amónico | kilo | 200,00 | 157,29 | 31.458 |
| | Sulfato de Potasio | kilo | 105,00 | 250,00 | 26.250 |
| | Nitrato de Calcio | kilo | 240,00 | 260,00 | 62.400 |
| | Borax | kilo | 6,00 | 4.000,00 | 24.000 |
| Subtotal | | | | | 176.892 |
| Total con Fertirrigación | | | | | 760.894 |
| Total Tradicional | | | | | 674.542 |
| Sin Fertilización | | | | | 481.650 |

| Ensayo en Manzano | Ficha técnica | Unifrutti | Royal Gala | | |
|-------------------|--|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| Mes Ejecución | Labores e Insumos | Unidad | Unidades /ha | Precio Unitario | Costo /ha (\$) |
| | Mano de Obra | | | | |
| Junio –julio | Poda | JH | 20 | 4.000 | 80.000 |
| Noviembre | Raleo | JH | 15 | 4.000 | 60.000 |
| Marzo | Cosecha | JH | 30 | 4.000 | 120.000 |
| Septiembre –abril | Riego | JH | 10 | 4.000 | 40.000 |
| Enero- diciembre | Labores complementarias | JH | 15 | 4.000 | 60.000 |
| Sub Total | | | | | 360.000 |
| | Maquinaria | | | | |
| Junio –febrero | Aplicación Pesticidas | Arriendo /ha | 10 | 13.000 | 130.000 |
| Agosto –octubre | Fertilización | Arriendo /ha | 2 | 8.000 | 16.000 |
| Marzo | Cosecha | Arriendo /ha | 20 | 8.000 | 160.000 |
| Subtotal | | | | | 306.000 |
| | Insumos | | | | |
| | - Aceite Citroliv | litro | 30,00 | 700 | 21.000 |
| | - Folimat 1000 SL | litro | 1,50 | 26.500 | 39.750 |
| | - Gusathion M 35 WP | kilo | 2,00 | 5.720 | 11.440 |
| | - Supracid 40 WP | kilo | 2,00 | 14.000 | 28.000 |
| | - Omite 30 WP | kilo | 3,50 | 8.200 | 28.700 |
| | - Bayleton 25% WP | kilo | 0,50 | 26.840 | 13.420 |
| | - Simazina 500 F | litro | 2,00 | 1.900 | 3.800 |
| | - Gramoxone Super | litro | 1,50 | 3.610 | 5.415 |
| Subtotal | | | | | 151.525 |
| | <i>Asociados a Fertirrigación:</i> | | | | |
| | Urea | kilo | 120,00 | 122,00 | 14.640 |
| | Calmag | kilo | 210,00 | 41,25 | 8.663 |
| | Fosfato mono-amónico soluble | kilo | 195,00 | 449,00 | 87.555 |
| | Sulfato de Potasio | kilo | 210,00 | 250,00 | 52.500 |
| | Sulfato de zinc | kilo | 4,50 | 378,00 | 1.701 |
| | Borax | kilo | 6,00 | 4.000,00 | 24.000 |
| Subtotal | | | | | 189.059 |
| | <i>Asociados a Fertilización Tradicional</i> | | | | |
| | Urea | kilo | 120,00 | 122,00 | 14.640 |
| | Fosfato mono-amónico | kilo | 195,00 | 157,29 | 30.672 |
| | Sulfato de Potasio | kilo | 210,00 | 250,00 | 52.500 |
| | Ácido bórico | kilo | 3,50 | 760,00 | 2.660 |
| | Sulfato de cinc | kilo | 4,50 | 378,00 | 1.701 |

Ensayo en Arándano

Flujo de Arándanos Tradicional

| Costos Directos | 2002 | 2003 |
|-----------------------------|----------------|------------------|
| Mano de Obra agrícola | 289.440 | 289.440 |
| Mano de Obra cosecha | 96.444 | 482.220 |
| Uso tractor e implemento | 36.036 | 63.063 |
| Fertilizantes y pesticidas | 137.520 | 206.280 |
| Otros | 84.240 | 126.360 |
| Costo de embalaje en huerto | 54.000 | 270.000 |
| Total | 697.680 | 1.437.363 |

Flujo de Arándanos con Fertirrigación

| Costos Directos | 2002 | 2003 |
|-----------------------------|----------------|------------------|
| Mano de Obra agrícola | 289.440 | 289.440 |
| Mano de Obra cosecha | 96.444 | 482.220 |
| Uso tractor e implemento | 36.036 | 63.063 |
| Fertilizantes y pesticidas | 187.321 | 234.145 |
| Otros | 84.240 | 126.360 |
| Costo de embalaje en huerto | 54.000 | 270.000 |
| Total | 747.481 | 1.465.228 |

Margenes brutos para las diferentes especies

Márgenes Brutos (\$/ha) Var. Royal Gala (Linares)

| Tratamiento | 2002 | 2003 | 2004 |
|--------------------|----------|---------|-----------|
| Tratamiento 1 | -735.304 | 26.217 | 2.028.080 |
| Tratamiento 2 | -773.624 | -46.584 | 1.872.960 |
| Tratamiento 3 | -696.018 | -52.498 | 1.266.720 |
| Tratamiento 4 | -604.485 | 14.475 | 908.480 |

Márgenes Brutos (\$/ha) Viña Var. Carmenere

| Tratamiento | 2001 | 2002 | 2003 |
|--------------------|-----------|---------|---------|
| Tratamiento 1 | 1.095.840 | 81.026 | 528.146 |
| Tratamiento 2 | 947.880 | 232.826 | 464.306 |
| Tratamiento 3 | 1.061.880 | 160.178 | 521.978 |
| Tratamiento 4 | 1.293.240 | 304.110 | 493.470 |

| Margen Bruto (\$/ha) | Arándanos var. Duke | |
|----------------------|---------------------|------------|
| | 2002 | 2003 |
| Tratamiento 1 | 407.972 | 9.280.472 |
| Tratamiento 2 | 563.372 | 10.233.872 |
| Tratamiento 3 | 570.237 | 7.521.237 |
| Tratamiento 4 | -361.263 | 7.507.437 |

Para el análisis económico se utilizó como fuente de información secundaria la contenida en centros de información especializada (tesis de grado, revista de especialidad, series de precios al por mayor, estadísticas agropecuarias y estadística de importación y exportación).

Las fuentes de información primaria corresponden a la entregada por los administradores y técnicos que trabajan en los huertos.

Los márgenes brutos fueron determinados como el valor bruto de la producción menos los costos directos, ambos a precios de mercado. Para el análisis se trabajó con fichas técnico-económicas estándares para cada frutal, las cuales se ajustaron a los datos reales de cada huerto según labor, jornadas, costo de insumos, producción, etc.

Los ingresos se determinaron con base en los niveles productivos y los precios de mercado de la fruta. Así en el caso de las manzanas se estimó un precio de venta de \$80 por kilo, en uva \$120 por kilo y en arándano un retorno promedio de US\$ 4 dólares por kilo. La determinación de dichos precios se hizo con base al promedio de estos durante las últimas 5 temporadas.

7. PROBLEMAS ENFRENTADOS

No se tuvieron problemas legales, administrativos ni de gestión. Lo referido a problemas técnicos se especifica en el punto 3 del presente informe.

Incremento de Rendimiento y Calidad de la Producción de Frutales y Viñedos Mediante Fertirrigación

| | | Informe 1 | Informe 2 | Informe 3 | Informe 4 | Informe 5 | Inf-FINAL | TOTAL | | |
|-------------------|----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---|
| I T E M | | Gasto | Gasto | Gasto | Gasto | Gasto | Gastos | Gastos | Bienes | |
| 1 | Recursos Humanos | 2,956,320 | 5,710,960 | 7,499,544 | 4,968,704 | 8,058,854 | 8,109,931 | 37,304,313 | | |
| 1.1 | Agrónomo | | | | | | | | | |
| 1.2 | Técnico Agrícola | | | | | | | | | |
| 1.3 | Secretaria | | | | | | | | | |
| 2 | Movilización | 978,114 | 1,127,234 | 1,644,989 | 2,491,936 | 3,218,214 | 2,636,888 | 12,097,375 | | |
| 2.1 | Movilización | | | | | | | | | |
| 2.2 | Peajes | | | | | | | | | |
| 2.3 | Viáticos Nacionales | | | | | | | | | |
| 2.4 | Combustibles y Lubricantes | | | | | | | | | |
| 3 | Servicios de Terceros | - | 5,121,000 | - | 2,183,211 | - | 6,226,589 | 13,530,800 | | |
| 4 | Equipamiento | 3,912,247 | - | 99,289 | 1,750,311 | - | - | 5,761,847 | | |
| 5 | Insumos | 736,600 | 1,088,607 | 574,973 | 2,476,652 | 2,136,321 | 1,122,789 | 8,135,942 | | |
| 6 | Difusión | - | - | - | - | 153,400 | - | 153,400 | | |
| 7 | Infraestructura | - | - | - | - | - | - | - | | |
| 8 | Gastos Generales | 103,767 | 375,570 | 537,634 | 431,932 | 1,215,239 | 121,304 | 2,785,446 | | |
| 9 | Imprevistos | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | | | | | | |
| TOTALES \$ | | 8,687,048 | 13,423,371 | 10,356,429 | 14,302,746 | 14,782,028 | 18,217,501 | 79,769,123 | 13392032 | TOTAL GENERAL 93,161,155 |

9. DIFUSION DE RESULTADOS

| ACTIVIDAD | COMENTARIO |
|--|---|
| Artículo revista | Revista VENDIMIA, año 5, N°31, Mayo-Junio 2003. "Software para diseñar programas de fertirrigación de viñedos". Autor: I. Vidal |
| Artículo pagina WEB de Agencia Internacional Energía Atómica.- | Artículo en página WEB de la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), Viena, Austria. 17-4-2003. Chile's Blueberries Bloom http://www.iaea.org/worldatom/Press/News/2003/04/17-383385.html |
| Manual | Manual de Usuario OPTIFER ®. 1.0 FIA, Universidad de Concepción. 48 p. |
| Capitulo de Libro | Vidal, Iván. 2001. Fertilizantes solúveis e fertirrigação em algumas fruteiras do Chile. Pag. 163-200. En Fertirrigação Flores, Frutas e Hortaliças. Librería e Editora Agropecuaria Ltda. M.V.Folegatti, editor. 331 p. |
| Charla | Vidal, I. Manejo de nutrientes por fertirriego en frutales de nuez. Curso Frutales de Nuez, INDAP-Talca. 7 Noviembre 2002. 40 asistente |
| Charla | Vidal, I. Charla Técnica "Uso del Software OPTIFER®". Centro Español, Los Angeles, 24 de julio 2003. Evento organizado por ANASAC S.A. 50 asistentes |
| Charla | I. Vidal. Participación como charlista en el Seminario de actualización "Producción Moderna de Arándanos" 16 de octubre 2003, Osorno. INIA y Colegio de Ing. Agrónomos de Nuble. Charla "Fertirriego de arándanos". 95 participantes. |
| Charla: | Iván Vidal, Universidad de Zaragoza, España. 17 septiembre 2002. Invitación a impartir conferencia "Fertirrigación de viñedos" dirigida a técnicos de las bodegas del Altoaragón y profesorado de Departamento de Agricultura. |
| Conferencia | Vidal, I. 2002. Manejo de nutrientes por fertirriego en arándanos. Curso Internacional de Arándanos. 24 octubre 2002. Termas de Chillán, Universidad de Concepción. 100 asistentes |
| Conferencia | Vidal, I. "Fertirriego de arándanos". En Seminario "Proyecciones y perspectivas de la producción de arándanos en Chile". Colegio de Ingenieros Agrónomos de Ñuble y Universidad de Concepción, Chillán, 5 de Junio 2003. 250 asistentes. |

| | |
|----------------------|---|
| Conferencia | Vidal, I. "Fertirriego en berries". Conferencista invitado al II Seminario Internacional de Fertirriego. Hotel Hyatt, Santiago 5-6 y 7 Agosto 2003. Evento organizado por Soquimich Comercial S.A. 350 asistentes. |
| Conferencia | Invitación del comité Organizador del I Congresso Brasileiro de Fertirrigação, Joao Pessoa, Piracicaba 10-14 noviembre 2003, para dictar la Palestra "Fertirrigación en Chile, America Latina y el Mundo". |
| Curso | Minicurso de 12 hrs referidos al tema: Cálculos de Soluções e Manejo da Fertirrigação em Condições de Campo e em Ambiente Protegido. Profesor: I. Vidal. Centro de Ciencias Agrarias de la Universidad de Paraíba y EMBRAPA, Joao Pessoa-PB, Brasil. 13-14 noviembre 2003 |
| Curso | Dictado a personal Técnico de INDAP VII Región: "Fertirrigación en cultivos y frutales". 18 diciembre 2002. Participó todo el equipo técnico del proyecto. N° asistentes: 40 |
| Curso | I. Vidal. Docente invitado en la temática de fertigación de cultivos y frutales. Participación en dos cursos de verano organizado por la U. de Zaragoza, España. |
| Curso Postgrado | Participación en Curso de Postgrado en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 17-26 marzo 2003. Temas tratados por I. Vidal: Principios de fertirrigación. Acidificación y encalado de suelos. |
| Curso | Universidad Autónoma de Chiapas, México. Curso "Fertirriego de cultivos y Frutales", 12 hrs dictado a 93 asistentes (Ing. Agrónomos, docentes, alumnos universitarios). Profesor Invitado: Iván Vidal |
| Curso | I. Vidal, Invitado por la Universidad de Lleida, España a participar en curso Tecnologías de Suelo, donde se revisarán tópicos de fertirrigación. 8 a 19 marzo 2004. |
| Día de Campo | "Fertirriego en Viñedos". Viña Concha y Toro, Penciahue. Septiembre 2002. Asistentes 25 personas (técnicos, productores, agrónomos). |
| Giras | En total han visitado los sitios más de 350 estudiantes de la Universidad de Concepción. 12.- Giras de estudiantes de pre y postgrado de Agronomía a los diferentes sitios de ensayos. |
| Ponencia en Congreso | Sanchez, H. E I. Vidal. 2003. Eficiencia de uso de N por fertirriego en frambuesa empleando la tecnica de 15N. Jornadas Agronómicas. Universidad de Magallanes |

| | |
|---|--|
| | Octubre 2003. |
| Ponencia en Congreso | Vidal, I. 2002. Optifer®: Software para el diseño de programas de fertirriego en cultivos y frutales. pp.141-144. IX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Universidad de Talca 4-6 Noviembre 2002 |
| Seminario | Vidal, I.; H. Riquelme, G. Klee. 2003. Organización Seminario “Proyecciones y perspectivas de la producción de arándanos en Chile”. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Ñuble y Universidad de Concepción, Chillán, 5 de Junio 2003.250 asistentes. |
| Seminario: | Organización del Seminario Internacional de Fertirrigación de Pomáceas. 22 noviembre 2002. Universidad de Concepción, Campus Chillán. 60 asistentes. |
| Taller Capacitación | Vidal, I. 2003. Fertirrigación de Frutales. Taller de fertirriego en frutales. Peumo 28 de noviembre 2003. 50 asistentes |
| Simposio: II Workshop Internacional de Fertirrigação. | Universidad de Sao Paulo, Piracicaba, Brasil. 3-5 oct 2001. Panelista Invitado: Iván Vidal |
| Tesis | Humberto Serri. “Eficiencia de uso de N por fertirriego en arándano empleando la técnica isotópica”. Programa de Magíster en Ciencias, mención Producción vegetal. Universidad de Concepción.2003. pag. 51. |
| Tesis | Héctor Troncoso. “Absorción de nutrientes en vid cv. Carmenère bajo fertirrigación”. Programa de Magíster en Ciencias, mención Suelos y Nutrición Vegetal. Universidad de Concepción. En ejecución |
| Tesis | Carolina Retamal. “Aplicación de nutrientes via fertirriego versus convencional en manzanos”.Facultad de Agronomía, Tesis conducente al título de Ing. Agrónomo, Universidad de Concepción. En ejecución. |
| Tesis | Edgar Agurto. “Efecto de fuentes nitrogenadas amoniacales y nítricas aplicadas por fertirriego en manzanos”, Facultad de Agronomía, Tesis conducente al título de Ing. Agrónomo, Universidad de Concepción. En ejecución. |
| Tesis | Denisse Romero. “Incidencia del fertirriego en un viñedo Cabernet Sauvignon sobre la calidad del vino”. Facultad de Agronomía, Tesis conducente al título de Ing. Agrónomo, Universidad de Concepción. En ejecución. |
| Tesis | Fernando Catalán. “Fertirrigación en vitis vinifera”. Facultad de Agronomía, Tesis conducente al título de Ing. Agrónomo, Universidad de Concepción. En ejecución. |
| Tesis | Filadelfo Olmos. “Respuesta a nitrógeno en arándanos |

| | |
|--|--|
| | aplicado por fertirriego”. Programa de Magíster en Ciencias, mención Suelos. Universidad de Concepción. En ejecución |
|--|--|

10. IMPACTOS DEL PROYECTO

En diferentes partes del mundo se ha demostrado la eficacia de la fertirrigación para maximizar el rendimiento y calidad de los cultivos intensivos, preservar el medio ambiente, siendo además económicamente favorable. En Chile, con una superficie importante de rubros de exportación bajo riego localizado, se hace cada vez más relevante introducir masivamente esta técnica. Cuando se dispone de riego localizado, la fertirrigación no es una alternativa, sino que se transforma en una necesidad. No obstante, la investigación realizada en Chile es escasa. Hay muy pocos estudios controlados sobre manejo de nutrientes y cultivos con esta metodología. Muchos de los efectos de la fertirrigación en frutales se ven a largo plazo y hay carencia de estudios de esta naturaleza.

Como impactos económicos-sociales logrados se pueden mencionar una transferencia directa y participativa de la tecnología a los productores, ahorro en insumos fertilizantes por una mejor eficiencia, incremento de calidad de los productos a través de una mejor conservación del agua y óptimo balance nutricional, lo que se traduce en una mayor rentabilidad de la explotación agrícola.

El impacto científico/tecnológico proviene de un mejor conocimiento por parte del equipo humano participante de la técnica de fertirrigación, demanda de nutrientes de los frutales y monitoreo. Ello permitió organizar cursos de capacitación, participar en eventos científicos, generar publicaciones científicas, transferencia directa y participativa a los productores y generar información científica y tecnológica para uso docente y formación de recursos humanos.

Los impactos institucionales derivados se relacionan con el fortalecimiento de un equipo de investigadores y profesionales que se desenvuelven en áreas específicas de la temática del proyecto. El proyecto ha permitido generar conocimiento y respuestas tecnológicas transferibles a los productores y profesionales. Se fortaleció la interacción con el sector productivo y con grupos de investigadores de otras instituciones nacionales e internacionales. Se aumentaron los lazos de cooperación científica con instituciones como U. de Sao Paulo (Brasil), U. de Paraíba (Brasil), U. de Chiapas (México), U. de Zaragoza (España), U. de Lleida (España), U. San Antonio Abad (Perú), U. de Salamanca (España), U. de Costa Rica (Costa Rica).

Los impactos ambientales producidos y asociados a la adopción de la tecnología son un aumento de la eficiencia de uso de fertilizantes y agua, que se traduce en un uso más racional de estos recursos y menor daño ambiental.

El proyecto ha cubierto un vacío importante en el conocimiento de la nueva tecnología de fertirrigación para su aplicación correcta en arándanos, manzanos y vides viníferas. La importancia económica de esta técnica es notoria si tenemos en cuenta que actualmente en Chile existen más de 100.000 has de riego presurizado donde es posible fertirrigar. Se estima que en menos de 15 % de esta superficie se hace actualmente fertirrigación, por lo que existe un amplio campo para introducir esta técnica.

El proyecto ha generado valiosos datos para técnicos y productores. Se dispone de información desde los conceptos básicos de la fertirrigación, pasando por tópicos como fabricación de soluciones fertilizantes, respuesta de los cultivos, diagnóstico de suelos y aguas, monitoreo, recomendación de fertilización y diseño de programas de fertirriego para un considerable número de cultivos por medio de un software diseñado dentro del marco del proyecto.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos a partir del presente proyecto se traducen en el desarrollo de prácticas de manejo de agua y fertilizantes que permiten optimizar los rendimientos, la calidad de los productos, incrementar la eficiencia del uso de fertilizantes y evitar los problemas de contaminación de las aguas de drenaje. Con el desarrollo del software OPTIFER® se pretende disponer de una herramienta de apoyo para agrónomos, técnicos y productores en el diseño de programas de fertirrigación, considerando cantidad y tipo de fertilizante, compatibilidad, preparación de soluciones “madres” y su tasa de inyección al sistema de riego. El software permite calcular las dosis de nutrientes N, P, K, Ca y Mg de un determinado cultivo basado en información disponible de análisis de suelo, análisis de agua de riego, las características del sistema de inyección y de riego y de los requerimientos de nutrientes específicos del cultivo para cada etapa fenológica del cultivo.

Se ha comprobado que la aplicación más importante del riego localizado se centra en su utilización como vehículo del denominado proceso de fertirrigación. Se trata de una dosificación racional de fertilizantes mediante su utilización, día a día, exactamente a la medida de un cultivo, un suelo y un agua de riego determinados.

El proyecto ha cubierto un vacío importante en el conocimiento de la nueva tecnología de fertirrigación para su aplicación correcta en arándanos, manzanos y vides viníferas. La importancia económica de esta técnica es notoria si tenemos en cuenta que actualmente en Chile existen más de 100.000 has de riego presurizado donde es posible fertirrigar. Se estima que en menos de 15 % de esta superficie se hace actualmente fertirrigación, por lo que existe un amplio campo para introducir esta técnica. Desde el punto de vista medioambiental, las características del proceso permiten evitar problemas de contaminación por el fraccionamiento en la dosificación de fertilizantes.

El proyecto ha generado valiosos datos para técnicos y productores para poder realizar el proceso completo de fertirrigación. Se dispone de información desde los conceptos básicos

de la fertirrigación, pasando por tópicos como fabricación de soluciones fertilizantes, respuesta de los cultivos, diagnóstico de suelos y aguas, monitoreo, recomendación de fertilización y diseño de programas de fertirriego para un considerable número de cultivos por medio de un software diseñado dentro del marco del proyecto.

No obstante, lo señalado precedentemente, cuando se trabaja con especies permanentes los efectos de la nutrición se manifiestan en forma más acentuada en un mayor plazo que lo considerado en el presente proyecto. Esto es especialmente notorio cuando se comienza la experimentación con especies recién plantadas, como fue el caso del huerto de arándanos (sitio UdeC) y manzanos (sitio Unifrutti).

El análisis económico de los ensayos realizados deja de manifiesto que el mayor retorno se obtienen con la técnica de fertirrigación permanente. Sin embargo, las condiciones en que se encuentran los huertos, hacen difícil proyectar su real impacto futuro, por lo que sería recomendable continuar con el seguimiento y desarrollo de este proyecto con el propósito de evaluar correctamente las hipótesis generadas y determinar el impacto real de la introducción de esta técnica.

Cabe destacar el alcance del este proyecto desde el punto de vista de formación de recursos humanos en investigación y asistencia técnica, puesto que se encuentran involucrados en los trabajos experimentales 3 alumnos de candidatos al grado de Magister en Ciencias y 3 alumnos candidatos al título de Ingeniero Agrónomo. Adicionalmente, se ha transferido la experiencia adquirida por el equipo de investigadores, a un gran número de productores, profesionales y técnicos a través de cursos y seminarios nacionales e internacionales y días de campo.

Por lo señalado precedentemente, desde el punto de vista metodológico de aplicación y validación de las técnicas sería recomendable continuar con las evaluaciones a fin de obtener resultados más concluyente, especialmente en el caso de los huertos en formación.

Todos los profesionales y equipo de apoyo que formaron parte del proyecto agradecen a la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) por los recursos aportados y permanente apoyo prestado para su ejecución. Esta iniciativa permitió unir a productores, investigadores e instituciones preocupados el manejo nutricional de rubros agrícolas de exportación, en busca de mejores alternativas tecnológicas que permitan la optimización de su calidad.