

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

Memoria de Título

**ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE EN NUTRICIÓN Y RIEGO BAJO SISTEMA  
DE MANEJO ORGÁNICO EN FRAMBUESO.**

**PERLA VALERIA ORTEGA CAURAPÁN**

**Santiago, Chile**  
**2015**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

Memoria de Título

**ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE EN NUTRICIÓN Y RIEGO BAJO SISTEMA  
DE MANEJO ORGÁNICO EN FRAMBUESO.**

**STATE OF THE ART ANALYSIS IN NUTRITION AND IRRIGATION UNDER  
ORGANIC MANAGEMENT SYSTEM IN RASPBERRY.**

**PERLA VALERIA ORTEGA CAURAPÁN**

**Santiago, Chile**  
**2015**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE EN NUTRICIÓN Y RIEGO BAJO SISTEMA  
DE MANEJO ORGÁNICO EN FRAMBUESO.**

Memoria para optar al título profesional de: Ingeniera Agrónoma

**PERLA VALERIA ORTEGA CAURAPÁN**

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Sra. María Loreto Prat del Río. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc. Dr.	7,0
<b>PROFESORES EVALUADORES</b>	
Sr. Rodrigo Callejas Rodríguez. Ingeniero Agrónomo, Dr. Sc. Agr.	6,0
Sr. Ian Homer Bannister. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,3

**Santiago, Chile**  
**2015**

## ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción .....	3
1. Objetivo general: .....	4
Materiales y métodos .....	5
Análisis del estado del arte .....	7
1. Nutrición en frambueso.....	7
1.1 Factores físicos, químicos y biológicos del suelo que afectan el estado nutricional.....	7
1.1.1 Calidad de suelo.....	7
1.1.2 pH.....	10
1.1.3 Fuentes de nitrógeno.....	14
1.2 Sintomatología visual de nutrientes en el frambueso.....	18
1.2.1 Nitrógeno.....	19
1.2.2 Potasio .....	21
1.2.3 Fósforo.....	22
1.2.4 Calcio.....	23
1.2.5 Magnesio .....	24
1.2.6 Hierro.....	24
1.2.7 Manganeso.....	25
1.2.8 Boro.....	26
1.2.9 Zinc.....	27
1.3 Evolución estacional de los nutrientes en las hojas .....	27
1.4 Absorción de nutrientes en relación al crecimiento y desarrollo .....	29
1.4.1 Sistema radical.....	29
1.4.2 Fenología.....	32
1.4.3 Acumulación de nutrientes.....	33
1.5 Recomendaciones comerciales de fertilización orgánica.....	35
2. Riego en frambueso.....	39
2.1 Estimación de los requerimientos hídricos.....	39

2.1.1 Coeficiente de cultivo.....	39
2.1.2 Evapotranspiración de cultivo.....	41
2.1.3 Frecuencia de riego.....	45
2.1.4 Respuesta al estrés hídrico.....	46
3. Certificación orgánica .....	49
4. Tabla comparativa sistema de manejo convencional versus orgánico .....	55
Conclusión .....	60
Bibliografía .....	61
Anexos .....	77
Apéndice .....	83

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Tolerancia a la salinidad y pérdida esperada en crecimiento relativo o rendimiento en frambueso, según diferentes autores.....	8
Cuadro 2. Niveles óptimos de pH de suelo para frambueso, según diferentes autores.....	11
Cuadro 3. Cantidad aproximada de azufre necesario para aumentar la acidez del suelo a un pH de aproximadamente 6,5. ....	14
Cuadro 4. Efecto de dos rizobacterias sobre el crecimiento y rendimiento en frambueso variedad Heritage con sistema de producción orgánica. Provincia de Erzurum, Turquía. ...	31
Cuadro 5. Valores promedio de acumulación de nutrientes en la parte aérea del frambueso por diversos autores.....	34
Cuadro 6. Rango según elemento a multiplicar con el rendimiento esperado, para estimar la necesidad de nutrientes del frambueso en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .....	36
Cuadro 7. Recomendaciones de fertilización con productos Fartum®.....	38
Cuadro 8. Valores de coeficiente de cultivo (Kc) en frambueso según su estado fenológico para un suelo franco arcilloso. Región del Maule, Chile .....	41
Cuadro 9. Volúmenes de agua requeridos ( $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$ ) por huertos de frambueso regados por cinta o surco. Región del Biobío, Chile.....	42

Cuadro 10. Efecto de cuatro tratamientos de riego en el rendimiento del frambueso variedad Glen Ample, no remontante (Hemisferio norte). Escocia, Reino Unido. ....	44
Cuadro 11. Calendario tipo de riego para un huerto de frambueso ubicado en la zona central de Chile .....	46
Cuadro 12. Entidades certificadoras autorizadas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile. ....	51

## Índice de Figuras

Figura 1. Toneladas de caliza requeridas para aumentar el pH en una unidad de una capa de suelo de 17 cm en cuatro tipos de suelos .....	13
Figura 2. Transferencia de nitrógeno desde la cubierta vegetal en entre hilera, a la planta de frambuesa. Región del Biobío, Chile .....	17
Figura 3. Comparación visual del efecto nutricional en hojas de frambueso .....	19
Figura 4. Exceso de nitrógeno en frambueso .....	20
Figura 5. Hojas on bordes necróticos por toxicidad con nitrógeno en frambueso .....	21
Figura 6. Deficiencia de potasio en hoja de frambueso .....	22
Figura 7. Coloración rojiza en hoja de frambueso variedad Polka por deficiencia de fósforo .....	23
Figura 8. Deficiencia de magnesio en hoja de frambueso .....	24
Figura 9. Clorosis férrica en frambueso .....	25
Figura 10. Deficiencia de manganeso en planta y hojas de frambueso .....	26
Figura 11. Toxicidad por boro en hojas de frambueso.....	27
Figura 12. Evolución estacional de macronutrientes en hojas de frambueso variedad Heritage. Región del Biobío, Chile.....	28
Figura 13. Evolución estacional de micronutrientes en hojas de frambueso variedad Heritage. Región del Biobío, Chile.....	29
Figura 14. Distribución del sistema radical del frambueso.....	30

Figura 15. Peso seco promedio de retoños, cañas, raíz y frutos de plantas de frambueso variedad Titan cultivadas en maceta. Nueva York, Estados Unidos.....	33
Figura 16. Coeficiente de cultivo del frambueso (Kc) expresado como una curva en relación del porcentaje de la etapa de crecimiento. Pacífico noroeste, Estados Unidos.....	40
Figura 17. Productividad del agua para cuatro estrategias de riego en frambueso variedad Heritage, durante la temporada 2012/2013. Región del Maule, Chile.....	43
Figura 18. Impacto en los requerimientos hídricos del frambueso al proyectar un cambio climático fuerte, con aumento de las temperaturas y disminución de la pluviometría en la precordillera centro sur de la Región del Biobío, Chile.....	45
Figura 19. Sello orgánico otorgado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile..	50

## RESUMEN

El cultivo del frambueso ha mostrado un crecimiento sostenido en Chile. Sin embargo, la intensificación y especialización de la agricultura, junto con la exigente competitividad existente asociada a la globalización económica, han originado un gran impacto ecológico, económico y social. Por lo anterior, la agricultura orgánica se presenta como una alternativa positiva que contribuye a la preservación, a largo plazo, de los recursos naturales y a la producción de alimentos sanos y nutritivos para la población.

En la actualidad, los productores orgánicos presentan dificultades debido al bajo rendimiento de sus cultivos y a la mala condición de post-cosecha de la fruta. Estos problemas están ocasionados, principalmente, por una incorrecta nutrición de la planta, la cual se asocia al desconocimiento de las características físico-químicas del suelo y, al deficiente manejo y disponibilidad del agua de riego. El presente trabajo recopila y analiza información científica nacional e internacional sobre la nutrición y riego del frambueso bajo un sistema de manejo orgánico.

En relación a la nutrición orgánica, los antecedentes abordan esencialmente la interacción del frambueso con cubiertas de leguminosas, las cuales generan un aumento significativo en la concentración de N, P y K del suelo y en la biomasa total del frambueso. También se destaca el uso de guano rojo, el cual provoca un aumento en el rendimiento al ser utilizado como suplemento nutricional. Sin embargo, se necesitan investigaciones que consideren múltiples variedades de frambuesa junto a toda la oferta de abonos orgánicos certificados, así como la efectividad de éstos a través de variadas condiciones edafoclimáticas.

Respecto al riego del frambueso, no se encontraron procedimientos especializados asociados a un sistema de manejo en particular, ni específicamente relacionada a la producción orgánica. Sin embargo, se observa un gran interés en aumentar la eficiencia del uso del agua, en vista de la inminente disminución del recurso hídrico durante los próximos años productivos debido al cambio climático. Estos estudios promueven el uso de sistemas de riego tecnificado combinado con información climática disponible, para así gestionar de manera más sostenible el agua en el suelo.

### Palabras clave

Certificación, eficiencia hídrica, fertilidad de suelo, *Rubus idaeus*, sintomatología.



## ABSTRACT

The raspberry crop has shown a steady growth in Chile. However, the intensification and specialization of agriculture, together with the increased competitiveness associated with the economic globalization, have caused severe ecological, economic and social impacts. Therefore, organic agriculture becomes a positive alternative that contributes to the long-term preservation of natural resources, in addition to the production of healthy and nutritious food for population.

Currently, organic raspberry growers have difficulties due to low yields in crops and poor condition of fruit post-harvest. Both problems are mainly caused by improper plant nutrition, which is associated with unawareness of the physical and chemical soil characteristics, and to the poor management and availability of irrigation water. This work collects and analyzes national and international information about nutrition and irrigation of raspberry crops under organic management system.

In relation to organic nutrition, the information mainly addresses the raspberry interaction with legume covers, which leads a significant increase in N, P and K soil concentration, and also boosts the total biomass of raspberry. The use of red guano also stands out, because of the notable contribution to the raspberry yield, when is used as a nutritional supplement. Nevertheless, researchs that consider the total offer of certified organic manure, other raspberry varieties and the effectiveness of these products along a varied edafoclimatic conditions are needed.

Regarding raspberry irrigation, no specialized procedures associated to a particular kind of management system, neither specific information related to organic production. Nevertheless, considering the upcoming decrease in water resource during future productive years due to climate change, there is a strong interest to improve the efficiency of water use. The studies promote the use of technified irrigation systems combined with available climate information in order to manage the water use in a sustainable way.

### Key words

Certification, *Rubus idaeus*, soil fertility, symptoms, water efficiency.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del frambueso, originario de zonas templadas de Europa oriental y el norte de Asia, ha mostrado un crecimiento sostenido en Chile, el cual alcanzó al año 2012 una superficie total aproximada de 12.000 ha, distribuidas principalmente en las comunas de Parral, Retiro, Linares y Romeral, ubicadas en la Región del Maule (ODEPA, 2012a; Pino, 2010). En cuanto a la producción, durante el mismo año se exportó alrededor de 62.000 toneladas de frambuesas principalmente a Estados Unidos y la Unión Europea, destacando los productos frescos, congelados y jugo (Pavez, 2007).

Múltiples especies de frambuesas poseen valor comercial, sin embargo, a nivel nacional *Rubus idaeus* L. se encuentra masivamente establecida con una superficie cercana al 94%, en donde predomina el cultivo de la variedad remontante Heritage, que presenta dos cosechas por temporada; y entre las no remontantes Chilliwack y Meeker, las cuales obtienen sólo una cosecha por temporada (Morales, 2009).

Con la intensificación y especialización de la agricultura, junto con la exigente competitividad existente asociada a la globalización económica, se han originado grandes riesgos ecológicos, económicos y sociales, evidenciando que el desarrollo basado en la agricultura convencional no siempre es sostenible. Por lo anterior, la agricultura orgánica se presenta como una alternativa con grandes beneficios al asegurar a largo plazo, la mantención de los recursos naturales para continuar la producción de alimentos sanos y nutritivos para la población. Cabe destacar, la actual preocupación de los consumidores sobre la inocuidad de los alimentos que ingieren en su dieta, al estar dispuestos a gastar cifras mayores por estos productos, lo cual aumenta la demanda y valorización de aquellos de origen orgánico (Barg y Armand, 2007; FIA, FIBL y AAOCH, 2002, citado por Pino, 2010).

La Norma Chilena de Producción Orgánica define a la agricultura orgánica como un “Sistema integral de producción silvoagropecuaria basado en prácticas de manejo ecológico, cuyo objetivo principal es alcanzar una productividad sostenida en base a la conservación y/o recuperación de los recursos naturales” (Ley N° 20.089). Consecuentemente, este sistema se sustenta en la mantención o aumento de la fertilidad del suelo mediante la utilización de rotaciones de cultivos, rastrojos vegetales, abonos, cultivos de cobertura, entre otros, siempre con el propósito de mantener la diversidad biológica del suelo (Altieri, 1999).

Si bien la tendencia orgánica va en alza, este sistema no está exento de problemas. Para los productores orgánicos de frambuesas es dificultoso obtener mejores dividendos de sus cultivos, debido a los bajos rendimientos generados y a una mala condición de post-cosecha de la fruta. Ambos problemas ocasionados por diversos factores, pero principalmente a una incorrecta nutrición de la planta, la cual se asocia al desconocimiento

de las características físico-químicas del suelo, y al deficiente manejo y disponibilidad del agua de riego (Bañados, 2010).

El manejo inadecuado del agua de riego, como una reposición menor a la requerida por el cultivo o una deficiente planificación de la frecuencia de riego, puede provocar estrés hídrico, lo cual reduce la tasa fotosintética de la planta, mermando su crecimiento. Incluso, durante los últimos años la sequía presentada a nivel nacional, ha ocasionado que los frutos no alcancen los calibres comercialmente admisibles, lo cual influye de forma directa en los bajos precios alcanzados por los productores, creando una desventaja considerable frente a países que poseen mayores rendimientos y menores costos de transporte (Razeto, 2009; ODEPA, 2012b).

La nutrición de un huerto orgánico implica una dificultad mayor que en uno convencional, al tener que considerar la velocidad de entrega de nutrientes de algunas fuentes autorizadas de fertilización, por lo que una incorrecta fertilización, provoca alteraciones fisiológicas y en el desarrollo del frutal (Razeto, 2009; Hirzel, 2010). Por consiguiente, una mala calidad de fruta en precosecha, genera una deficiente condición en post-cosecha, influyendo directamente en la posibilidad de optar a mercados distantes que confieren mejores retornos, al ser la fruta incapaz de realizar viajes extensos vía marítima, dejando como única opción el transporte aéreo (FIA, 2009).

La agricultura orgánica exige que el productor posea conocimientos técnicos especializados, pues pequeños detalles pueden causar el éxito o fracaso en la producción de frambuesas. Sin embargo, la insuficiente información nacional disponible para los productores, incita a solucionar estos problemas con información extranjera, en donde las condiciones edafoclimáticas difieren de las chilenas, lo cual provoca manejos ineficientes en la plantación (FIA et al., 2006; Urtubia, 2010). Incluso, de manera más específica, se han observado variaciones nutricionales de año a año en frambueso dadas por los cambios de las condiciones edafoclimáticas en cada temporada (Kowalenko, 1994a). Al no poder extrapolar estos resultados completamente a las distintas condiciones de cultivo en el país, es necesario realizar estudios de nutrición y relaciones hídricas de manera anual y específica para cada condición de huerto y zona productiva.

Por lo anteriormente mencionado, este trabajo monográfico busca conferir a la comunidad tanto científica como técnica, una investigación en base a literatura científica, de los variados aspectos de la nutrición y riego del frambueso manejado orgánicamente.

### **Objetivo general**

Recopilar y analizar la información obtenida en nutrición y riego, con énfasis en investigaciones científicas, en sistemas de manejo orgánico en frambueso.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materiales**

Se reunió información, con rigor científico, asociada a distintas fuentes nacionales e internacionales publicadas desde el año 1970 en adelante como:

- Publicaciones editadas por la National Agricultural Library.
- Revistas académicas y de investigación indexadas, por ejemplo, por el Institute for Scientific Information.
- Actas de congresos o seminarios académicos nacionales
- Memorias de título de universidades que son parte del Consejo de Rectores
- Publicaciones editadas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias
- Revistas de divulgación nacional
- Boletines informativos del rubro agrícola

La recopilación, depuración y posterior análisis de la información entrega a la comunidad científica un material que abarque todas las respuestas a los problemas mencionados en esta monografía.

### **Métodos**

Para recopilar, analizar y desarrollar la bibliografía de este trabajo monográfico, se aplicó la metodología señalada por Abreu Gonçalves (2004), citado por Lipiante (2007) siguiendo las etapas descritas a continuación:

1. Definición y delimitación del trabajo. En este caso, nutrición y riego en frambueso, bajo sistema de producción orgánico.
2. Realización de la investigación bibliográfica, clasificando el material obtenido de acuerdo a su importancia científica.
3. Elaboración de un plan de trabajo: Se asignaron capítulos al escrito con una secuencia cronológica y racional.
4. Determinación del perfil esquemático del trabajo: Se realizaron subdivisiones de los capítulos.
5. Redacción del trabajo.

6. Revisión del contenido y la forma: Se efectuó una revisión del vocabulario, ortografía, capítulos y sus subdivisiones, para así asegurar que el contenido siga un orden lógico y congruente.

El formato se adaptó al manual de estilo de trabajos monográficos de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile.

## ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

### Nutrición en frambueso

#### Factores físicos, químicos y biológicos del suelo que afectan el estado nutricional

Cuando se considera producir bajo un sistema orgánico, el manejo de la fertilidad del suelo se vuelve un aspecto fundamental, debido a que éste no intenta sólo suplir los requerimientos nutricionales del cultivo como en la producción convencional, sino que procura mantener una fertilidad que pueda ser manejada en el largo plazo. Por este motivo, aparte de reponer los nutrientes utilizados en la producción, se necesitan desarrollar prácticas paralelas que permitan mejorar las características físicas, químicas y la actividad biológica del suelo (Céspedes et al., 2005).

**Calidad de suelo.** Siendo de gran importancia para la vida, al preparar un suelo para ser cultivado generalmente sólo se consideran sus necesidades físicas, omitiendo los desbalances químicos y biológicos que puedan encontrarse, por lo que es conveniente intensificar, preservar e incrementar la calidad del mismo para que cumpla de manera óptima sus funciones en la producción de fruta. Este concepto está asociado con atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental, ya que son referencias al medir la capacidad para funcionar adecuadamente de un suelo en relación a un uso específico, en este caso el cultivo de frambuesa, por lo que promover su productividad sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas; atenuar contaminantes ambientales y patógenos; y favorecer la salud de las plantas, es elemental (Altieri, 1999; Cruz et al., 2004; SAG, 2013).

Los principales indicadores para evaluar la calidad del suelo (Anexo 1), son esencialmente aquellas propiedades que ejercen mayor influencia en el crecimiento de la planta, dividiéndose en 3 grupos, a) físicos, como la textura, profundidad, infiltración, densidad aparente y capacidad de retención de agua; b) químicos, indicando la materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y N-P-K extraíble; y c) biológicos como el C y N de la biomasa microbiana, respiración, contenido de humedad y temperatura y N potencialmente mineralizable (Altieri, 1999; Cruz et al., 2004; SAG, 2013).

A pesar de ser sólo un pequeño porcentaje en la mayoría de los suelos, la materia orgánica influye en la mayoría de las propiedades que contribuyen a la calidad de suelo, al mejorar la estructura y disponibilidad de nutrientes y aumentar la diversidad biológica en el sistema. Por estos motivos, los organismos vivos, los residuos frescos y los materiales descompuestos relativamente estables, juegan un papel importante en la mantención y mejoramiento de la calidad del suelo (Altieri, 1999; Eyhorn et al., 2002; González y Céspedes, 2010; SAG, 2013).

El frambueso posee la capacidad de adaptarse a variadas condiciones de suelo, su rango de pH es amplio y no discrimina entre las formas de absorción de nitrógeno (FUMIAF, 2005; Sánchez, 2010). Sus condiciones óptimas se desarrollan en suelos con una profundidad efectiva desde 10 cm, bien drenados, levemente ácidos, franco-arenosos, francos o franco-arcillosos, con un contenido de materia orgánica superior a 5% y elevada capacidad de retención de agua (Claussen y Lenz, 1999; INDAP, 2005; Kempler et al., 2012).

Debido a la sensibilidad que presenta el frambueso a la anoxia y *Phytophthora sp.*, los suelos ricos en arcilla, pesados y mal drenados son limitantes, especialmente los suelos húmedos, fríos y con un nivel freático a 50 cm de profundidad, ya que con estas condiciones se puede producir la muerte de la planta (FUMIAF, 2005; Kempler et al., 2012; Sánchez, 2010). Además, los suelos arcillosos limitan la emisión de retoños desde las raíces, tanto que en ocasiones la única fuente de brotes de reemplazo es la corona de la planta.

Por otra parte, las texturas arenosas tampoco son favorables debido que al calentarse en exceso, se queman los retoños al emerger a la superficie (Vega, 2015). Sin embargo, el uso de suelos arenosos es factible si se aumentan las aplicaciones de materia orgánica y se controla la frecuencia de riego para mejorar su baja retención de humedad (FUMIAF, 2005; Sánchez, 2010).

- **Conductividad eléctrica.** El frambueso posee una alta sensibilidad a la conductividad eléctrica, pues al tener una solución demasiado concentrada de sales en el suelo la absorción radical se ve anulada, lo cual provoca marchitez e incluso su muerte (Ferreira et al., 1997). En el Cuadro 1 se muestran los límites de tolerancia a la salinidad y cómo la conductividad eléctrica afecta el crecimiento o rendimiento del frambueso.

Cuadro 1. Tolerancia a la salinidad y pérdida esperada en crecimiento relativo o rendimiento en frambueso, según diferentes autores.

Autor	Umbral	Pérdida de rendimiento o crecimiento relativo			
		10%	25%	50%	100%
		----- (dS·m <sup>-1</sup> ) -----			
Blaylock (1994)	1,3	-	1,4-2,7	2,6-4,2	>8,0
Kotuby-Amacher et al. (2000)	1,0	1,4	2,1	3,2	-
Sánchez (2010)	-	1,0	1,4	2,1	-
Ferreira et al. (1997)					8,0

Como habitualmente se cultiva con ciertas limitaciones, el uso de mejoradores de suelo como micorrizas, lombrices, abonos orgánicos y cubiertas vegetales, se convierten en una importante herramienta para entregar al cultivo de frambueso las mejores condiciones productivas, siempre y cuando, estas enmiendas no interfieran con la rentabilidad del mismo.

- **Micorrizas.** El beneficio primordial que obtiene el frambueso con el uso de micorrizas, es el aumento de la captación de nutrientes con baja movilidad y disponibilidad como el fósforo, además de conferirle tolerancia a ambientes adversos, bióticos y abióticos (Lopez et al., 2007). Campos-Mota et al. (2004), demostró en la variedad Autumn Bliss el efecto que posee la micorriza arbuscular (MA) *Glomus mosseae*, por sí sola, al aumentar significativamente el total de frutos por planta y cañas; y al ser complementada con aplicaciones extras de fósforo, en donde este elemento interactúa sinérgicamente con el ácido giberélico y citocininas producidos por la MA, lo cual genera resultados significativos al incrementar el rendimiento y calidad de fruto favoreciendo la floración, el número de frutos, el abastecimiento de asimilados, la relación de sólidos solubles y acidez titulable.

- **Lombrices.** Intervienen en diferentes parámetros relacionados a su desplazamiento por el perfil de suelo como la agregación, estructura, textura y consistencia de suelo, en el movimiento y retención de agua, en el intercambio gaseoso y al mejorar las propiedades químicas y nutricionales del suelo (Brussaard, 1998; Huerta et al., 2007; López-Hernández et al., 2004; Neher, 1999; Sellés et al., 2006).

- **Abonos orgánicos.** La estructura es un factor primordial que determina la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas. Sin embargo, el uso y abuso de maquinaria agrícola causa el deterioro de ésta, al someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica. Por lo anterior, los abonos orgánicos se utilizan en pro de mejorar las condiciones bioestructurales del suelo, favoreciendo la formación de agregados estables de arcilla y materia orgánica, incrementando la capacidad de retención de agua y de intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera, evitando la erosión y ejerciendo un efecto regulador sobre la temperatura del suelo. Además, al aumentar la mineralización e incrementar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, la fertilidad se ve favorecida al acrecentar los nutrientes disponibles para la planta (Altieri y Nicholls, 2008; Dimas et al., 2001; FAO, 2000; Ovalle et al., 2007; Sellés et al. 2006; Zamora, 2008). Entre los abonos orgánicos más utilizados en la agricultura orgánica se encuentran el compost, residuos de cosecha, poda y/o rastrojos, abonos verdes, estiércol, humus, dolomita entre otros (Céspedes et al., 2005).

Pool-Novelo et al. (2000), señalan que las aplicaciones de gallinaza (guano de ave) mejoran la fertilidad en suelos ácidos al incrementar el pH, Ca, Mg y K intercambiables, P (Olsen) y al disminuir significativamente el aluminio intercambiable del suelo. Por su parte, Gercekcioglu (2008) muestra los beneficios de aplicar estiércol de oveja en frambueso, al aumentar significativamente su rendimiento. De igual manera, Forge et al. (2015) indican que la incorporación de altas tasas de compost o gallinaza (guano de gallina) en frambueso reduce la población de nemátodos y favorece la producción de cañas. Sin embargo, todos los autores exponen de igual manera los riesgos de lixiviación existentes al aplicar guano como abono. Señalan que el uso directo de estiércol no es recomendado debido a las altas concentraciones de nitratos que aporta al perfil, lo cual incrementa los riesgos de lixiviación. Sin embargo, si se utiliza como material junto a otros residuos orgánicos para la



fabricación de compost, no plantea el mismo riesgo de lixiviación, ya que el nitrógeno se incorpora como compuesto orgánico relativamente estable el cual se libera de manera lenta al perfil de suelo.

En relación al humus, Jara-Peña et al. (2002) evaluaron la respuesta del frambueso en variedad Autumn Bliss bajo manejo orgánico con distintos niveles de aplicación, encontrando diferencias estadísticamente significativas con aplicaciones de 90 g por maceta, la cual genera el mayor rendimiento en peso y número de frutos, y favorece mayores concentraciones de nitrógeno y potasio en la planta. Por otra parte, al asociar el frambueso con lupino, el mayor rendimiento se produjo con aplicaciones de 120 g de humus por maceta provocando un aumento en la acumulación de fósforo, resultado coherente con la capacidad que posee la leguminosa de solubilizar nutrientes como el potasio y fósforo, aumentando su disponibilidad para las plantas.

Al integrar la información relacionada a los factores físicos, químicos y biológicos de suelo, se comprende la importancia que poseen al afectar directamente la fertilidad del medio, lo cual es un aspecto crítico para la producción orgánica. A pesar de su relevancia, no existen suficientes estudios que comprueben la influencia de dichos factores ni los beneficios de los mejoradores de suelo en frambueso bajo producción orgánica.

**pH.** Es un factor influyente en todo cultivo, ya que no sólo condiciona el crecimiento de las raíces y la vida de los microorganismos que intervienen importantes procesos en el suelo, sino también existe una íntima relación entre éste y la fertilidad. El pH afecta en mayor o menor medida la asimilación de los elementos químicos que para la planta son esenciales, y la de otros que, a determinadas concentraciones, pueden resultar tóxicos y producir en ella graves alteraciones (Brust, 2012; Huerta et al., 2007; Navarro y Navarro, 2003; Sellés et al., 2006). Consecuentemente, Kentworthy et al. (1960), citado por Buskiene y Uselis (2008), afirman que la relación existente entre los nutrientes es más importante que la cantidad de los mismos. Por este motivo, es complejo aumentar la concentración de un elemento de interés, ya que al aumentar su proporción, se pierde el balance de otros, impidiendo alcanzar el equilibrio nutricional que requiere la especie para su crecimiento y desarrollo.

Como las plantas crecen y se desarrollan dentro de un intervalo de pH muy amplio e intervienen en ellas numerosos factores fisiológicos, es muy difícil correlacionar con exactitud su desarrollo óptimo con el pH del suelo (Navarro y Navarro, 2003). Por este motivo, al analizar variados estudios en frambueso bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, se señalan diversos rangos de pH óptimo. En el mismo sentido, un trabajo de Cazanga y Leiva (2013), indica que el frambueso se adapta a variados tipos de suelo con rangos de pH que van desde 6 a 8; aunque prefiere los suelos más bien levemente ácidos, ya que en el sur de Chile se cultiva con suelos pH 5,5 exitosamente. Sin embargo, al tener que elegir entre un suelo muy ácido o básico para realizar una plantación, Luppiniichi et al. (2001), afirman que el frambueso no tolera suelos extremadamente ácidos, por lo que uno con pH básico es la opción menos problemática. En el Cuadro 2 se muestran diferentes estudios en donde se señala el pH óptimo para la producción de frambuesa, el cual varía de 5,5 a 6,8.

Cuadro 2. Niveles óptimos de pH de suelo para frambueso, según diferentes autores.

<b>pH óptimo</b>	<b>Fuente</b>
5,5 – 6,5	Buskiene y Uselis (2008)
5,5 – 6,5	Mahler y Barney (2000)
5,6 – 6,2	Handley (2006)
6,0 – 6,5	Bushway et al. (2008)
6,0 – 6,8	Smith et al. (2007)

Estos niveles de pH coinciden con el intervalo que poseen la mayoría de las plantas, debido a que entre el pH 6,0 y 6,5 existe la más alta disponibilidad de la mayoría de los elementos para su asimilación (García, 2010; Sadkawka, 1998). Por lo tanto, si el frambueso se cultiva fuera de este rango, existiría una menor disponibilidad de fósforo, potasio, calcio y magnesio en suelos con pH entre 5,5 y 6,0 y de hierro en suelos con pH entre 6,5 y 6,8.

Entre pH 5,5 y 6,0, la baja disponibilidad de fósforo se asocia a su fijación a arcillas silíceas. En caso del potasio, esto ocurre debido a pérdidas por lixiviación que alcanzan hasta un 30% en el suelo. Cabe destacar que los suelos con un alto porcentaje de saturación de bases pierden menos potasio intercambiable, que aquellos que poseen un porcentaje menor. Con un comportamiento similar, el calcio y magnesio también sufren mermas por lixiviación principalmente en regiones con elevada pluviometría. Sin embargo, entre los rangos de pH 5,5 y 6,0, la adsorción de estos en coloides en forma intercambiable es lo usual, influyendo directamente el tipo de coloide predominante y el porcentaje de calcio o magnesio intercambiable contenido en el suelo, los cuales aumentan o disminuyen la facilidad de liberación del elemento adsorbido (Navarro y Navarro, 2003).

La baja disponibilidad de hierro entre pH 6,5 y 6,8, considerando sólo el factor pH, se relaciona a una disminución de la actividad del  $\text{Fe}^{+3}$  en solución, la cual afecta drásticamente su disponibilidad prácticamente en cualquier suelo. Sin embargo el hierro forma complejos orgánicos que pueden elevar su solubilidad gracias a los agentes quelantes producidos a partir de la descomposición de las hojas, mineralización del humus y de exudados radiculares y microbiales (Astudillo, 2008). Jin et al. (2006), destacan el rol sinérgico entre las raíces y los microorganismos presentes en la rizósfera, en donde las primeras en condiciones de deficiencia de hierro, exudan compuestos fenólicos selectivos sobre la flora microbiana, desencadenando la liberación de sideróforos (quelantes), que incrementan la biodisponibilidad del elemento, y de auxinas que estimulan la absorción del mismo. Consecuentemente, Ammari (2005) recalca la importancia de la actividad microbial del suelo, al ser un factor controlador de la concentración de hierro mucho más importante que el pH y otras propiedades químicas y físicas.

Variados problemas de absorción y disponibilidad de nutrientes se observan en suelos fuertemente ácidos ( $\text{pH} < 5,5$ ), ocasionando deficiencias de azufre, calcio y potasio debido a pérdidas por lixiviación. Cabe mencionar, que en este rango de pH el aluminio se encuentra altamente disponible, sin embargo, en suelos orgánicos no es común que cause

toxicidad debido a la formación del complejo no fitotóxico aluminio-humus. En relación al ciclo del nitrógeno (Apéndice I), la nitrificación, desnitrificación y fijación del N atmosférico, sólo se producen cuando el pH es superior a 5, por lo que se inhibe a valores inferiores y la aminización y amonificación se reducen considerablemente (Brust, 2012; Navarro y Navarro, 2003; Rodríguez y Fraga, 1999; Sadzawka, 1998).

Por otra parte, está comprobado que los suelos ácidos inhiben el desarrollo de lombrices, al necesitar un pH comprendido entre 6,5 y 7,5 para sobrevivir (Fuentes, 1987). Esto afecta la actividad de importantes descomponedores microbianos que se ubican en las paredes de las galerías construidas por las lombrices, como bacterias y actinomicetes, lo cual genera una depresión en la conversión biológica de materia orgánica a nutrientes disponibles para la planta (FAO, 2014; Navarro y Navarro, 2003; Sellés et al., 2006).

Para evitar estos efectos adversos, adicionar carbonatos de calcio y magnesio para alcalinizar los suelos es una alternativa permitida por la Norma Chilena de Agricultura Orgánica, ya que poseen la ventaja de no dejar residuos perjudiciales en el suelo. Esta aplicación neutraliza los  $H^+$  e incrementa la concentración de calcio intercambiable (Ley N° 20.089; Navarro y Navarro, 2003). Pool-Novelo et al. (2000), ratifican esta información al aplicar gallinaza y/o cal dolomita e incrementar significativamente el pH en suelos ácidos desde 4,8 hasta 6,2, lo cual favorece el proceso de nitrificación y la disponibilidad de P, sin generar antagonismo con otros nutrientes. Cabe considerar, que la cantidad a utilizar depende de varios factores, como el pH y el % de saturación de bases. Así, si se desea aumentar el pH en una unidad, la cantidad de caliza requerida aumenta mientras más alto sea el valor inicial del pH (Figura 1). Además, la figura indica que suelos con texturas más finas necesitan mayores cantidades de caliza, debido a su alta capacidad de intercambio (Navarro y Navarro, 2003).

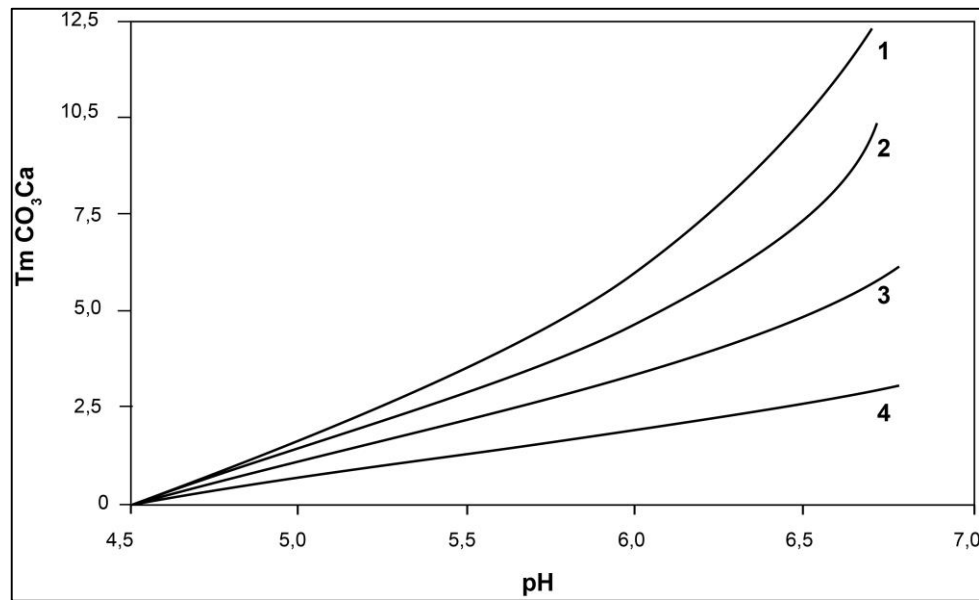


Figura 1. Toneladas de caliza requeridas para aumentar el pH en una unidad de una capa de suelo de 17 cm en cuatro tipos de suelos. 1: Suelo franco arcilloso, 2: Suelo franco limoso, 3: Suelo franco arenoso y 4: Suelo arenoso. Fuente: Modificado a partir de Navarro y Navarro (2003).

En suelos básicos ( $\text{pH} > 7,4$ ), los problemas de disponibilidad de nutrientes cambian, por lo que el hierro, manganeso, cobre y zinc se inhiben al insolubilizarse en forma de hidróxidos; entre  $\text{pH} 7,0$  y  $9,0$  se reduce la solubilidad del boro debido a su adsorción y lo mismo ocurre con el fósforo, al precipitar como fosfato cálcico encontrándose una menor concentración de este elemento en las hojas de frambueso (Salazar y Baca, 1998). Sin embargo, a  $\text{pH}$  mayor a  $8,5$  el exceso de sales sódicas contribuye a la solubilización del fosfato, lo cual aumenta nuevamente su concentración (Navarro y Navarro, 2003; Rodríguez y Fraga, 1999).

Las aplicaciones de azufre elemental para acidificar un suelo alcalino (Cuadro 3) son efectivas, económicas y están autorizadas por la Norma Chilena de Producción Orgánica. Se debe pulverizar el suelo semanas antes de iniciar la plantación de frambueso y por su corta durabilidad y lenta acción, se recomienda aplicar sobre superficies relativamente pequeñas (Ley N° 20.089; Navarro y Navarro, 2003). Sierra et al. (2007), lograron disminuir el  $\text{pH}$  de un suelo en Punitaqui de  $7,7$  a  $6,3$ , recalcando que este resultado fue significativo debido al bajo contenido de  $\text{CaCO}_3$  y materia orgánica presente en el suelo, ya que estos parámetros inciden directamente en la capacidad tampón del mismo.

Cuadro 3. Cantidad aproximada de azufre necesario para aumentar la acidez del suelo a un pH de aproximadamente 6,5.

Cambio de pH		Azufre		
De	a	Suelo arenoso	Suelo franco	Suelo arcilloso
		----- (kg·ha <sup>-1</sup> ) -----		
8,5	6,5	2220	2770	3330
8,0	6,5	1330	1660	2220
7,5	6,5	555	888	1110
7,0	6,5	111	166	333

Fuente: Modificado a partir de Razeto (2010).

Vega (2015), señala que la mayoría de las recomendaciones técnicas relacionadas a los requerimientos básicos del cultivo del frambueso son relativamente conservadoras y no indican necesariamente los umbrales de respuesta comercial de las plantas si estas están expuestas a situaciones de cultivo un poco más extremas. Ningún folleto técnico recomienda el cultivo del frambueso en suelos con pH mayor a 8,0, sin embargo, en la Región Metropolitana existen cultivos comerciales de frambuesa en suelos con pH 8,4, sin exhibir un deterioro en los rendimientos ni toxicidades inducidas.

Según lo expuesto, se puede señalar que el pH óptimo para el frambueso bajo manejo orgánico es cercano a 6,5, debido a que en este valor se encuentra una alta disponibilidad de nutrientes para su asimilación, no afecta la sobrevivencia de lombrices en el perfil por lo que la conversión biológica de materia orgánica no se ve afectada, ni se necesita enmiendas correctivas.

Los estudios que relacionan directamente el pH del suelo con el crecimiento o producción del frambueso, son escasos, por lo que resulta difícil compararlos entre ellos al no encontrar estudios con un mismo rango de pH. Al entender que la respuesta de la planta es consecuencia de su interacción con el medio, los parámetros edáficos debiesen tener una participación más activa en las investigaciones futuras.

**Fuentes de nitrógeno.** La fertilización nitrogenada es muy importante debido a la gran proporción que se necesita, en relación al resto de los nutrientes, para obtener una producción exitosa. Por esta razón, también es el nutriente que presenta mayores deficiencias. Si el manejo seleccionado es orgánico, esta labor se vuelve aún más compleja, ya que las opciones para lograr el cometido son limitadas. Entre las más utilizadas se encuentran el reciclaje de abono animal y rastrojos vegetales, y la mineralización de materia orgánica, pero la principal fuente de nitrógeno en los sistemas orgánicos la constituye el nitrógeno atmosférico fijado por bacterias asociadas con leguminosas (Altieri, 1999; IAEA, 2008).

Una de las claves para mantener la fertilidad del suelo en un sistema orgánico, reside en aumentar la eficiencia del flujo de nutrientes de un estado fijo a uno soluble, lo cual se logra activando biológicamente el suelo, ya que la mayor parte de este nutriente se

encuentra combinado orgánicamente a él. Los microorganismos presentes en el suelo mineralizan el nitrógeno transformándolo a dos formas iónicas inorgánicas, amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), permitiendo así, que la planta disponga de estos compuestos para su absorción. Estas formas de nitrógeno son muy importantes, ya que representan cerca del 70% de cationes y aniones absorbidos por las raíces, por lo que influyen directamente en el balance iónico y desarrollo de la planta. Debido a la rápida absorción efectuada por las raíces, sus formas disponibles se encuentran en niveles muy bajos en el suelo, siendo las bacterias, hongos y nemátodos de vida libre los principales componentes de esta bodega biológica (Altieri, 1999; Coraspe-Leon et al., 2009; Eyhorn et al., 2002; Hirzel y Salazar, 2011; IAEA, 2008; Montecinos, 1997).

La asimilación del nitrógeno por parte de la planta, depende en gran manera de la edad de la misma, del pH y composición del suelo y de la pluviometría anual, generándose una preferencia comprensible hacia el nitrato al conservar una completa movilidad en el medio, mientras que los coloides pueden fijar ampliamente el amonio, lo cual ocasiona una menor utilización de este ión. Cabe destacar que el amonio se oxida rápidamente a nitrato, por lo que siempre se encuentra una mayor proporción de  $\text{NO}_3^-$  en la disolución de suelo (Navarro y Navarro, 2003).

Tal como se mencionó, las plantas tienen preferencias en la forma de absorción del nitrógeno como amonio o nitrato (Coraspe-León et al., 2009; Stewart, et al., 1989), lo cual se relaciona a las exigencias edáficas que requiere cada especie (Navarro y Navarro, 2003). Sin embargo, Claussen y Lenz (1999) demostraron que la frambuesa responde de igual manera a ambas formas iónicas de fertilización nitrogenada al no encontrar diferencias significativas en su producción de materia seca.

Las plantas pueden absorber nitrógeno en forma de nitrato, pero no logran asimilarlo directamente como el amonio. Las enzimas nitrato reductasa (NR) y nitrito reductasa realizan su reducción a forma amónica, para luego ser asimilada de igual modo que el amonio absorbido de manera directa mediante el ciclo glutamina sintetasa (GS)/glutamato sintasa (GOGAT) (Díaz et al., 2010; Navarro y Navarro, 2003). Claussen y Lenz (1999) evaluaron la actividad de estas enzimas, comprobando el efecto inductivo del  $\text{NO}_3^-$  sobre la enzima NR, al aumentar su síntesis cuando detecta una mayor presencia de su sustrato. De manera contraria al nitrato, se corroboró la influencia inhibitoria del  $\text{NH}_4^+$  sobre la misma enzima (NR), la cual muestra un descenso significativo en su actividad cuando el amonio es la única fuente de nitrógeno disponible para el frambueso.

La fijación biológica es una fuente de nitrógeno importante en los sistemas de manejo orgánicos. La forma asimbiótica de fijación es realizada por bacterias, cianobacterias y actinomicetes (Anexo 2), mas no existen estudios que demuestren su efectividad en asociación con el frambueso, y la fijación simbiótica efectuada por bacterias del género *Rhizobium* las cuales coexisten en las raíces de la mayoría de las fabáceas. Este proceso mediado por la enzima nitrogenasa, fija el nitrógeno atmosférico y lo reduce a amonio para ser asimilado por la planta. Las cifras comunes de fijación en climas templados en general van desde 20 a 50  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ , mientras a nivel mundial, se estima que alrededor de 175

millones de toneladas de nitrógeno por año, se agregan al suelo mediante su fijación biológica (Gliessman, 2002; Montecinos, 1997; Orhan, et al., 2006).

Como se menciona anteriormente, existe poca información sobre la fijación libre asociada a cultivos frutales. Por lo pronto, Lara et al. (2007), estudiaron la producción del ión amonio a partir de 2 géneros bacterianos fijadores de nitrógeno aislados en cultivos de plátano, pastos, maíz y zonas sin cultivar. Los resultados en aislados destacados, muestran para el género *Azotobacter sp.*, concentraciones de  $5,16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de amonio promedio y para el género *Azospirillum sp.*, de  $4,6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , lo cual evidencia su efectividad y contribución a la fertilización nitrogenada inorgánica, al mostrar resultados significativos en el rendimiento de las cosechas y reducir la necesidad de fertilizantes nitrogenados, provocando beneficios económicos y ambientales en los predios involucrados.

Las leguminosas poseen un rol fundamental en la fijación biológica simbiótica, al asociarse con bacterias específicas para clima templado como los *Rhizobium* (Mayz-Figueroa, 2004). Además, como comprueban Campillo et al. (2003), el 90% del nitrógeno fijado por las leguminosas viene del aire mediante la fijación biológica de  $\text{N}_2$ , en donde la alfalfa demostró su eficiencia al alcanzar  $770 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ . Sin embargo, no hubo diferencias significativas al inocular las plantas con *rhizobium*, por lo que su simbiosis natural fue suficiente para obtener buenos resultados. Eyhorn et al. (2002) discrepa con esta conclusión, al afirmar que la asociación planta-*rhizobium* es muy específica, tornándose necesario inocular a las leguminosas antes de su siembra.

Al asociar las leguminosas con el cultivo de frambuesa, no existe competencia entre ellas, incluso, el cultivo de frambuesa se ve beneficiado al aumentar su número y peso de frutos (rendimiento), y número de cañas (vigor) cuando es cubierta la entre hilera con trébol blanco (*Trifolium repens*) (Portz et al., 2009; Strik, 2008; Zebarth et al., 1993). Además, si se utiliza esta especie por sí sola o combinada con Festuca (*Festuca arundinacea*), genera un aumento significativo en la concentración de N, P y K del suelo, en la biomasa total del frambueso, además de contribuir con el control de malezas al disminuir su presencia en más de un 98% (Ovalle et al., 2008). Ovalle et al. (2008) determinaron el aporte de nitrógeno de las cubiertas de leguminosa al frambueso, en donde la contribución del trébol blanco (*Trifolium repens*) oscila entre un 10 y 39,9% del total de nitrógeno contenido en las hojas de frambuesa (Figura 2).

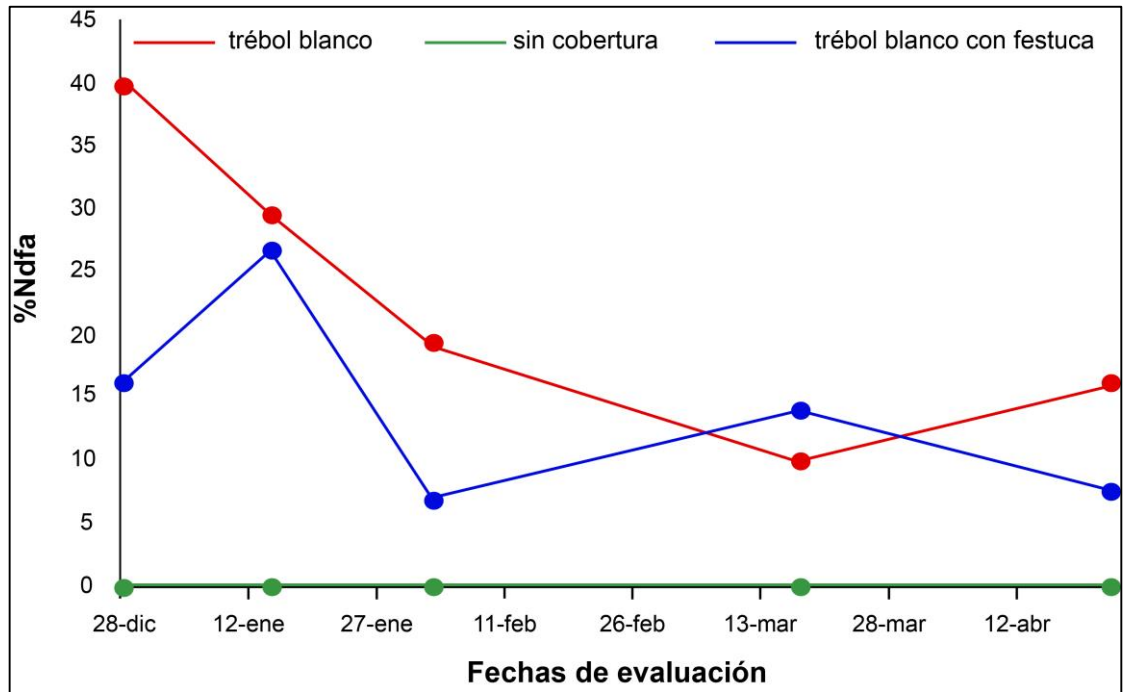


Figura 2. Transferencia de nitrógeno desde la cubierta vegetal en entre hilera, a la planta de frambuesa. Región del Biobío, Chile. Ndfa: Porcentaje de nitrógeno derivado de la leguminosa sembrada en la entre hilera. Fuente: Modificado a partir de Ovalle (2008).

Tanto la fijación libre como simbiótica, requieren una alta disponibilidad de energía, poder reductor y sitios aireados pero carentes de oxígeno, ya que la nitrogenasa, enzima central en el proceso de fijación, es destruida irreversiblemente en presencia de oxígeno. Esta aparente contradicción es superada por parte de los organismos fijadores mediante variados mecanismos (Anexo 3), como la inducción de micrositos anóxicos creados a elevados niveles de actividad biológica, dependientes de altos niveles de materia orgánica. Por este motivo, no es extraño que las mayores tasas de fijación libre se hayan observado en suelos con niveles altos de materia orgánica rica en celulosa (Lara et al., 2007; Mayz-Figueroa, 2004; Montecinos, 1997; Soto-Urzúa y Baca, 2001).

Estimular la población de bacterias fijadoras de nitrógeno, es fundamental para la agricultura orgánica, destacando el efecto positivo que generan las lombrices sobre los microorganismos. Selles et al. (2006), señala que sus deyecciones incrementan de manera significativa la población de bacterias fijadoras de nitrógeno, debido a que el 50% de la población se ubica en las paredes de las galerías construidas por lombrices, ayudando a incrementar su actividad y por ende, la proporción de nitrógeno disponible para las plantas.

Con el mismo nivel de importancia las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y volatilización deben ser minimizadas, ya que al ser un elemento móvil puede ocurrir con facilidad (IAEA, 2008; Montecinos, 1997). Además, controlar las pérdidas asociadas al manejo de la planta también se debe considerar. Al podar anticipadamente, se dispone de una menor concentración de nitrógeno para traslocar y almacenar. Sin embargo, con la



incorporación de rastrojos al suelo, eventualmente el frambueso tendrá la posibilidad de reintegrarlo al sistema desde el sustrato. Rempel (2003), demostró que las pérdidas promedio de nitrógeno según fecha de poda de cañas varían desde 25 a 15,5 kg·ha<sup>-1</sup>, si éstas se realizan a mediados de febrero o a mediados de marzo respectivamente. Precisamente por esto, Strik (2008) menciona que al retrasar la poda, el frambueso obtiene más tiempo para movilizar el N a retoños, corona y raíces.

### **Sintomatología visual de nutrientes en el frambueso**

El manejo de la fertilización y nutrición ostenta una gran importancia al cultivar frambueso bajo un sistema orgánico de producción, debido a su directa relación con el rendimiento y las propiedades químicas del suelo. Consecuentemente, es recomendado realizar análisis de suelo cada 2 o 3 años y análisis foliares de manera anual, con el objetivo de generar un programa de fertilización específico para cada huerto, dado que la falta o exceso de cualquier nutriente afectará directamente la productividad y calidad de fruta (Hirzel y Morales, 2009).

En cultivos perennes como el frambueso, los desbalances nutricionales que sean detectados por medio del análisis foliar no consiguen una corrección inmediata, debido a que los cambios de concentración de nutrientes se observan luego de 1 o 2 años después de realizada la fertilización correctiva. Por lo anterior, realizar el análisis una vez finalizada la temporada es lo indicado para corregir y perfeccionar el programa nutricional del año productivo próximo. Para su realización, se debe tomar una muestra compuesta por hojas completas de una misma variedad y si es posible sin síntomas de plagas y enfermedades, localizadas desde el tercio medio de los brotes nuevos (1 hoja por retoño) de al menos 50 plantas de diferentes puntos del huerto. Este muestreo se realiza entre mediados de enero y principios de febrero (hemisferio sur), periodo en el cual la concentración de nutrientes se estabiliza. Para confirmar problemas de rendimiento, calidad de fruta y crecimiento por desequilibrio nutricional y no por otros factores relacionados al manejo de suelo, riego o fitosanitario, se puede realizar este análisis pero de forma comparativa con otro de hojas sin problemas nutricionales, para así encontrar resultados certeros debido a la cambiante concentración de nutrientes durante la temporada (Barney y Miles, 2007; Hirzel, 2010).

En relación al análisis de suelo, realizarlo en pre-plantación o antes de aplicar fertilizantes importantes, como el compost, es primordial para evitar desbalances nutricionales. Para esto, se debe recolectar una muestra de 1 kg de suelo preparada con 20 sub-muestras aproximadamente, sin residuos vegetales, obtenidas desde la zona de camellones, a una profundidad de 0 a 30 cm (Hirzel, 2010).

El escenario óptimo de producción presenta una nutrición equilibrada según los requerimientos del cultivo y del predio. Sin embargo, con la existencia de diversos factores influyentes en la fertilización, su descontrol es factible, por lo que detectar visualmente los síntomas de carencia o exceso de los elementos nutritivos en frambueso es elemental para

solucionar lo antes posible el desbalance y así, no obtener o minimizar potenciales mermas económicas.

**Nitrógeno (N).** Al estar involucrado en variados procesos vitales en los vegetales, es extraído por el frambueso en una alta proporción, en relación a los demás nutrientes, debido a su alta participación en la formación de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Por lo mismo, su deficiencia afecta intensamente el crecimiento de la planta, al exhibir hojas pequeñas con peciolos cortos y nerviaciones pronunciadas, al verse retrasado el desarrollo de sus partes suculentas. Además, presenta una clorosis generalizada asociada a una merma en la formación de clorofila (Figura 3), que puede ser acompañada con una pigmentación rojiza en toda o algunas partes de la hoja. Por tratarse de un nutriente muy móvil, los síntomas comienzan en hojas adultas, avanzando rápidamente hacia las más jóvenes, hasta manifestar la deficiencia en toda la planta (Dell, 1995; Kowalenko, 1981; Navarro y Navarro, 2003; Ramig y Vandecaveye, 1950; Razeto, 2009; Sánchez, 2010).



Figura 3. Comparación visual del efecto nutricional en hojas de frambueso. A la izquierda hoja con buena fertilización y a la derecha, deficiente de nitrógeno. Fuente: Barney y Miles (2007).

Y aunque el frambueso tenga una baja acumulación relativa y por ende, bajo peso seco de nitrógeno por hectárea comparado con otros cultivos, su carencia afecta severamente el crecimiento, rendimiento y las reservas para la temporada siguiente, al descender el vigor y producción de brotes, cañas y raíces, además de reducir significativamente la inducción floral y provocar una diferenciación floral desigual. También afecta el crecimiento y desarrollo del fruto, debido a una reducción en la tasa de crecimiento relacionada directa o indirectamente a la disminución del área foliar y a una reducción en el cuajado. Incluso, al existir una privación absoluta de este nutriente, los brotes detiene su crecimiento, las hojas senescen y caen prematuramente lo cual aumenta la susceptibilidad a heladas y golpe de sol (Dean et al., 2000; González y Céspedes, 2010; Mikkelsen y Hartz, 2008; Razeto, 2009; Rempel et al., 2004).

Para enmendar esta deficiencia, se pueden utilizar harinas de pescado y de sangre, que aumentan el nitrógeno disponible y lo liberan de forma rápida a la solución suelo. Esta aplicación se puede complementar con peptonas de pescado y harina de pezuñas y cuernos,

las cuales liberan nitrógeno al perfil lentamente (Céspedes et al., 2005; Mikkelsen y Hartz, 2008).

El frambueso presenta una mayor susceptibilidad al exceso de nitrógeno que otras especies, la cual aumenta en variedades más vigorosas. Los síntomas de una fertilización excesiva se manifiestan, como muestra la Figura 4, con un crecimiento vegetativo excesivo al presentar retoños, cañas y laterales largos, finos, con internudos más extensos y escasas partes leñosas en cañas. En relación a las hojas, se presentan en gran cantidad y con una coloración verde más oscura de lo normal. Este crecimiento descontrolado provoca un sombreado excesivo, mayor susceptibilidad a enfermedades, plagas y daños por frío. Los frutos presentan un menor tamaño y concentración de azúcares, afectando su calidad y rendimiento (Barney y Miles, 2007; INDAP, 2005; Mikkelsen y Hartz, 2008; Morales et al., 2009; Navarro y Navarro, 2003; Quezada et al., 2007; Razeto, 2009; Sánchez, 2010).



Figura 4. Exceso de nitrógeno en frambueso. A: Descontrolado crecimiento del follaje. B: Presencia de *Botrytis cinérea* en frutos al aumentar la susceptibilidad a enfermedades. Fuentes: A: Razeto (2009) y B: Barney y Miles (2007).

En casos extremos, si la fertilización nitrogenada se aplica en altas concentraciones a un área confinada provoca fitotoxicidad, tanto en la parte aérea como en el sistema radical de la planta. Los síntomas se presentan de manera rápida, particularmente cuando el agua no es una limitante, por lo que luego de tres o cuatro días de realizada la aplicación, se aprecian hojas con bordes necróticos que pueden extenderse hasta las venas (Figura 5) y marchitez en otras áreas foliares las cuales senescen eventualmente (Razeto, 2009).



Figura 5. Hojas con bordes necróticos por toxicidad con nitrógeno en frambueso. Fuente: Razeto (2009).

**Potasio (K).** Es uno de los nutrientes más demandados por el frambueso junto al nitrógeno y calcio. Su influencia en la producción de frambuesas sanas y vigorosas es alta. Entre sus funciones se menciona que aumenta la eficiencia en el uso del agua y la resistencia a condiciones de estrés por la falta de ésta. Aumenta la resistencia a enfermedades y plagas, mejora el calibre, la firmeza, sabor y aroma de frutos, y su rendimiento, acreditando la importancia de mantener la concentración este nutriente adecuadamente (INDAP, 2005; González y Céspedes, 2010; Sánchez, 2010).

Cuando se presenta una deficiencia de potasio en frambueso, las hojas se tornan marchitas, de color verde claro y con necrosis marginal, lo cual provoca el encorvamiento de las mismas (Figura 6). Primariamente y debido su carácter móvil en la planta, los síntomas se presentan en hojas maduras para luego manifestarse en las más jóvenes. Los nuevos brotes sufren una reducción en su longitud y los frutos en calibre, consistencia y sólidos solubles, limitando su post-cosecha. Además, tiende al marchitamiento general, se retrasa el crecimiento radical y descienden los rendimientos (Navarro y Navarro, 2003; Ramig y Vandecaveye, 1950; Razeto, 2009; Sánchez, 2010).



Figura 6. Deficiencia de potasio en hoja de frambueso. Fuente: Wallace (1943).

Para corregir este desbalance, aportar a la preparación de compost harina de algas marinas, roca potásica, cenizas de madera y/o estiércol, beneficia y enriquece la materia orgánica aplicada al suelo, al aumentar el porcentaje y disponibilidad de potasio a corto y largo plazo. Para complementar, el uso de “mulch” o acolchado orgánico contribuye a la obtención de potasio, al fomentar el desarrollo del sistema radical en las capas superiores de suelo, zona donde se localiza principalmente este nutriente (Céspedes et al., 2005; Razeto, 2009).

Alteraciones relacionadas a un exceso de potasio, como necrosis de raicillas, no son comunes y se presentan principalmente en suelos arenosos. Sin embargo, se debe enfatizar que la sobre fertilización de potasio no es benéfica, al dificultar la absorción de nutrientes como el calcio y magnesio, induce la deficiencia de éstos (Barney y Miles, 2007; Navarro y Navarro, 2003; Razeto, 2009).

**Fósforo (P).** Al participar en variados procesos fisiológicos su presencia en concentraciones adecuadas provoca un aumento en el crecimiento del sistema radical, en la acumulación de reservas para la siguiente temporada, mejora la floración y defensa a enfermedades y plagas (Razeto, 2009).

Los síntomas asociados a la carencia de fósforo se manifiestan en hojas (Figura 7), las cuales presentan un menor tamaño y coloración verde oscura con apariencia cerosa. Si la carencia aumenta, cambian a una coloración pálida o verde-amarillenta acompañada de tonos rojizos, asociados a una acumulación de antocianinas. Las hojas basales desarrollan áreas necróticas y senescen. Las raíces se tornan oscuras, incluso en casos de deficiencia avanzada, logran una coloración negra (Boldá, 2012; Ramig y Vandecaveye, 1950; Razeto, 2009; Spiers et al., 1999).



Figura 7. Coloración rojiza en hoja de frambueso variedad Polka por deficiencia de fósforo.  
Fuente: Bolda (2012).

Las enmiendas orgánicas con estiércol y/o harinas de hueso y sangre, se vuelven importantes para corregir el déficit de este nutriente, al aportar grandes cantidades de fósforo asimilable (Céspedes et al., 2005; Razeto, 2009; Sosa, 2005). Hirzel y Salazar (2011), afirman que la disponibilidad de fósforo a igual dosis aplicada, es mayor en enmiendas orgánicas como el compost y guano, que con superfosfato triple, fertilizante base de la agricultura convencional.

Cabe destacar, que la cantidad de fósforo absorbido por el frambueso es baja (Anexo 4), por lo cual es poco probable que el crecimiento y rendimiento dependan de la óptima concentración de este elemento, incluso en suelos ácidos de origen volcánico donde el fósforo se encuentra fuertemente unido al hierro y/o aluminio (Barney y Miles, 2007; INDAP, 2005; Razeto, 2009; Salvatierra y Ortega, 1993).

**Calcio (Ca).** Un buen abastecimiento de calcio en el frambueso juega un rol elemental con respecto al transporte y durabilidad para la comercialización del fruto, al mejorar la cuaja, el calibre y su firmeza. Esto genera un aumento en la vida de post-cosecha y en la resistencia a plagas y enfermedades (Bushway et al., 2008; González y Céspedes, 2010; Sánchez, 2010).

No es común que esta deficiencia se presente en frambueso, pero cuando ocurre, se asocia fundamentalmente a suelos muy ácidos o arenosos, en donde las raíces manifiestan una muerte de ápices acompañada de pequeñas zonas inflamadas, desarrollando un sistema radical compacto de crecimientos cortos. En hojas se observa clorosis, puntos necróticos, reducción de tamaño, endurecimiento y curvamiento además de muerte apical en brotes, mas la sintomatología en estos órganos no es habitual. Los frutos muestran zonas necróticas y problemas de firmeza en el tejido, lo cual disminuye su vida de almacenaje (Bushway et al., 2008; Ramig y Vandecaveye, 1950; Razeto, 2009; Sánchez, 2010).

Con aplicaciones de carbonatos de calcio se puede superar la deficiencia de este elemento. Además, agregar cenizas de madera y estiércol a la elaboración de compost, potencia la participación del calcio en su composición (Céspedes et al., 2005).

**Magnesio (Mg).** Como constituyente esencial de la clorofila, se relaciona a la producción de carbohidratos. Aumenta la intensidad en el color verde de las hojas, induce mayor vigor en futuras cañas, aumenta el rendimiento y la acumulación de reservas para la siguiente temporada (INDAP, 2005; González y Céspedes, 2010).

La deficiencia de este nutriente no es muy común y se asocia a suelos ácidos o arenosos al igual que el calcio. Su carencia induce clorosis desde los márgenes de las hojas basales hacia el interior, quedando el área adyacente a las venas verde (Figura 8). Incluso, pueden generar puntos necróticos en las áreas cloróticas de las hojas. Por su parte, los frutos no logran grandes calibres. Su rectificación se consigue con aplicaciones de cal dolomita en suelos ácidos e incorporando guano a la elaboración de compost para el sustrato, debido a que el guano interactúa sinérgicamente con la mayoría de los elementos, incluido el magnesio (Céspedes et al., 2005; Razeto, 2009).



Figura 8. Deficiencia de magnesio en hoja de frambueso. Fuente: Bevan (s.f).

**Hierro (Fe).** El hierro es un elemento abundante en la mayoría de los suelos, sin embargo, sólo una pequeña fracción se encuentra disponible para su absorción. El frambueso es susceptible a la escasez de este elemento poco móvil, el cual se encuentra envuelto en variados procesos, tales como la síntesis de clorofila, fotosíntesis, respiración y metabolismo del nitrógeno. Consecuentemente, los síntomas que evidencian su deficiencia están relacionados a la clorosis, específicamente “clorosis férrica”, en donde el limbo de las hojas jóvenes se torna de color amarillo pálido, manteniendo verde sus venas y hojas basales (Figura 9A). Si la deficiencia es mayor, las hojas basales pierden su color verde hasta quedar casi blancas como principal característica (Figura 9B). En frutos, se ve disminuido su tamaño y los procesos asociados a la maduración presentan retrasos. Si la

deficiencia es excesiva, el frambueso puede llegar a la defoliación, muerte de ramillas o incluso a la muerte de la planta (Bushway et al., 2008; Razeto, 2009).

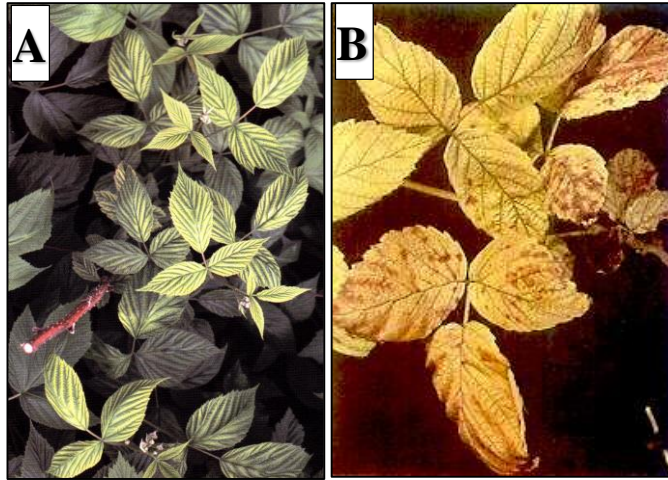


Figura 9. Clorosis férrica en frambueso. Fuente: A: Razeto (2009) y B: Wallace (1943).

Por tratarse de un micronutriente, la vía más acertada para tratar esta deficiencia es por nutrición foliar. Sin embargo, con aplicaciones de abonos líquidos orgánicos como supermagro, té de compost o de ortiga se puede paliar la carencia sólo de forma localizada. El uso de abonos verdes y asociaciones con gramíneas estimulan la disponibilidad de Fe en el perfil de suelo, generando una solución a mediano plazo (Astudillo, 2008; Céspedes et al., 2005; González y Céspedes, 2010; Razeto, 2009).

**Manganeso (Mn).** Las principales funciones de este elemento mediante móvil son como activador enzimático, participar en la fotosíntesis, respiración, metabolismo del nitrógeno, síntesis de clorofila y en la regulación de membranas permeables (Razeto, 2009).

La deficiencia de manganeso es recurrente en frambueso la cual produce clorosis marginal e intervenal difusa, generando un límite indefinido entre tejido sano y carente (Figura 10). Cuando se intensifica la insuficiencia el contraste de color aumenta. Primariamente, ocurre en hojas distales al tallo, pero se puede manifestar en hojas de todas las edades (Razeto, 2009; Wallace, 1941).



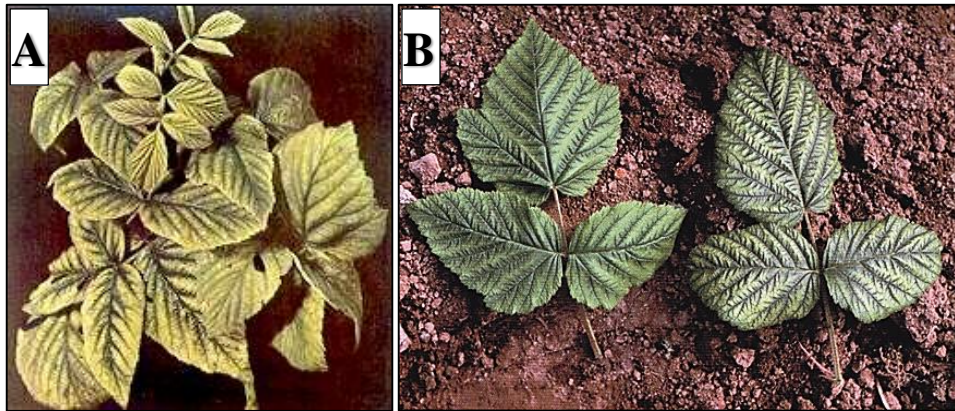


Figura 10. Deficiencia de manganeso en planta y hojas de frambueso. Fuente: A: Wallace (1943) y B: Razeto (2009).

Con aplicaciones foliares de supermagro, té de compost u ortiga, los síntomas de deficiencia se aminoran, pero sólo de manera local (Céspedes et al., 2005).

**Boro.** Sus funciones se asocian al mejoramiento de la cuaja y calibre de frutos, al aumento de reservas y contribuye a una mejor brotación para la siguiente temporada (González y Céspedes, 2010; Kolmans y Vásquez, 1999). Bushway et al. (2008), agregan la importancia del boro en el crecimiento del sistema radical, ya que si se presenta de manera deficiente, puede inducir nuevas carencias.

La deficiencia de boro es la más producida en “berries” entre los micronutrientes (Horuz et al., 2013), la cual se presenta generalmente en suelos livianos y alcalinos, y se intensifica en déficit hídrico, causando brotes apicales necróticos que estimulan una abundancia de brotes con internudos cortos, hojas pequeñas y curvadas. Las flores y frutos se ven afectados por abortos, caídas y deformidades. Frecuentemente, los síntomas de carencia de boro aparecen primero en frutos y luego en brotes, los cuales pueden ser confundidos con síntomas de deficiencia de zinc (Kolmans y Vásquez, 1999; Razeto, 2009; Sánchez, 2010).

Los requerimientos de boro por parte del frambueso son menores, por lo cual existe un estrecho margen entre la deficiencia y toxicidad. Además, la tolerancia que posee el frambueso a este nutriente es baja, clasificándose como un cultivo sensible al no tolerar más de  $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de boro en el agua de riego (Van der Leeden et al., 1990, citado por ASITEC, 2009), contrastando con los más tolerantes como el espárrago que soporta hasta  $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de boro en el agua de riego (Alarcón, 2001). Los niveles tóxicos se presentan generalmente al regar con aguas ricas en boro, en suelos de climas áridos o con aplicaciones excesivas de compost. Los síntomas asociados a su toxicidad se manifiestan en hojas basales para luego afectar las apicales presentando, como se muestra en la Figura 11, clorosis en los bordes y quemaduras desde los nervios laterales hacia la nervadura central, lo cual evoluciona a una necrosis que genera caída prematura de hojas (Alarcón, 2001; Bushway et al., 2008; González y Céspedes, 2010; Razeto, 2009; Sánchez, 2010)



Figura 11. Toxicidad por boro en hojas de frambueso. Fuente: Alarcón (2001).

**Zinc.** Al actuar en los ápices de crecimiento, su presencia mejora la producción de estos centros, el enraizamiento de plantas nuevas, aumenta el vigor de la planta y la cuaja de flores (Bushway et al., 2008; González y Céspedes, 2010; Razeto, 2009).

Esta deficiencia no es frecuente en frambueso ni es considerada como una especie sensible al zinc. De todas maneras, la sintomatología asociada a la carencia de este nutriente muestra una reducción del tamaño de hojas e internudos formando rosetas. Además, las hojas presentan puntos cloróticos en el espacio intervenal. En casos severos, se encuentran brotes muertos y ramas desprovistas de hojas en toda su extensión, a excepción de una roseta terminal producida por el ápice de crecimiento que continúa vivo (Kolmans y Vásquez, 1999; Razeto, 2009).

### **Evolución estacional de los nutrientes en las hojas**

El inicio de la estabilidad nutricional en frambueso coincide con la madurez de sus hojas (140 días post brotación aproximadamente). Es por esto que múltiples autores afirman que la mejor época de muestreo foliar se presenta durante enero y febrero, periodo de máxima estabilidad (Burgos, 1999). La distribución estacional de los nutrientes es similar entre los estudios a señalar, incluso entre variedades remontantes y no remontantes, los cuales indican que los elementos en frambueso tienden a seguir el patrón de acumulación de materia seca y no el de su concentración total (Kowalenko, 1994a; Kowalenko, 2005a; Wright y Waister, 1980).

El comportamiento de los macronutrientes N, P y K en hojas (Kowalenko, 2006), como muestra la Figura 12, es similar disminuyendo sus concentraciones a medida que avanza la temporada de crecimiento. En la etapa inicial manifiesta una marcada baja, estabilizándose después del primer periodo de cosecha (150 días post brotación). Esta evolución deriva de la sincronización entre la tasa de desarrollo de la planta y la velocidad de extracción de nutrientes, por lo que la fase de mayor crecimiento genera una dilución de nutrientes,

disminuyendo su concentración en los tejidos. Los niveles más bajos se presentan durante la senescencia, debido a su traslocación hacia órganos de almacenaje, principalmente a la raíz, los cuales son necesarios para iniciar la siguiente temporada de producción de cañas. Cabe mencionar que al comparar hojas de retoños y cañas, las primeras poseen una concentración significativamente mayor de nitrógeno y fósforo que las segundas (Burgos, 1999; Wright y Waister, 1980).

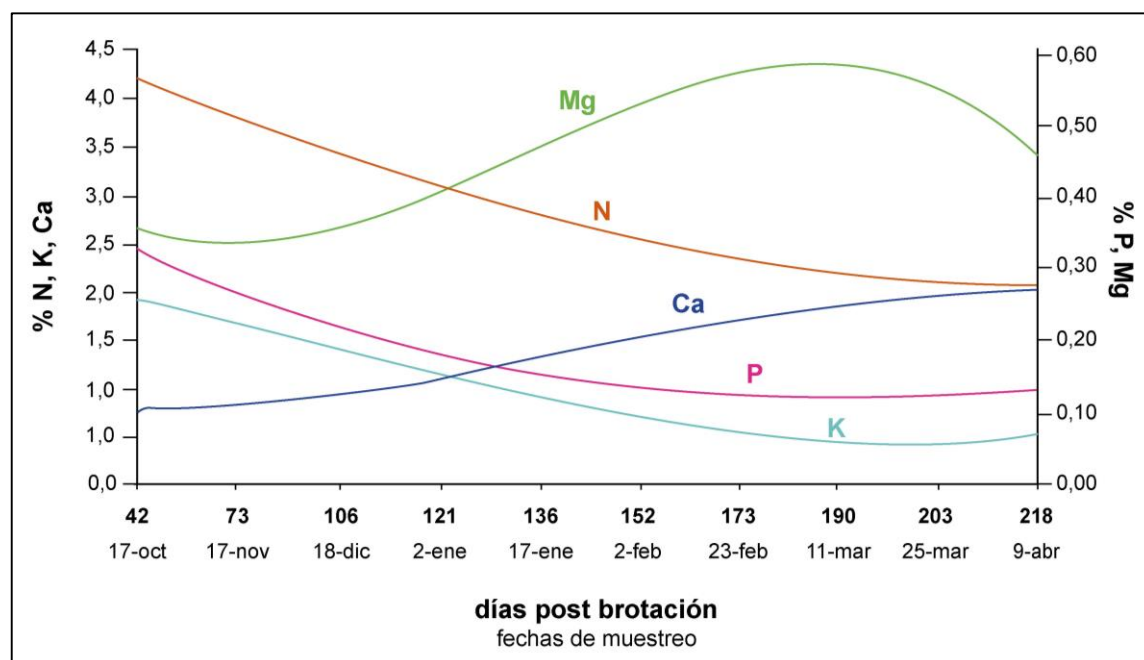


Figura 12. Evolución estacional de macronutrientes en hojas de frambueso variedad Heritage. Región del Biobío, Chile. Brotación de cañas 03/sept./95. Fuente: Modificado a partir de Burgos (1999).

En relación al Ca y Mg en hojas, se caracterizan por incrementar su concentración a lo largo de la temporada de crecimiento, presentando una baja concentración en tejidos jóvenes la cual aumenta a medida que los mismos maduran. Sin embargo, esto no sucede de igual manera en otros órganos. En laterales, frutos y retoños, la concentración de magnesio disminuye notoriamente en el tiempo, mientras el calcio permanece estable o con un leve decaimiento (Burgos, 1999; Wright y Waister, 1980).

En comparación con los macronutrientes, los micronutrientes en la parte aérea poseen un comportamiento disímil durante la temporada como muestra la Figura 13 en hojas. El Zn tiende a disminuir al inicio de ambos períodos de cosecha, pero lo realiza de manera más gradual durante la segunda cosecha al presentan una producción más prolongada y estable que la primera. Luego en post-cosecha, se muestra estable. Por su parte, el Mn muestra una disminución en su concentración hasta el primer período de cosecha, para prontamente aumentar y estabilizarse en post-cosecha. Fe tiende a aumentar su concentración a medida que avanza la estación con una leve baja al inicio de ambas cosechas. Sin embargo, a fin de temporada no refleja los estándares de concentración por lo que se interpreta como una

conducta errática. En el caso del Cu y B, presentan un comportamiento opuesto, al observar una disminución del primero y un aumento gradual del segundo a lo largo de la temporada de crecimiento (Burgos, 1999; Kowalenko, 2005a).

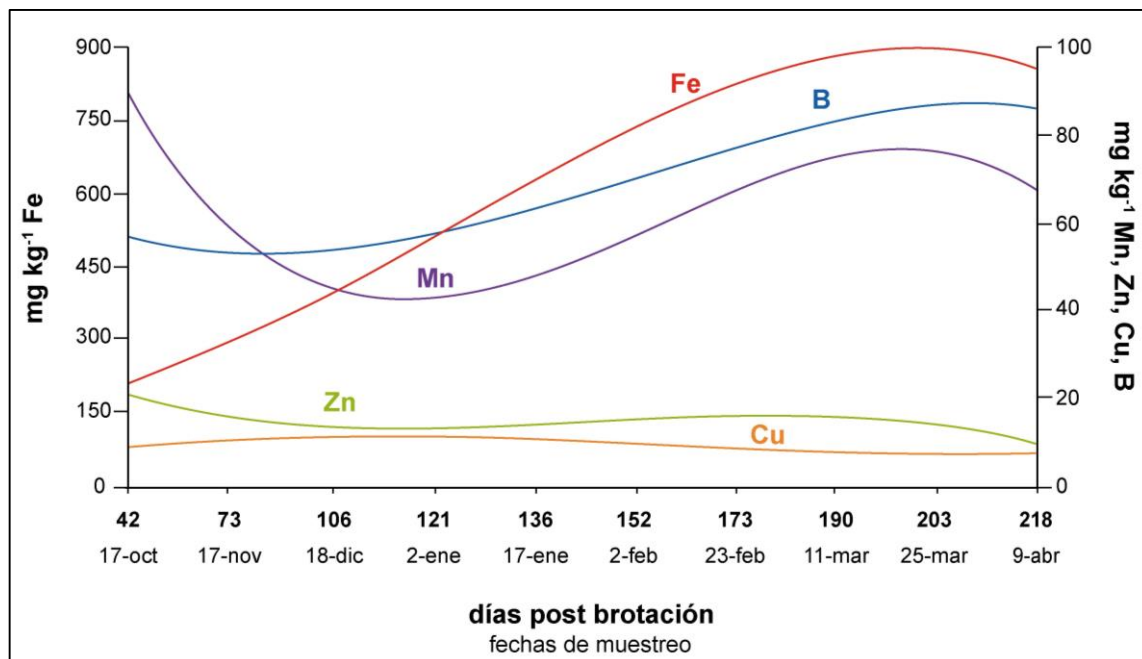


Figura 13. Evolución estacional de micronutrientes en hojas de frambueso variedad Heritage. Región del Biobío, Chile. Brotación de cañas 03/sept./95. Fuente: Modificado a partir de Burgos (1999).

### Absorción de nutrientes en relación al crecimiento y desarrollo

Varios factores intervienen en la absorción de nutrientes en frambueso, de los cuales destaca la morfología radical al estar relacionada directamente con el suministro de nutrientes a la planta, por lo que su comprensión y cuidado es relevante para lograr una adecuada nutrición.

**Sistema radical.** El frambueso se caracteriza por tener raíces finas, superficiales y fibrosas, las cuales se desarrollan especialmente en forma horizontal y alcanzan distancias de hasta 3 m desde la caña principal. Presentan abundantes yemas adventicias, responsables de originar retoños, que permiten colonizar el suelo en círculo al distribuirse en todas direcciones. Posee un desarrollo limitado que ocurre entre los primeros 25 y 50 cm de profundidad de suelo, en donde el 70% de las raíces se ubican en los primeros 30 cm como lo indica la Figura 14. Debido a la poca profundidad que logran sus raíces, este cultivo es muy exigente con la humedad del suelo, al utilizar sólo los 60 cm superiores del suelo para abastecerse de agua y nutrientes, por lo que en periodos críticos de precipitaciones o de desarrollo del frambueso como crecimiento de brotes y formación de frutos, el riego se

vuelve importante (Alvarado, 2006; Bañados, 2002; CIREN, 1988; Funt y Hall, 2013; Sava, 2013).

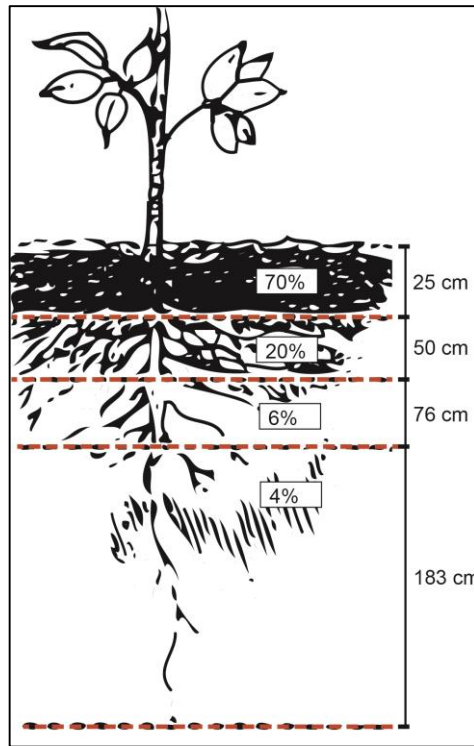


Figura 14. Distribución del sistema radical del frambueso. Fuente: Modificado a partir de Funt y Hall (2013).

**-Sanidad.** Para incrementar o mantener la salud de las raíces, es importante mejorar la estructura del suelo con aplicaciones de materia orgánica, la cual aumenta el espacio poroso, intercambio de oxígeno, drenaje del suelo, entre otros (Funt y Hall, 2013; Hirzel y Salazar, 2011). Múltiples estudios comprueban los beneficios del uso de enmiendas orgánicas como el compost, entre ellos Forge y Kempler (2009), al demostrar que favorece el crecimiento del sistema radical al mejorar el pH del suelo, aumentar el calcio disponible y al disminuir la densidad de población del patógeno *Pratylenchus penetrans*, especie de nemátodo que genera lesiones radiculares en frambueso. De la sanidad y vigor que posean las raíces, se determina la longevidad del frambuesal, en donde raíces enfermas, además de no cumplir de manera normal con la absorción de nutrientes y agua, sobreviven un par de años, mientras que un sistema radical sano puede llegar a vivir más de 20, lo cual incide directamente en el rendimiento y futuro del cultivo (Bañados, 2002).

**- Interacciones simbióticas.** De lo anterior se desprende, la importancia que posee el sistema radical en la absorción de nutrientes, por lo que estimular las interacciones simbióticas y asociativas eficientes con microorganismos del suelo, como micorrizas y rizobacterias, contribuye a mejorar la eficiencia de captación de nutrientes, el crecimiento del frambueso y la calidad de suelo (Pedraza et al., 2010).

- Micorrizas. Campos-Mota et al. (2004), evaluaron el efecto que posee la micorriza arbuscular *Glomus mosseae* en frambueso variedad Autumn Bliss, demostrando su influencia en la nutrición, al incrementar la relación sólidos solubles totales/acidez titulable, favorecer el abastecimiento de asimilados y mejorar la calidad de fruta del frambueso. Sin embargo, Taylor y Harrier (2000) recalcan que no todas las especies de micorrizas promueven efectos benéficos, incluso la especie *Gigaspora* genera un efecto depresivo en el crecimiento del frambueso, probablemente debido a una incompatibilidad con *Rubus idaeus* L. variedad Glen Prosen, por lo que la elección de la micorriza a inocular posee un factor decisivo en el crecimiento y nutrición de la plantación.

- Rizobacterias. Orhan et al. (2006), comprobaron que al inocular las raíces del frambueso variedad Heritage, con rizobacterias del género *Bacillus* cepa M3 (fijadora de nitrógeno y solubilizadora de fosfato), posee potencial de manera individual o combinada con la cepa fijadora de nitrógeno OSU-142, de aumentar el rendimiento, crecimiento y nutrición de la planta en condiciones de manejo orgánico (Cuadro 4). Otros beneficios asociados son el aumento de resistencia a enfermedades y factores ambientales, como la sequía. Su uso en la agricultura orgánica requiere de estrategias para introducir y mantener las poblaciones de bacterias benéficas tanto en el cultivo como en los suelos cercanos a él (Sturz y Nowak, 2000).

Cuadro 4. Efecto de dos rizobacterias sobre el crecimiento y rendimiento en frambueso variedad Heritage con sistema de producción orgánica. Provincia de Erzurum, Turquía.

Parámetro	<i>Bacillus</i> M3	<i>Bacillus</i> M3 + OSU-142
	% de incremento en relación al control	
Rendimiento	33,9	74,9
Longitud de caña	13,6	15,0
Número de racimos/caña	25,4	28,7
Número de bayas/caña	25,1	36,0

Fuente: Modificado a partir de Orhan et al. (2006).

- **Crecimiento.** El crecimiento de la raíz y su intensidad depende de varios factores, entre ellos, la edad de la planta, la etapa de desarrollo de los brotes, la poda de raíces y parte aérea, el contenido de nutrientes, humedad y temperatura del suelo, en donde éstas 2 últimas condiciones son las más influyentes ambientalmente, representando más del 80% de la variabilidad que puede tener el crecimiento de las raíces (Gilman, 1990).

El sistema radical del frambueso posee dos periodos de crecimiento durante la temporada, en donde los retoños son la principal fuente de hidratos de carbono tanto para el crecimiento, como el almacenamiento. El primer periodo se inicia en primavera (septiembre) hasta los meses de octubre y noviembre, en donde comienza el crecimiento de brotes y hojas. La segunda etapa de crecimiento ocurre en otoño (Marzo), luego de finalizado el crecimiento de brotes (Atkinson, 1973, citado por Gilman, 1990; Fernández y

Pritts, 1993; Whitney, 1982, citado por Alvarado, 2006). Esta fase, en la cual se almacena N para ser destinado a los nuevos brotes que se encuentren en crecimiento durante la primavera siguiente, posee gran relevancia al influir directamente sobre la producción de dicha temporada. Bañados y Marchant (2001), cuantificaron la capacidad de almacenaje que posee el frambueso variedad Heritage durante el periodo invernal, en donde las raíces presentaron un 36 y 52% del peso seco total y contenido total de nitrógeno en la planta respectivamente, seguido del 35 y 30% presentado en cañas, afirmando que las raíces son el órgano con la mayor reserva de nitrógeno durante el invierno. Galindo-Reyes et al. (2011), concuerdan con la frase anterior y la complementan al publicar que la raíz posee las mayores acumulaciones de N, P y K en relación al contenido total absorbido por la variedad Autumn Bliss con un 52, 53 y 37% respectivamente.

**Fenología.** La época de absorción de nutrientes y su intensidad son dependientes de la fenología de la especie, la cual define una estacionalidad de necesidades, debido a que cada fase del frambueso posee una exigencia distinta, al inducir a la planta a absorber los nutrientes disponibles en la solución suelo en menor o mayor proporción, reservándolos en la madera y/o raíz a la espera de ser trasladados al órgano que los necesita para así, seguir con un desarrollo normal. Al mismo tiempo, la intensidad del flujo y distribución entre órganos se encuentran muy relacionados con los factores ambientales destacando la temperatura y disponibilidad de agua que inciden sobre el metabolismo radicular y crecimiento de la parte aérea del frambueso; y factores de manejo como las podas, carga frutal, época y dosis de fertilización que determinan el flujo y distribución de nutrientes dentro de la planta. Por lo mismo, estos factores poseen una influencia directa sobre el crecimiento y la producción del año próximo, afectando también las formas de almacenamiento y movilización de nutrientes (Galindo-Reyes et al., 2011; Kowalenko, 1994a; Rempel et al., 2004).

La Figura número 15 muestra las fases de crecimiento expresado como materia seca, de distintas partes del frambueso. Se observa que los retoños de la variedad Titan (no remontante) poseen 2 fases de crecimiento. La primera ocurre hasta el “peak” de cosecha, para luego disminuir su tasa de acumulación de materia seca y aumentarla en post-cosecha. En cuanto a las cañas, poseen un aumento de materia seca en plena flor, sin embargo, en post-cosecha es cuando tiene un aumento significativo como consecuencia de la emergencia de nuevos laterales de yemas en dormancia. El sistema radical primeramente sufre una pérdida de materia seca ocasionada por la brotación de cañas y emergencia de retoños, para luego, aumentar significativamente su materia seca durante el inicio de fructificación, seguido por una segunda pérdida (Fernández y Pritts, 1993).

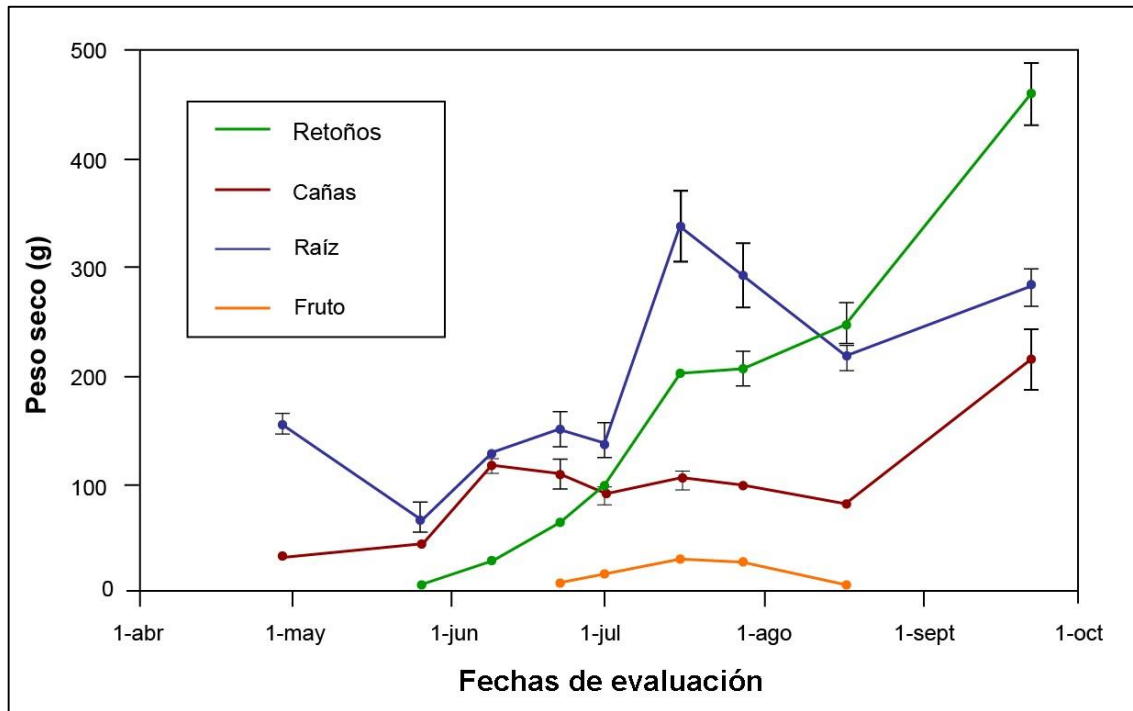


Figura 15. Peso seco promedio de retoños, cañas, raíz y frutos de plantas de frambueso variedad Titan, cultivadas en maceta. Nueva York, Estados Unidos. Barras verticales indican error estándar de los promedios. Fuente: Modificado a partir de Fernández y Pritts (1993).

Fernández y Pritts (1993) muestran los cambios estacionales que posee el frambueso en la acumulación de materia seca y el patrón de fijación de carbono, los cuales dependen de la tasa de crecimiento o de la fuerza de órganos sumideros existentes en distintos lugares de la planta. Esto se aprecia antes de comenzar la fructificación, en donde la raíz aumenta la acumulación de materia seca de manera repentina, lo cual alude a una translocación de fotoasimilados desde los retoños que desaceleran su tasa de crecimiento al no ser el sumidero más fuerte durante este periodo. Luego, durante el “peak” de cosecha, la raíz disminuye su acumulación de materia seca al convertirse en una fuente de productos carbonados requeridos por las cañas. Por lo tanto, como el reparto de carbono es controlado por la fuerza de un sumidero, existe una fuerte competencia de fotoasimilados entre los frutos en desarrollo y el sistema radical del frambueso, demostrando que en el periodo de inicio de fructificación ocurre la máxima demanda de nutrientes en el frambueso, mientras retoños, raíces y frutos están en crecimiento (Alvarado, 2006; Fernández y Pritts, 1996). Cabe destacar, que el carbono fijado en retoños, no se detecta en cañas, concluyendo que éstos no son compartidos a la parte aérea del frambueso, o como afirman Wright y Waister (1980), no evidencian competición entre ellos por nutrientes minerales.

**Acumulación de nutrientes.** En relación a la acumulación de nutrientes, se observa finalizada la fructificación que los frutos del frambueso contienen la mayor proporción de nutrientes comparado con el total de la parte aérea de la planta, en donde los macro y micro



nutrientes alcanzan los siguientes porcentajes: N 32%, P 42%, K 42%, Ca 15%, Mg 21%, Cu 22%, Zn 20%, B 9%, Fe 6% y Mn 5%. Dichos niveles de acumulación generan una pérdida nutricional importante en el huerto al momento de la cosecha, la cual debe ser considerada al planificar la fertilización para la temporada siguiente. Las hojas también realizan una considerable acumulación de macronutrientes, los que son reciclados por la planta a través del suelo. Esto concuerda con lo señalado por Wright y Waister (1980), donde se afirma que las mayores concentraciones de nutrientes se encuentran en las zonas de activo crecimiento, diluyéndose a medida que los tejidos se elongan. Así, frutos y hojas tienen altos niveles de concentración, retoños y laterales fructíferos poseen un nivel de concentración de nutrientes intermedio y las cañas uno menor (Kowalenko, 1994b; Kowalenko, 2005a; Wright y Waister, 1980).

Los valores promedio de acumulación de nutrientes entregados en el Cuadro 5, son útiles para comparar los requerimientos de fertilización del cultivo o para saber qué cantidad de un elemento se necesita por unidad de área de suelo para el crecimiento del cultivo. Las diferencias en las cantidades mostradas entre estudios probablemente están influenciadas por el tipo de suelo, clima, variedades y manejo como la distancia establecida entre hilera, pero a pesar de estos factores, las proporciones son bastante similares (Kowalenko, 1994a). Por ejemplo, Burgos (1999), enfatiza que los grandes valores de N y Ca acumulados se relacionan al gran vigor presentado en Heritage, la cual alcanzó una altura promedio de cañas de 2,43 m.

Cuadro 5. Valores promedio de acumulación de nutrientes en la parte aérea del frambueso por diversos autores.

Autor	Variedad	Nutriente				
		N	P	K	Ca	Mg
		----- (kg·ha <sup>-1</sup> ) -----				
Wright y Waister (1980)	Glen Clova	164,0	19,0	156,0	111,0	24,0
Dale (1986), citado por Burgos (1999)	-	52,6	6,5	47,5	26,7	7,0
Kowalenko (1994a)	Williamette	107,0	11,0	102,0	48,0	20,0
Burgos (1999)	Heritage	129,0	12,0	66,0	81,0	17,0
Kowalenko (2005b)	Williamette	85,0	9,0	71,0	44,0	12,0
Kowalenko (2005b)	Haida	82,0	8,0	58,0	35,0	10,0

Cabe destacar, según el Cuadro 5, que los nutrientes más importantes para el frambueso son el nitrógeno y el potasio, ya que el nitrógeno estimula el crecimiento vegetativo y el potasio afecta el rendimiento de la planta. Además Kowalenko (1994b) afirma que el contenido de estos nutrientes en frambuesas maduras es similar y ocho veces más grande que el contenido de fósforo, calcio y magnesio. Esto prueba que el frambueso demanda nitrógeno y potasio, pero no necesariamente fósforo, debido a que su contenido natural en el suelo, usualmente satisface las necesidades del frambueso (Buskiene y Uselis, 2008).

En relación a la acumulación total de N en la parte aérea del frambueso, Strik (2008) señala que varía desde 69 hasta 122 kg·ha<sup>-1</sup>, valores cercanos a los exhibidos en el Cuadro 5, en donde Rempel et al. (2004), complementan esta información al publicar el reparto del N total sobre suelo en frambueso variedad Meeker, señalando que durante un periodo de 2 años se remueve un 17% del N con la poda, 12% con la senescencia de las hojas de retoños y un 13% al cosechar los frutos, manteniéndose un 30% en la planta durante el invierno. El 28% restante lo declara como pérdida o reserva en raíces.

La velocidad de absorción de nutrientes en frambueso variedad Heritage fue determinada por Burgos (1999) en la Región del Biobío, concluyendo que el N, P y K poseen una tasa acumulada similar, en donde el 50% de la absorción total de cada uno de ellos se produce a 119 días post brotación. Comportamiento disímil presentan el Ca y Mg, con una tasa de acumulación diaria menor durante el inicio de temporada, para luego exhibir un incremento más sostenido de absorción logrando 1 mes después (150 días post brotación) el 50% de absorción total. En el caso de los micronutrientes, muestran la mayor tasa acumulada de absorción durante el mes de enero, por lo que al llegar a los 150 días post brotación, se ha acumulado cerca del 75% de Zn, Fe, Mn y Cu, a excepción del B, el cual posee tasas menores de absorción a la misma fecha.

La absorción de nutrientes vía fertilización foliar otorga la posibilidad de suministrar nutrientes a la planta cuando las condiciones del suelo limitan la absorción de la raíz o durante los periodos de rápido crecimiento, en donde las necesidades pueden superar la oferta de la raíz (Boynton, 1954; Swietlik y Faust, 1984), e incluso cuando la disponibilidad de nutrientes en el suelo es óptima, siempre y cuando, los niveles más altos de nutrientes en la planta, se traduzcan en un mayor crecimiento y rentabilidad. Por lo anterior, Reickenberg y Pitts (1996), cuantificaron la absorción foliar de N y K en la planta de frambuesa variedad Heritage, concluyendo que la fertilización foliar es importante, siempre que se realice constantemente, ya que si sólo se realiza en una ocasión la cantidad absoluta entregada es pequeña, lo cual reduce su participación a menos de un 5% de los nutrientes totales de la planta. Además, sostuvieron que después de un periodo de 7 días, los nutrientes absorbidos ya se encuentran traslocados en toda la planta.

### **Recomendaciones comerciales de fertilización orgánica**

El manejo nutricional de un huerto orgánico posee una dificultad y dedicación mayor que en uno convencional, ya que además de variar las necesidades de fertilización del frambueso según las condiciones del suelo, edad, estado fenológico, condición vegetativa, potencial productivo y variedad del cultivo, la velocidad de entrega de nutrientes de algunas fuentes de fertilización autorizadas como el compost y abonos verdes es lenta debido a la dependencia que posee con la actividad biológica del suelo, por lo que la liberación de elementos como el nitrógeno, fósforo y azufre abarca un tiempo importante, no así con el potasio y calcio, los cuales son entregados de manera más rápida (Hirzel, 2010; Urtubia, 2010).

Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo monográfico, los análisis de suelo (Anexo 5) y foliares (Anexo 4) son fundamentales al realizar una recomendación de fertilización acertada y específica para cumplir con los objetivos de la producción de frambuesa: obtener altos rendimientos y calidad, lo cual se expresa en una mayor rentabilidad para el cultivo en cuestión. Por esto, la Universidad de Oregon (Estados Unidos) menciona los niveles de nutrientes en hoja considerados normales: 2,2 a 3,0% de N; 0,2 a 0,45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,25 a 3,0% de K<sub>2</sub>O, por lo que valores inferiores o superiores a estos se interpretan como una deficiencia o exceso de los nutrientes involucrados (Cazanga y Leiva, 2013).

Por otro lado, Hirzel (2010) entregó una forma de calcular la dosis de nutrientes demandada por el frambueso cuando no se poseen estos análisis, pero sí se conocen características químicas del suelo. Para obtener la dosis de cada nutriente en kg·ha<sup>-1</sup> se debe multiplicar el rendimiento esperado (t·ha<sup>-1</sup>) por el factor señalado en el Cuadro 6, en donde, según los conocimientos y observaciones previas del predio se hace uso de un número mínimo, intermedio o máximo del rango establecido, en donde se entiende que, si se aprecia una abundancia de un elemento, se utilizará el número inferior de dicho rango y viceversa.

Cuadro 6. Rango según elemento a multiplicar con el rendimiento esperado, para estimar la necesidad de nutrientes del frambueso en kg·ha<sup>-1</sup>.

Elemento	Rango según la cantidad de nutriente en el suelo	
	Abundancia	Deficiencia
Nitrógeno	8,0	10,0
Fósforo	3,0	6,0
Potasio	6,0	12,0
Magnesio	1,0	3,0
Azufre	1,0	3,0
Boro	0,1	0,2
Zinc	0,1	0,2

Fuente: Modificado a partir de Hirzel (2010).

Por otra parte, Sánchez (2010) presenta los requerimientos nutrimentales anuales del frambueso en función del rendimiento estimado, por lo que las necesidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O para producciones de 10 hasta 15 t·ha<sup>-1</sup> varían entre 55-90, 20-35 y 60-100 kg·ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Hay que considerar que el nitrógeno es uno de los nutrientes que tiene la mayor incidencia en el rendimiento y calidad de las frambuesas, y que las principales fuentes de nitrógeno utilizadas en huertos orgánicos, como el compost y abonos verdes, no entregan todo el nitrógeno disponible, dejando en la misma temporada de aplicación entre un 15 y 40% en el caso del compost, y entre 5 y 20% de nitrógeno los abonos verdes. Sin embargo, al ser producidos en el mismo huerto poseen un menor costo en comparación con las harinas de

sangre, salitre y guanos rojos, que ostentan una velocidad de entrega mayor. Además, con el uso de acolchado o “mulch” orgánico (paja, aserrín u otros) se genera una reducción del nitrógeno disponible, por lo cual se debe considerar una aplicación adicional de nitrógeno a razón de 4 a 5 kg por cada m<sup>3</sup> de acolchado usado (Hirzel, 2010; Lind et al., 2003; Mikkelsen y Hartz, 2008; Quezada et al., 2007).

Considerando lo anterior, Hirzel (2010) recomienda aplicar compost, abonos verdes y roca fosfórica en otoño-invierno, mientras que en primavera se realizan las aplicaciones de guano rojo, harina de sangre considerando una dosis máxima de 20 kg de N por aplicación para evitar la toxicidad de amonio, y salitre sódico/potásico el cual no se debe aplicar más del 15% de la dosis total de nitrógeno requerida.

Desde otro punto de vista, Jara-Peña et al. (2003), avalan el uso de vermicomposta o humus, al generar resultados positivos con aplicaciones de 600 u 800 kg·ha<sup>-1</sup> aproximadamente, observando un aumento en el número de hojas, altura de planta, diámetro de caña, materia fresca y seca en frambueso variedad Autumn Bliss, bajo condiciones Mexicanas.

Por su parte, Céspedes (2012) enfatiza los beneficios que provocan las aplicaciones de guano rojo en frambueso, al aumentar un 40% el rendimiento de un huerto de 3 años variedad Heritage localizado en la Región del Biobío, indicando su uso como suplemento a las 10 t·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> de compost aplicado. Su aplicación se recomienda al inicio de primavera y nuevamente en verano, mencionando que las dosis utilizadas en dicho huerto fueron de 850 kg·ha<sup>-1</sup> previo a floración y 430 kg·ha<sup>-1</sup> después de la primera cosecha.

En relación a los micronutrientes, se recomiendan aplicaciones foliares de supermagro diluido al 2-5% en invierno y en verano al 1-2,5% cada dos semanas según necesidad (Hirzel, 2010). De manera más específica, se indican aplicaciones foliares en floración de calcio y boro en variedades remontantes para mejorar la cuaja y calidad de fruta (Céspedes, 2012).

Actualmente en el comercio existen fertilizantes orgánicos permitidos por la Norma Chilena Orgánica los cuales se caracterizan por poseer una baja solubilidad, no contaminar, activar biológicamente el suelo y mejorar sin desequilibrar la estructura del suelo. Entre éstos se encuentran el guano rojo, harina de sangre, harina de hueso, roca fosfórica y productos similares al té de compost y supermagro como Fartum®, Terra Sorb®, Phyllium®, entre otros (SAG, 2013) (Anexo 6). A continuación se muestran las recomendaciones de fertilización de Patagonia Biotecnología S.A con productos asociados a la marca Fartum®.

Cuadro 7. Recomendaciones de fertilización con productos Fartum®.

Producto	Etapa fenológica a aplicar				Objetivos y recomendaciones
	Brotación	Cuaja	Pinta	Postcosecha	
Germinal	1L·100L <sup>-1</sup> de agua				Aumenta vigor y enraizamiento
Foliar	5 L·ha <sup>-1</sup>	8 L·ha <sup>-1</sup>		5 L·ha <sup>-1</sup>	Estimula desarrollo
Magnesio	1 L·ha <sup>-1</sup>				Activa crecimiento
Calciboro		2 L·ha <sup>-1</sup> (2 veces)			Mejora fotosíntesis y consistencia fruto
Silicium PK			6 L·ha <sup>-1</sup>		Cambio de color de fruto
Potasio			2 L·ha <sup>-1</sup>		Mejora maduración, calibre y color

Fuente: Modificado a partir de Patagonia Biotecnología S.A (2014).

En el caso de Terra Sorb® foliar, fabricado por Bioiberica S.A, se recomienda aplicar de 2 a 3 L·ha<sup>-1</sup> en floración, cuaja y crecimiento de fruto para aumentar cuajado y calibre, debido a su aporte de boro, magnesio, zinc y aminoácidos libre.

FIA (2010), menciona el programa de fertilización de ocho agricultores participantes en un proyecto de conversión a cultivo orgánico de frambuesa, en donde se realizaron aplicaciones de compost sobre hilera según el análisis de suelo realizado en agosto. Luego en octubre se aplicaron 40 kg·ha<sup>-1</sup> de azufre para estimular la liberación de nutrientes. Finalmente, en noviembre se utilizó 1 L·ha<sup>-1</sup> de Bi-o-mar® como activador biológico, 100 kg·ha<sup>-1</sup> de salitre Ecofos® y 50 kg·ha<sup>-1</sup> de harina de sangre. Sólo en huertos deficientes de potasio se realizaron aplicaciones de Sulpomag® con una dosis de 300 kg·ha<sup>-1</sup>.

No existen estudios que indiquen valores concretos o generales en un programa de fertilización orgánica de frambueso, lo cual concuerda con los principios de este sistema de producción, el cual no se basa en aplicaciones con números aleatorios para conseguir buenos rendimientos, sino que deben reflejar los requerimientos específicos que posee cada huerto. Por esto se aclara que los valores entregados en este escrito son sólo referenciales y dependen de la mezcla y cantidad de productos a utilizar, por lo que en ningún caso se debe tomar esta recopilación como programa de fertilización de frambueso orgánico.

## Riego en frambueso

### Estimación de los requerimientos hídricos

Los requerimientos hídricos del frambueso, como de cualquier otro cultivo, dependen del estado de desarrollo de la planta, por lo tanto es importante determinar los estados fenológicos del frambueso para una correcta planificación del riego (Luppichini et al., 2001). En este sentido, un componente principal para el óptimo manejo del agua es pronosticar el uso de ésta, tanto en cantidad como en la frecuencia de riego.

De acuerdo a Allen et al. (2006), la estimación de los requerimientos hídricos de un cultivo puede ser calculada de acuerdo a dos factores: evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ), que se define como la evapotranspiración de un cultivo corto, verde, de altura uniforme, que cubre completamente el suelo (pasto hipotético) y que no posee limitantes de agua; y el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), que corresponde a un valor propio de cada especie. El producto de estos factores resulta en la obtención de la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), la cual corresponde a las necesidades hídricas del cultivo.

La correcta estimación de las necesidades hídricas de un cultivo se basa en el cálculo preciso de la  $ET_0$ , la cual es posible obtenerla de forma directa mediante bandejas de evaporación, o indirectamente, a través de distintas fórmulas empíricas las cuales requieren de información meteorológica para su cálculo (Maina et al., 2012). El método indirecto más utilizado y recomendado por la FAO corresponde a la ecuación de Penman – Monteith (Allen et al., 1989).

**Coficiente de cultivo.** Es un valor adimensional; específico para cada cultivo, variedad y estado fenológico; varía según las condiciones climáticas y cobertura; e integra las diferencias que existen entre la evapotranspiración de un cultivo de referencia y la evapotranspiración de un cultivo en particular, para este caso el cultivo del frambueso. La obtención de diferentes  $K_c$  entre especies y estados de desarrollo, se basa en las diferencias físicas y fisiológicas existentes entre éstos. Las diferencias radican en: altura del cultivo, albedo, resistencia del cultivo y evaporación (Allen et al., 2006).

Por lo anterior Allen et al. (2006), establecen tres coeficientes de cultivo para las cuatro etapas de crecimiento de la especie, estableciéndolas como  $K_c$  inicial,  $K_c$  medio y  $K_c$  final. De esta manera, el Ministry of Agriculture of Canada (2001) determinó que el  $K_c$  inicial corresponde a 0,4, valor asociado desde la primera aparición de hojas hasta el 10% de cobertura del suelo; el  $K_c$  medio corresponde a 1,2, valor utilizado cuando el cultivo alcanza el 100% de cobertura de suelo; y el  $K_c$  final que corresponde a 0,75 y se utiliza cuando el cultivo está próximo a la cosecha.

De acuerdo con el trabajo de AGRIMET (1975) para el pacífico noroeste de Estados Unidos, el  $K_c$  muestra variaciones desde 0,15 con la apertura de la primera hoja hasta 0,80 cuando el cultivo pasa su etapa productiva, indicando que el valor para  $K_c$  más alto se

aprecia en la etapa de plena floración, alcanzando un valor de 1,01. En la Figura 16, se observa la curva del coeficiente de cultivo en relación al porcentaje de la etapa de crecimiento del cultivo.

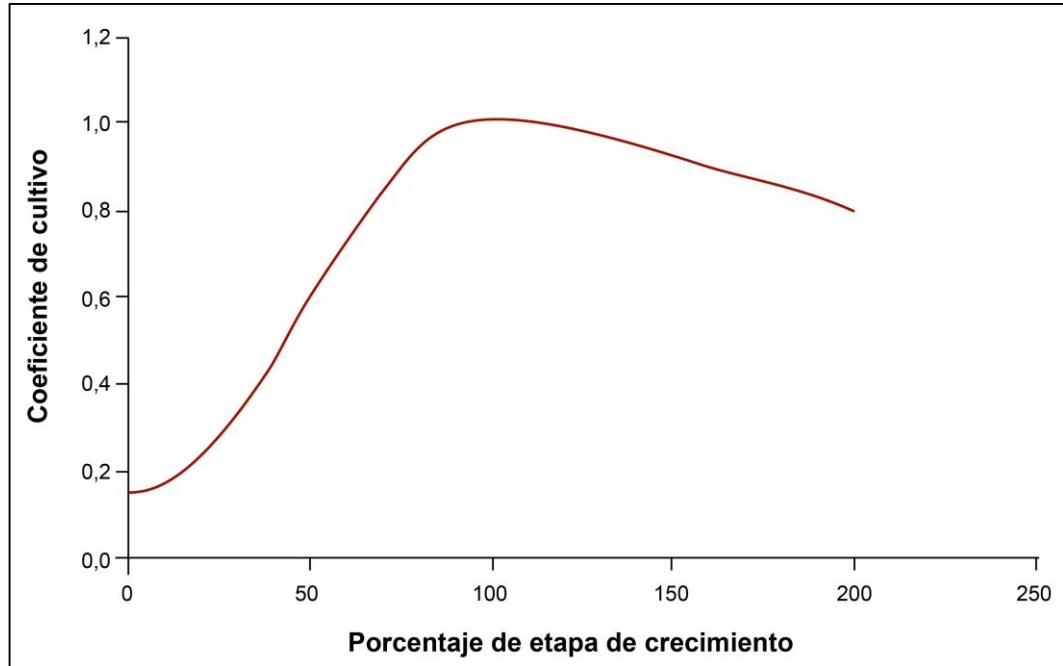


Figura 16. Coeficiente de cultivo del frambueso ( $K_c$ ) expresado como una curva en relación del porcentaje de la etapa de crecimiento. Pacífico noroeste, Estados Unidos. Fuente: Modificado a partir de AGRIMET (1975).

Por otra parte, un trabajo realizado por Dorembos y Pruitt (1976), citado por Uribe y Maldonado (2000), estableció el  $K_c$  de acuerdo a los distintos estados fenológicos del frambueso, dividiendo éstos en: brotación, floración, crecimiento de fruto, pinta, cosecha y estado vegetativo. Los valores para cada estado fenológico correspondieron a 0,45; 0,51; 0,55; 0,69; 0,75 y 0,61 respectivamente. Cabe destacar que a pesar de la antigüedad de estos valores, a nivel nacional aún son usados para recomendaciones de riego o trabajos investigativos relacionados al riego en frambueso.

Como se menciona anteriormente, la  $ET_c$  no varía sólo según su estado fenológico, sino que también lo hace cuando existen limitantes ambientales que afecten el crecimiento del cultivo y/o por no tener un manejo óptimo, lo cual restringe su evapotranspiración (Allen et al., 2006). Por esto, López-Olivari et al. (2013), señalan en el Cuadro 8 valores ajustados de  $K_c$  para cada estado fenológico al considerar las condiciones ambientales y geográficas en donde se cultiva el frambueso.

Cuadro 8. Valores de coeficiente de cultivo (Kc) en frambueso según su estado fenológico para un suelo franco arcilloso. Región del Maule, Chile. ETa: Evapotranspiración actual.

<b>Estado Fenológico</b>	<b>Kc</b>	<b>Kc calibrado (75% ETa)</b>
Brotación	0,45	0,34
Floración	0,51	0,38
Crecimiento fruto	0,55	0,41
Pinta	0,69	0,52
Cosecha	0,75	0,56

Fuente: Modificado a partir de López-Olivari et al. (2013).

**Evapotranspiración de cultivo.** Este concepto se refiere a la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua, normalmente expresada en milímetros por unidad de tiempo. Los principales factores que influyen en este valor son las condiciones ambientales, las características del cultivo, como su edad, variedad y estado fenológico y el manejo entregado, como el uso de coberturas de suelo, entre otros (Allen et al., 2006).

Por consiguiente, para determinar la evapotranspiración del frambueso (ETc), utilizar información de suelo y clima se convierte en una herramienta necesaria para no malgastar el recurso hídrico, ni exponer a problemas de rendimiento y/o fitosanitarios al cultivo. A nivel local, la necesidad hídrica determinada para el frambueso regado por surco se estima aproximadamente en  $4.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  por temporada en la Región del Maule (Ortega-Farías et al., 2013) y de  $3.500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  por temporada en la Región del Biobío (Luppichini *et al.*, 2001).

Sin embargo, los productores de la Región del Maule no hacen uso de esta información, por lo que el volumen de agua aplicado por ellos varía desde  $7.000$  a  $10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  por temporada con rendimientos de  $14$  a  $19 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  para el frambueso regado por surco, valores inferiores a las  $22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  de frambuesa logradas al regar los  $4.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  estimados para la el cultivo en esa zona (Ortega-Farías et al., 2013).

Cabe mencionar, que las necesidades hídricas del frambueso no son constantes durante la temporada (Cuadro 9), manifestando su máximo consumo de agua en el periodo de fructificación a cosecha (Luppichini et al., 2001; Morales et al., 2013). Incluso en variedades remontantes, se ha aplicado más del 50% del consumo hídrico anual requerido por la variedad durante esta etapa (Ortega-Farías et al., 2013). Además, el volumen de agua aplicado en el predio varía según el sistema de riego seleccionado, siendo la cinta y el surco los métodos más utilizados por los agricultores chilenos en el cultivo del frambueso. En el Cuadro 9, se muestra cómo varían los requerimientos hídricos del frambueso mensualmente y la cantidad extra de agua a considerar según el porcentaje de eficiencia que ostenta cada método de riego, evidenciando que la cinta de goteo posee un riego mucho más eficiente que el riego por surco. La relevancia que adquiere la preferencia de sistemas de riego tecnificados por los agricultores es mayor y necesaria, especialmente con los problemas hídricos presentes y futuros que ostenta el país (Luppichini *et al.*, 2001).



Cuadro 9. Volúmenes de agua requeridos ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mes}^{-1}$ ) por huertos de frambuesa regados por cinta o surco. Región del Biobío, Chile. 100% ETc = Requerimiento de agua del frambueso, sin ajustar según el tipo de riego a utilizar.

Mes	100% ETc	Cinta	Surco
		(Eficiencia = 95%)	(Eficiencia = 50%)
----- ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mes}^{-1}$ ) -----			
Septiembre	213	225	321
Octubre	354	372	531
Noviembre	504	528	756
Diciembre	732	768	1.098
Enero	711	747	1.068
Febrero	615	645	924
Marzo	417	438	627
<b>Total</b>	<b>3546</b>	<b>3723</b>	<b>5325</b>

Fuente: Modificado a partir de Luppichini et al. (2001).

Siguiendo la tendencia de utilizar de manera responsable y eficiente el recurso hídrico, Koumanov et al. (2006), verificaron que se puede reponer un 75% de la ETc para la variedad Lyulin (remontante) sin impactar negativamente el rendimiento ni la calidad de la fruta en Bulgaria. Esta aseveración concuerda con estudios realizados en Colbún, Región del Maule en donde Ortega-Farías et al. (2013) estudiaron los efectos de distintos niveles de reposición hídrica en frambuesa variedad Heritage, concluyendo que la mejor combinación entre volumen de agua aplicado y rendimiento se produjo al reponer el 75% de la evapotranspiración del frambueso ( $3.651 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  por temporada), lo cual generó 8,3 kg de fruta fresca por  $\text{m}^3$  de agua aplicada como se muestra en la Figura 17, y a pesar que la reposición del 50% de la ETc muestra una mayor productividad del agua, los rendimientos obtenidos fueron significativamente menores.

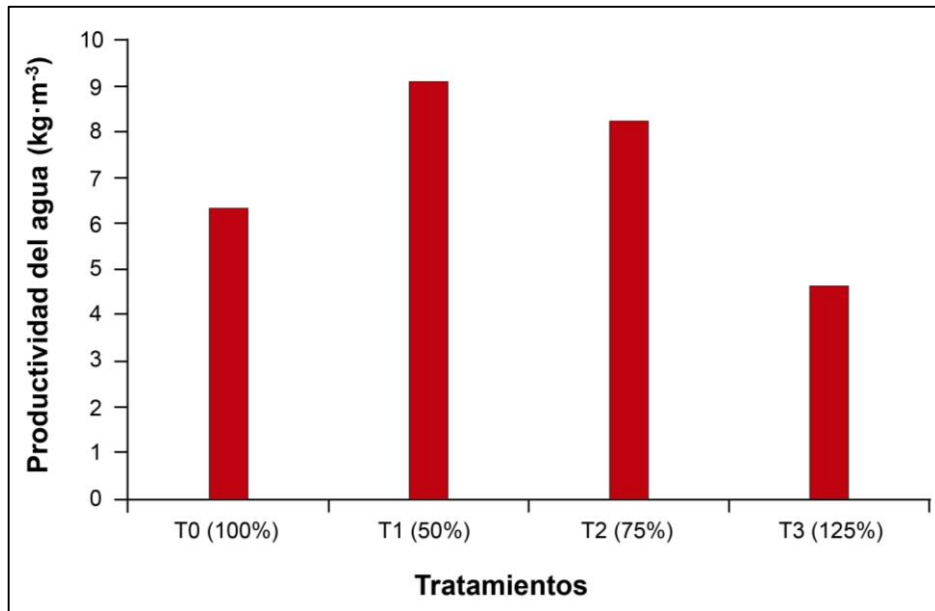


Figura 17. Productividad del agua para cuatro estrategias de riego en frambueso variedad Heritage, durante la temporada 2012/2013. Región del Maule, Chile. T0: 100% de reposición de la evapotranspiración del frambueso, T1: 50% de reposición de la evapotranspiración del frambueso, T2: 75% de reposición de la evapotranspiración del frambueso y T3: 125% de reposición de la evapotranspiración del frambueso. Fuente: Modificado a partir de Ortega-Farías et al. (2013).

Conjuntamente con promover el riego por goteo debido a su alta eficiencia, Stoll et al. (2002), indican que el uso de la técnica de riego conocida como “Secado parcial de la zona radical” o “PRD” en frambueso variedad Glen Ample (no-remontante), genera un aumento de la eficiencia del uso del agua sin afectar el rendimiento. Esto se debe a que esta técnica provoca una menor apertura estomática, reduciendo las pérdidas de agua por transpiración y una promoción del crecimiento. Como se muestra en el Cuadro 10, al comparar el “PRD” con otras formas de riego, incluso se desprender que este tratamiento puede aumentar el rendimiento, al mismo tiempo que reduce el crecimiento vegetativo (datos no mostrados).

Cuadro 10. Efecto de cuatro tratamientos de riego en el rendimiento del frambueso variedad Glen Ample, no remontante (Hemisferio norte). Escocia, Reino Unido. “PRD”: Secado parcial de la zona radical.

<b>Día de cosecha</b>	<b>Sin riego</b>	<b>Doble línea de riego</b>	<b>Una línea de riego</b>	<b>“PRD”</b>
	----- (t·ha <sup>-1</sup> ) -----			
27 Julio	6,2	9,4	7,6	9,0
01 Agosto	5,7	7,1	5,4	7,2
07 Agosto	3,7	3,4	3,8	5,0
11 Agosto	2,5	2,2	2,5	2,5
16 Agosto	1,1	0,8	1,2	0,8
<b>Rendimiento total</b> (t·ha <sup>-1</sup> )	<b>19,2</b>	<b>22,8</b>	<b>20,4</b>	<b>24,6</b>
<b>Tamaño promedio fruto (g)</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,7</b>	<b>3,6</b>

Fuente: Modificado a partir de Stoll et al. (2002).

Neuenschwander (2013), expone el impacto que generará el cambio climático en la agricultura, al aumentar las necesidades hídricas de los cultivos debido a un alza de las temperaturas y a una disminución de las precipitaciones. En la Figura 18, se muestra como los requerimientos hídricos del frambueso variarán considerablemente durante los próximos años, llegando a aumentar hasta en 200 mm·ha<sup>-1</sup>. A raíz de esto, se menciona la alteración que tendrá la productividad del frambueso, estimando desde una línea base actual de 9.731 kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>, una disminución al año 2040 a 5.695 kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>, lo cual generará un margen bruto por hectárea de \$433.492 pesos, prospección no muy alentadora si se compara con la línea base actual de \$3.783.123 pesos. Sin embargo, hay que considerar que estas cifras son estimadas y con un alto margen de error, debido al actual desarrollo en el que se encuentra la ciencia que estudia el cambio climático.

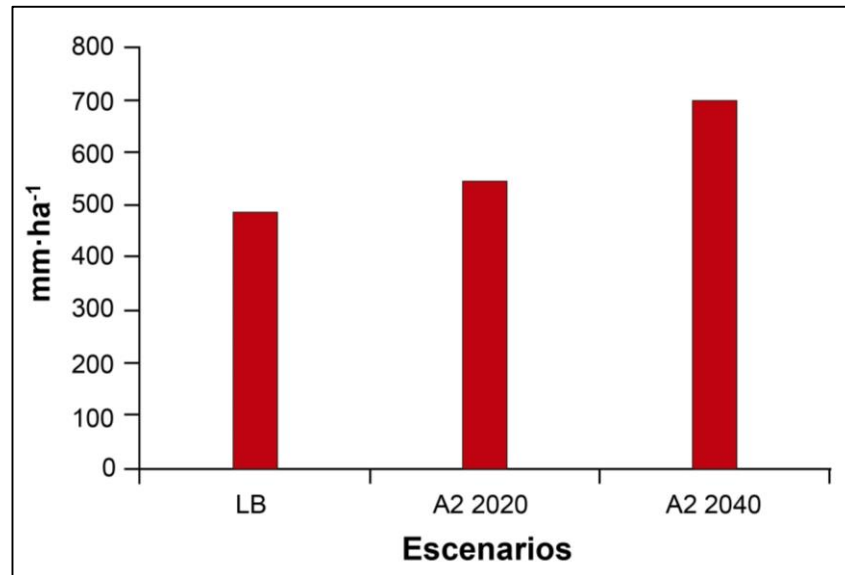


Figura 18. Impacto en los requerimientos hídricos del frambueso al proyectar un cambio climático fuerte, con aumento de las temperaturas y disminución de la pluviometría en la precordillera centro sur de la Región del Biobío, Chile. LB: Línea Base años 2000-2009 y A2: Fuerte cambio climático, aumenta la temperatura y disminuye la precipitación. Fuente: Modificado a partir de Neuenschwander (2013).

Para enfrentar el futuro agrícola adverso, Neuenschwander (2013) menciona medidas de adaptación a nivel predial entre las que se encuentran: mejorar y adecuar el riego, cambiar los sistemas de riego, gestionar sosteniblemente el agua en el suelo, realizar fertilizaciones eficientes, usar compost, incorporar residuos al suelo, entre otros. Esto concuerda plenamente con la agricultura orgánica, por lo que regir el frambueso con este tipo de manejo es la tendencia para poder seguir cultivando a través de los años.

**Frecuencia de riego.** En cuanto a la frecuencia de riego, depende de varios factores como las temperaturas, el viento, precipitaciones, las características del suelo, entre otros. Si bien, en suelos francos con buena retención de agua los riegos son de mayor volumen y con una frecuencia menor, en el caso de suelos muy arenosos con baja retención, éstos tienen un menor volumen y son mucho más frecuentes (García, 2014). Cabe destacar la influencia de la materia orgánica sobre la frecuencia de riego, al poder absorber hasta 6 veces su propio peso en agua. Es por esto, que mientras más alto es su porcentaje en el suelo mayor es la capacidad de retención de agua (SOCO, 2009). Además, como el horizonte superficial del suelo es el más rico en materia orgánica, el agua se retiene especialmente en la zona radicular, aumentando así su disponibilidad y protegiéndose de los periodos de sequía (Aguilera, 2000).

Considerando que el frambueso posee un sistema radical muy superficial concentrando en los primeros 45 cm de suelo el 75% de las raíces, se recomiendan riegos frecuentes, uniformes y como se ha mencionado, a través de riego por goteo (Morales et al., 2013). Un estudio de CIREN (1988), menciona un calendario de riego que resulta válido para la zona

central del país en variedades remontantes de frambueso (Cuadro 11). Durante el ciclo del cultivo se realizan de 22 a 29 riegos en total y la frecuencia de estos aumenta en los meses de verano cuando la demanda evaporativa es máxima.

Cuadro 11. Calendario tipo de riego para un huerto de frambueso ubicado en la zona central de Chile.

Mes	Número de riegos
Septiembre	1
Octubre	1
Noviembre	1-2
Diciembre	3-4
Enero	4-5
Febrero	4-5
Marzo	3-4
Abril	3-4
Mayo	2-3

Fuente: Modificado a partir de CIREN (1988).

**Respuesta al estrés hídrico.** Comúnmente, el estrés hídrico se asocia a condiciones de sequía o déficit de agua. Sin embargo, los eventos de inundación o encharcamiento prolongado también generan condiciones de estrés, ya que el exceso de agua genera una disminución de O<sub>2</sub> en el suelo, concepto denominado hipoxia (De Cires, 2009). Los eventos de estrés hídrico en el cultivo del frambueso deben suscitar gran interés, ya que, debido al hábito de crecimiento radical y su limitada profundización, posee una alta sensibilidad a problemas de anegamiento como al déficit hídrico. Estos estreses pueden afectar la rentabilidad del cultivo al disminuir el rendimiento y la calidad de la fruta (Morales et al., 2013).

**- Inundación.** Cuando se riega el cultivo prolongadamente sobre la capacidad de campo del suelo ocurre el fenómeno llamado inundación. Este evento puede ser causado por un exceso de agua de riego o lluvia, mal drenaje, compactación del suelo y niveles freáticos muy superficiales (Morales et al., 2009). El estrés por inundación se considera secundario, ya que el exceso de agua no daña propiamente tal a la planta, si no que determina una disminución del O<sub>2</sub> en el suelo, el cual es usado por las raíces para el proceso de respiración. Un estudio realizado por Bristow et al. (1989), menciona que las plantas de frambueso ven afectada su fotosíntesis cuando el periodo de inundación alcanza 16 días. Además, los ataques de ciertos patógenos resultan mucho más severos para el frambueso en estas condiciones, como es el caso del hongo fitopatógeno *Phytophthora* sp.

Desde la década de los 80, *Phytophthora* sp. ha sido reconocida como una de las enfermedades más graves de *Rubus idaeus* L. (Wilcox et al., 1999). Este hongo prospera en suelos pobremente drenados o en los que están cercanos a la saturación de agua durante un prolongado tiempo, favoreciendo la proliferación y dispersión de zoosporas del patógeno

(Wilcox, 1989). Los síntomas de *Phytophthora* sp. en frambueso son: menor frecuencia de emergencia de retoños, improductividad de cañas y retrasos en el crecimiento apical; en las hojas se observa clorosis intervenal y necrosis en el margen; y en las raíces, cuando la enfermedad está avanzada, se observa la muerte parcial o total del sistema radical y el patógeno coloniza la corona y bajo el tallo principal (Pattison et al., 2004). Un estudio de Morales et al. (2009), agrega que en la raíz de plantas infectadas se observa necrosis de tejidos y desprendimiento de la epidermis, a nivel general la planta genera menos brotes, con menos vigor y se observan síntomas de deficiencias nutricionales.

Desde el punto de vista de la agricultura orgánica, las principales alternativas de control para prevenir la incidencia de *Phytophthora* sp. deben ser analizadas en la etapa de pre-plantación. En este sentido, han de evitarse los suelos que presenten problemas de anegamiento, mal drenaje y napas freáticas altas (France, 2010). Bajo condiciones susceptibles, la realización de camellones, el distanciamiento de las líneas de riego, biofumigaciones, y otras labores culturales deben ser consideradas. Además, la elección de variedades resistentes o tolerantes a la enfermedad deben ser una de las primeras decisiones estratégicas cuando se pretende establecer un sistema productivo (Pérez et al., 2011). En huertos ya establecidos, las opciones de control son la inoculación de endomicorrizas del género *Glomus* (Pérez et al., 2011) y hongos del género *Trichoderma* (France, 2010).

- **Déficit hídrico.** Durante la última década, los años de sequía se han presentado con mayor frecuencia, posiblemente a causa del cambio climático, aumentando las probabilidades que el frambueso posea limitantes hídricas durante su crecimiento y desarrollo, particularmente en la zona central de Chile (CONAMA, 2008).

Desde un punto de vista ecofisiológico, el déficit hídrico ocurre cuando la planta ve limitado su funcionamiento óptimo debido a una insuficiente disponibilidad de agua en el suelo (Medrano y Flexas, 2003, citado por Casierra-Posada y Roa, 2006). Durante el déficit hídrico, el desarrollo de la planta se retrasa, se reduce el tamaño de la hoja, se observan cambios anatómicos debido al menor tamaño celular y la tasa fotosintética disminuye, lo que conlleva un menor crecimiento de la planta (Chaves, 1991). Recalcando lo anterior, Efroze et al. (2009), señalan que el déficit hídrico es uno de los factores que afecta en gran medida el crecimiento del frambueso y su productividad. Cabe destacar, que éste presenta una moderada tolerancia a periodos cortos de déficit hídrico, sin embargo, cuando el estrés es prolongado, se acentúan los impactos negativos tanto en el crecimiento como en la calidad y producción de fruta. Además, para la temporada siguiente, los estados fenológicos y el rendimiento de fruta también se ven afectados (Prive y Janes, 2003).

Un estudio realizado en INIA La Platina, sometió a las variedades Heritage (Remontante) y Meeker (No remontante) a déficit hídrico controlado durante 28 días en los meses de verano. Al comparar el contenido de agua en el suelo entre variedades, se concluye que bajo iguales condiciones de déficit hídrico, las variedades remontantes y no-remontantes responden de manera diferente al encontrarse en etapas fenológicas distintas: Meeker, al encontrarse en periodo de elongación de brotes, posee una necesidad menor de agua comparada con Heritage, que a la misma fecha, se encuentra en floración o fructificación,

periodos fenológicos más demandantes de agua en el cultivo. En cuanto a la fotosíntesis de Heritage y Meeker, ésta disminuyó aproximadamente de 9 a 2 y de 12 a 2  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  respectivamente. En general, el déficit hídrico produjo una baja en la producción de frutos y en el tamaño de éstos, además el rendimiento disminuyó un 40% aproximadamente, en ambas variedades (Morales et al., 2013). Percival et al. (1998), complementa que la variedad Heritage disminuye su fotosíntesis neta y tasa de transpiración después de 48 horas de sometimiento al estrés hídrico. Luego de 80 horas de déficit hídrico, el potencial hídrico del tallo alcanzó valores de 2,25 kPa, en comparación con las plantas control que alcanzaron valores de 0,7 kPa.

## Certificación orgánica

Es un procedimiento por el cual se verifica que el proceso de producción de fruta se ajuste a ciertas normas dictadas por el país de origen o importador. Por este motivo, todo productor interesado en producir orgánicamente puede optar a certificarse, ya que esto le entrega al consumidor de productos orgánicos una garantía, establecida por una norma o reglamento, el cual acredita que el fruto ofertado ha respetado los protocolos estandarizados, otorgándole las características que demanda el interesado en él. Este proceso es supervisado por una empresa certificadora previamente inscrita y reconocida en el mercado de destino al cual se desee comercializar. Este instrumento les permite a los productores acceder a los mercados con el respaldo que, en este caso, la frambuesa cumplió con las exigencias impuestas por ellos, por lo que la incorporación de un sello que otorga la empresa certificadora, permite diferenciarse de los productores que no cumplieron la reglamentación instaurada. Los costos asociados a la certificación son variables, al depender de la dimensión del predio, volumen de producción y organismo de certificación escogido, sin embargo, se estima un costo promedio de \$250.000 ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> (FIA, 2010; Pino, 2010; SAG, 2013).

La certificación orgánica se realiza anualmente, en donde se garantiza por escrito que un determinado producto o proceso se ha ejecutado de acuerdo a estándares orgánicos. Además, se debe regir según las normas del destino al cual se enviará la fruta, ya que existen distintas exigencias entre países para considerar un producto como orgánico, sin embargo, todos siguen las directrices mínimas entregadas por la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), las cuales indican estándares técnicos con prácticas para la producción y manejo de productos, su procesamiento, transporte y almacenaje, envasado y etiquetado, entregando las bases para la confección de diversas normativas nacionales e internacionales (SAG, 2013).

Existen diferentes categorías para agrupar a los países según su producción y certificación orgánica. Los países de la Comunidad Económica Europea (CEE) tienen la regulación oficial, al igual que Estados Unidos y Japón. Luego se agrupan los “*terceros países*”, Argentina, Australia, Hungría, Israel, República Checa y Suiza, los cuales poseen normas homologadas con las de la CEE. La última agrupación o el “*resto del mundo*”, son los países que requieren certificar cada exportación en el mercado de destino, en donde Chile es parte y está a la espera de ser reconocido como “*tercer país*” (Pino, 2010; SAG, 2013).

Las principales normas certificadas a nivel nacional son cuatro, correspondientes a la de la Comunidad Económica Europea (CEE): Reglamento N° 2092/91; el “National Organic Program (NOP)” de Estados Unidos; la norma “Japanese Agriculture Standard (JAS)” de Japón y Chile se rige por el Decreto Supremo 17 (DS17) (SAG, 2013). Si bien, estas normas son similares en ciertos aspectos, en otros son de gran especificidad, catalogándose



en orden de mayor a menor rigurosidad, el reglamento de la CEE, JAS y NOP. Esto se ejemplifica con el uso del salitre para fertilización y ciertos bioestimulantes, en donde Estados Unidos los permite, y la Unión europea junto a Chile los prohíbe. Como se aprecia, la norma chilena exhibe un alto nivel de exigencia y complejidad, lo cual induce a muchos productores a exportar sus productos orgánicos sin comercializarlos en el mercado nacional (FIA, 2010).

En Chile, el Sistema Nacional de Certificación de Productos Orgánicos creó la Ley 20.089, la cual entró en vigencia en diciembre del año 2007, en donde el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) se ha encargado desde entonces del cumplimiento de sus normas y reglamento, verificando la forma de producción, elaboración, envasado y manejos realizados. Así, aquellos productores que cumplan con lo indicado por esta normativa, deben utilizar el sello que acredita esta condición en sus respectivos certificados (SAG, 2013).



Figura 19. Sello orgánico otorgado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile.  
Fuente: SAG (2013).

En relación al manejo de la fertilidad del suelo, la Norma Chilena de Producción Orgánica, estipula la mantención o aumento de la misma como de la actividad biológica del suelo, permitiendo los siguientes procedimientos según corresponda: la incorporación de material orgánico al suelo procedente de unidades productivas que empleen normas de agricultura orgánica; cultivo de leguminosas, abono verde o plantas de raíces profundas, de acuerdo con un programa adecuado de rotaciones; incorporaciones de insumos permitidos para fertilizar y/o acondicionar el suelo, siempre y cuando la nutrición apropiada de las plantas no sea posible a través de la rotación de cultivos o el acondicionamiento del suelo; para la activación del compost y del suelo, se pueden emplear microorganismos apropiados o preparados a base de vegetales que cumplan con los principios de producción orgánica. Con este propósito se permite también el uso de compuestos nitrogenados en donde su adición se debe limitar a un máximo de  $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . Por último se permite un laboreo mínimo del suelo, el cual mantenga o aumente la actividad biológica del mismo y mejore sus características físicas (SAG, 2011).

En referencia al riego, la Norma Chilena de Producción Orgánica puntualiza que debe cumplir la normativa legal vigente, por lo que de existir sospechas de contaminación, el organismo de certificación o la autoridad competente (SAG), puede exigir análisis para comprobar el acato de la legislación. Además, se debe procurar que el sistema de riego empleado no se convierta en un factor de erosión de suelos, asegurar un uso sustentable, eficiente y responsable de los recursos hídricos, como también preservar la calidad del agua con medidas intra y extra prediales (SAG, 2011).

Cabe destacar, que existen dos sistemas de certificación en Chile en donde ocho organismos de certificación de productos orgánicos se encuentran registrados en el SAG. El sistema general (certificación de tercera parte), el cual se realiza con Entidades Certificadoras (EC), y el sistema de auto certificación con fiscalización directa del SAG, llamado Asociación de Agricultores Ecológicos (AAE), en donde sólo se permite la venta directa de productos, situación que está en discusión en el congreso al dejar fuera de norma la venta a supermercados, ferias e incluso la exportación. Las AAE deben ceñirse a la normativa vigente en Agricultura Orgánica Nacional y estar registradas en el SAG (Errázuriz, 2015; SAG, 2013).

Cuadro 12. Entidades certificadoras autorizadas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile.

<b>Categoría</b>	<b>Nombre entidad</b>
Entidad de Certificación de Productos Orgánicos	Institute for Marketecology Chile S.A
Entidad de Certificación de Productos Orgánicos	BCS ÖKO GARANTIE GMBH
Entidad de Certificación de Productos Orgánicos	ARGENCERT Instituto Argentino para la Certificación y Promoción de productos
Entidad de Certificación de Productos Orgánicos	CERES-Certification of environmental Standards GmbH
Organización de Agricultores Ecológicos	Red de Productores Orgánicos Décima Región A.G.
Organización de Agricultores Ecológicos	Sociedad de Agricultores Orgánicos del Valle del Aconcagua Ltda.
Organización de Agricultores Ecológicos	Sociedad Comercializadora “Tierra Viva” Ltda.
Organización de Agricultores Ecológicos	Asociación Gremial de Productores Los Ríos Orgánico

Fuente: Modificado a partir de SAG (2013).

Como se ha señalado anteriormente, el productor debe guiar su certificación según el destino que tiene previsto para su fruta, en donde debe considerar aspectos como: procesos de manejo, personal a cargo y productos empleados para fertilización o sanidad vegetal, ya que no todos los productos son aceptados en todos los destinos, es más, productos naturales

no se encuentran permitidos en todos los mercados (SAG, 2013). Debido a las fluctuaciones climáticas y de mercado, guiarse por la norma más estricta es la mejor solución para no limitarse con ningún mercado a la hora de existir inconvenientes al exportar.

Luego de la elección del mercado, la empresa certificadora solicitará una serie de documentos que demuestren los manejos que se realizan en el predio, para así comprobar que se rijan según las exigencias de la producción orgánica solicitadas por el mercado de destino. Una vez entregados los informes, la empresa inspecciona en terreno que la información entregada sea verídica, y si cumple con las condiciones, entrega el rótulo de orgánico o en transición orgánica según corresponda al productor. El proceso de transición orgánica requiere de 3 años para adquirir el rótulo de orgánico, por lo que antes de este periodo no está permitido etiquetarse como tal, sólo se puede indicar que se encuentra en un proceso de transición orgánica. Además, este proceso empieza y se reconoce como tal, cuando se realiza la inspección al sitio de producción. Sólo se puede solicitar una convalidación o reconocimiento, al comprobar que el sitio en cuestión no se le han aplicado productos químicos antes de la inspección, por lo que se debe demostrar que ha sido manejado bajo las normas de agricultura orgánica, en donde por lo general, la recolección de frambuesa silvestre puede demostrar la nula aplicación de productos prohibidos (SAG, 2013).

Realizar el proceso de certificación no conlleva gran dificultad, más bien se requiere de orden para entregar los documentos y realizar los procesos exigidos. En función de lo anterior, Gonzáles y Céspedes (2010), especificaron paso a paso, como se muestra a continuación, lo que debe hacer el productor para iniciar el proceso de certificación, el cual es realizado en un periodo de 3 a 4 meses por año, dependiendo de la prontitud con que se entregue la información requerida:

1. Elegir una empresa certificadora que opere en la zona y definir e instruirse sobre a cuál(es) reglamento(s) postulará: NOP (Estados Unidos), Unión Europea, JAS (Japón) y/o Norma Chilena.
2. Completar solicitud de cotización firmada y entregarla a la empresa certificadora, en donde ésta devolverá la cotización señalada y entregará el contrato entre la empresa y el productor, la solicitud de certificación, y además indicará el nombre del auditor sugerido para que el productor lo apruebe u objete.
3. El productor debe completar la solicitud de certificación y remitirla a la empresa junto con el contrato firmado, la resolución sobre el auditor, y el 50% del coste de la cotización.
4. Se entregará una valija recolectora de documentos al productor, la cual debe completar y enviar al auditor designado. Los documentos solicitados son

numerosos y detallados, lo que obliga al productor a llevar registros de toda su gestión.

5. La empresa estudiará la documentación remitida por el productor y enviará un pre-informe de auditoría sólo si la documentación imprescindible está completa. Además, enviará la notificación de inspección en terreno, la cual debe ser confirmada y aprobada por el productor.
6. La empresa realizará la inspección en terreno, como también, completará y firmará el informe de auditoría. El productor a su vez debe revisar, aprobar y firmar dicho informe.
7. La empresa enviará al productor el informe de auditoría con las sugerencias y el estado de pago para el cobro del saldo por el servicio de certificación, en donde el productor debe remitirle a la misma sus observaciones sobre dicho informe y el comprobante de depósito del monto indicado en el estado de pago.
8. El auditor enviará al comité de certificación de la empresa el informe de auditoría, para luego enviar al productor la resolución del comité (carta con medidas correctivas, borrador del certificado master o carta de rechazo de certificación).
9. El productor enviará a la empresa la aprobación u observaciones a la resolución del comité de certificación, en conjunto con los comprobantes de implementación de las medidas correctivas (fotos u otros).
10. En primera instancia, la empresa enviará al productor la copia del certificado “maestro”, que le permite comercializar como orgánico, para luego enviar el certificado “maestro” original.

Durante la ejecución del proceso de transición de agricultura convencional a orgánica, se debe considerar que la producción se ve disminuida entre un 20 y 50%, porcentaje que se recupera cuando el cultivo y suelo se adaptan al nuevo sistema. Además, durante este proceso, es inevitable efectuar costos adicionales para cumplir con los requerimientos de las normas, como la capacitación de personal, financiamiento de mayores requerimientos de mano de obra, entre otros (FIA, 2010).

Recientemente se han expuesto públicamente cuales han sido los principales problemas que enfrentan los productores a la hora de acceder a una certificación, en donde los rechazos por trazas de agroquímicos provenientes de huertos vecinos son los más difíciles de resolver. Las soluciones empleadas van desde respetar el área de seguridad establecida por la Norma Chilena de entre 8 a 10 metros con campos convencionales para evitar la contaminación por “deriva”, uso de mallas protectoras para el viento, hasta la realización previa de análisis multi-residuales para evitar rechazos en destino y aislar las zonas

afectadas, lo cual minimiza o anula las pérdidas. Otras complicaciones mencionadas ocurren: al utilizar plaguicidas o fertilizantes no autorizados debidamente, ya que cada producto utilizado debe estar inscrito en el SAG; al no considerar los elevados costos que conlleva el proceso; y al tener la obligación de adecuarse constantemente a los cambios en las normativas que cada país exige para la exportación (Errázuriz, 2015).

Si bien, se ha avanzado en cuanto a la legislación orgánica en el mundo, la cual ha generado un aumento en la confiabilidad de estos productos, no se puede dejar de considerar los beneficios que conllevaría una normativa única sobre la certificación de este sistema de producción, para así, lograr una mayor fluidez y coherencia en el proceso de exportación en todo el mundo (FIA, 2010).

**Tabla Comparativa Sistema de Manejo Convencional versus Orgánico**

A continuación, se muestra una tabla la cual clarifica las diferencias existentes al producir frambuesas de manera orgánica y convencional. Cabe destacar que, como se ha indicado a lo largo de este trabajo monográfico, la información mostrada sea utilizada de manera referencial, debido a que todos los manejos involucrados en la producción de frambuesa orgánica, deben ser realizados acorde a las necesidades existentes en cada huerto.

	MANEJO CONVENCIONAL		MANEJO ORGÁNICO	
LABOR	Variedad Remontante	Variedad No Remontante	Variedad Remontante	Variedad No Remontante
	- Análisis físicoquímico para determinar necesidad de enmiendas o corregir deficiencias de nutrientes	- Análisis físicoquímico para determinar necesidad de enmiendas o corregir deficiencias de nutrientes	- Análisis físicoquímico para determinar necesidad de enmiendas o corregir deficiencias de nutrientes	- Análisis físicoquímico para determinar necesidad de enmiendas o corregir deficiencias de nutrientes
	- Subsulado, Arado, pase de grada		- Muestreo de suelo en busca de plagas	
	- Incorporación de materia orgánica: compost o estiércol fermentado		- Incorporación de compost	
<b>PREPARACIÓN DE SUELO</b>				
	- Aplicación de abonos minerales de fondo: 100 kg·ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 200 kg·ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O y 40 kg·ha <sup>-1</sup> de MgO promedio.			
	- Construcción de camellones		- Construcción de camellones	
	- Marco de plantación 2-3 x 0,33-0,5m	- Marco de plantación 2-3 x 0,5-1m	- Marco de plantación 2-3 x 0,33-0,5m	- Marco de plantación 2-3 x 0,5-1m
<b>PLANTANCIÓN</b>	- Plántulas jóvenes de almácigos	- Plántulas jóvenes con macetas más grandes o raíz desnuda	- Plántulas de brote etiolado	
<b>ENTUTORADO</b>	- Seto	- Espaldera o Abanico	- Seto	- Espaldera o Abanico

<b>LABOR</b>	<b>MANEJO CONVENCIONAL</b>	<b>MANEJO ORGÁNICO</b>
	<p><b>Variedad Remontante</b> Variedad No Remontante</p> <p>- Desnudo total por laboreo de maquinaria, aplicación de herbicida de contacto (ej. Glufosinato) y/o residuales (ej. Simazina)</p> <p>- Desnudo en línea de cultivo con calle encespada</p> <p>- Acolchado con materiales plásticos (plástico negro, malla anti-hierba)</p> <p>- Acolchado con materiales orgánicos en línea de cultivo con calle con encespada</p>	<p><b>Variedad Remontante</b> Variedad No Remontante</p> <p>- Siembra de cultivos en franja de 6 m rodeando el huerto</p> <p>- Siembra de cobertura entre hileras (trébol blanco y festuca)</p> <p>- Uso de acolchado o “mulch” en sobre hilera</p> <p>- Control cultural, biológico y mecánico de malezas (Integrado)</p>
	<p><b>MANTENIMIENTO DEL SUELO</b></p>	<p><b>MANTENIMIENTO DEL SUELO</b></p>
	<p><b>RIEGO</b></p> <p>- Riego por goteo es el más adecuado</p> <p>- Frecuente y de bajo caudal según el tipo de suelo.</p> <p>- Mayor demanda en febrero – marzo – enero</p> <p>- La primavera siguiente a la plantación, dosis promedio de:</p> <p>N: 100-150 kg·ha-1 de N</p> <p>P: 80- 100 kg·ha-1 de P2O5</p> <p>K: 150-200 kg·ha-1 de K2O5</p> <p>Ca: 30-40 kg·ha-1 de nitrato cálcico</p> <p>Mg:30-40 kg·ha-1 de sulfato o nitrato magnésico</p>	<p><b>RIEGO</b></p> <p>- Riego por goteo es el más adecuado</p> <p>- Frecuente y de bajo caudal según el tipo de suelo.</p> <p>- Mayor demanda en febrero – marzo – diciembre – enero</p> <p>- Aplicación de compost, abonos verdes y roca fosfórica en otoño-invierno</p> <p>- Aplicación de guano rojo, harina de sangre y salitre sódico en primavera-verano.</p> <p>- Aplicación de activadores biológicos</p>
	<p><b>FERTILIZACIÓN</b></p>	<p><b>FERTILIZACIÓN</b></p>

LABOR	MANEJO CONVENCIONAL		MANEJO ORGÁNICO	
	Variedad Remontante	Variedad No Remontante	Variedad Remontante	Variedad No Remontante
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poda de despunte de cañas por debajo del último fruto producido después de la primera cosecha</li> <li>- Poda a ras de suelo de cañas después de la segunda cosecha</li> <li>- Poda invernal de cañas débiles o en exceso, apuntando a una densidad de 10 cañas x m lineal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poda invernal de cañas débiles o dañadas, apuntando a una densidad de 8 a 12 cañas despuntadas x m lineal</li> <li>- Poda a ras de suelo de cañas después de la cosecha en postcosecha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poda de despunte de cañas por debajo del último fruto producido después de la primera cosecha</li> <li>- Poda a ras de suelo de cañas después de la segunda cosecha</li> <li>- Poda invernal de cañas débiles o en exceso, apuntando a una densidad de 10 cañas x m lineal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poda de despunte de cañas o amarre.</li> <li>- Poda invernal de cañas débiles o dañadas, apuntando a una densidad de 8 a 12 cañas despuntadas x m lineal</li> <li>- Poda a ras de suelo de cañas después de la cosecha en postcosecha</li> </ul>
<b>PODAS</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poda a piso de cañas que produjeron en otoño para eliminar producción de primavera (opcional)</li> <li>- Raleo de retoños (si se realizó poda a piso)</li> <li>- Eliminar cañas que produjeron en diciembre por sanidad y para facilitar cosecha de otoño</li> </ul>	



LABOR	MANEJO CONVENCIONAL		MANEJO ORGÁNICO	
	Variedad Remontante	Variedad No Remontante	Variedad Remontante	Variedad No Remontante
<b>PODAS</b>	- Poda química en primavera con herbicida de contacto (ej. Glufosinato) para disminuir competencia entre brotes nuevos y floración.	- Poda química en primavera con herbicida de contacto (ej. Glufosinato) para disminuir competencia entre brotes nuevos y floración.	- Eliminación de primeros retoños (opcional)	- Eliminación de retoños para evitar producción excesiva de estos
<b>SANTARIAS</b>	- Poda sanitaria de cañas enfermas, principalmente por <i>Phytophthora spp.</i>	- Poda sanitaria de cañas enfermas, principalmente por <i>Phytophthora spp.</i>	- Despunte de retoños para aumentar productividad otoñal	- Despunte de retoños para aumentar productividad otoñal
	- Eliminación de hojas basales para evitar propagación de Roya.	- Eliminación de hojas basales para evitar propagación de Roya.	- Poda sanitaria de cañas enfermas, principalmente por <i>Phytophthora spp.</i>	- Poda sanitaria de cañas enfermas, principalmente por <i>Phytophthora spp.</i>
	- Eliminación de hojas basales para evitar propagación de Roya.	- Eliminación de hojas basales para evitar propagación de Roya.	- Eliminación de hojas basales para evitar propagación de Roya	- Eliminación de hojas basales para evitar propagación de Roya
<b>POLINIZACIÓN</b>	- Entomófila, 4-6	- Entomófila, 4-6 colmenas por	- Entomófila, 4-6	- Entomófila, 4-6 colmenas
	- Cruzada mejora calidad de fruto.	- Cruzada mejora calidad de fruto.	- Cruzada mejora calidad de fruto.	- Cruzada mejora calidad de fruto.
	- Sumergir raíces en solución de <i>Agrobacterium radiobacter</i> previo a la plantación para prevenir <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	- Sumergir raíces en solución de <i>Agrobacterium radiobacter</i> previo a la plantación para prevenir <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	- Inspección de larvas de <i>Aegorhinus spp.</i> entre diciembre y septiembre	- Inspección de larvas de <i>Aegorhinus spp.</i> entre diciembre y septiembre
<b>POSIBLES TRATAMIENTOS PARA PLAGAS Y ENFERMEDADES</b>	- Control químico preventivo de <i>Botrytis cinerea</i> en floración y después de cada lluvia (ej. Benomyl). Aplicación invernal de productos cúpricos.	- Control químico preventivo de <i>Botrytis cinerea</i> en floración y después de cada lluvia (ej. Benomyl). Aplicación invernal de productos cúpricos.	- Inspección de larvas de <i>Phytoloema hermanni</i> entre noviembre y septiembre	- Inspección de larvas de <i>Phytoloema hermanni</i> entre noviembre y septiembre
	- Control químico preventivo de <i>Didymella applanata</i> en yema hinchada y luego de 20 días de la 1° aplicación Lavado invernal de cobre	- Control químico preventivo de <i>Didymella applanata</i> en yema hinchada y luego de 20 días de la 1° aplicación Lavado invernal de cobre	- Inspección de larvas de <i>Naupactus xantographus</i> entre enero y septiembre	- Inspección de larvas de <i>Naupactus xantographus</i> entre enero y septiembre

LABOR		MANEJO CONVENCIONAL	MANEJO ORGÁNICO
	Variedad Remontante	Variedad No Remontante	Variedad Remontante Variedad No Remontante
	- Control químico preventivo de <i>Phytophthora cactorum</i> a inicios de otoño y fin de invierno (ej. Metalaxil)	- Control químico en brotación contra larvas e insectos del suelo (ej. Diazinon)	- Aplicación de hongos entomopatógenos para control de <i>Hylamorphia elegans</i> , <i>Phytoloema bermanni</i> y <i>Sericoides viridis</i> .
	- Control químico en brotación de Adultos de <i>Aegorhinus spp.</i> , <i>Naupactus xantographus.</i> , entre otros (ej. Acifón 35 WP)	- Control químico en cosecha para insectos cuarentenarios (ej. Carbaryl)	- Sumergir raíces en solución de <i>Agrobacterium radiobacter</i> previo a la plantación para prevenir <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
			- Aplicación de <i>Trichoderma</i> al suelo para prevenir <i>Phytophthora</i>
			- Aplicación de fungicida cúprico autorizado en caída de hojas y post poda para prevenir <i>Didymella applanata</i>
			- Aplicación de calcio foliar y productos cúpricos en invierno y luego de una lluvia para prevenir <i>Botrytis cinérea</i>
			- Aplicación de azufre o caldo bordelés para <i>Pucciniastrum americanum</i>
			- Solarización del suelo para prevenir <i>Verrucillium</i>

**POSIBLES  
TRATAMIENTOS  
PARA PLAGAS Y  
ENFERMEDADES**

(FIA et al., 2006; García et al., 2014; Gobierno de La Rioja s.f.; González y Céspedes, 2010; INDAP, 2005; Morales et al., 2009).

## CONCLUSIÓN

Luego de la realización de este trabajo bibliográfico se puede concluir que en relación a la nutrición y riego del frambueso, producido bajo manejo orgánico, la información encontrada es escasa y acotada a algunas localidades de Chile, lo cual implica desarrollar proyectos que consideren abarcar más regiones del país para así facilitar la comparación entre variedades y zonas geográficas.

Al analizar la relación suelo-planta, no existe información relacionada a factores químicos como el pH y su efecto en el crecimiento y producción del frambueso. Cabe señalar que probablemente los factores físicos, químicos y biológicos no han sido estudiados en profundidad debido a que el frambueso posee pocas limitaciones de suelo para su desarrollo y crecimiento. Sin embargo, en la producción orgánica el suelo cumple un rol importante en la nutrición continua del cultivo, por lo que su estudio debe ser protagonista en el futuro.

En relación a la nutrición orgánica, los antecedentes abordan esencialmente la interacción del frambueso con cubiertas de leguminosas, las cuales generan un aumento significativo en la concentración de N, P y K del suelo y en la biomasa total del frambueso. También se destaca el uso de guano rojo, el cual provoca un aumento en el rendimiento al ser utilizado como suplemento nutricional. A pesar de lo anterior, es necesario contar con investigaciones que consideren todos los abonos orgánicos certificados, otras variedades así como la efectividad de éstos a través de variadas condiciones edafoclimáticas.

Programas anuales de fertilización que incluyan dosificaciones generales de productos orgánicos no fueron hallados, lo cual responde a las bases de la agricultura orgánica, asociada siempre a una evaluación nutricional personalizada en cada huerto siempre en pos de enriquecer y mejorar el suelo en cuestión.

Respecto al riego del frambueso, no se encontraron procedimientos especializados asociados a un sistema de manejo en particular, ni específicamente relacionada a la producción orgánica. Sin embargo, se observa un gran interés en aumentar la eficiencia del uso del agua, en vista de la inminente disminución del recurso hídrico durante los próximos años productivos debido al cambio climático. Estos estudios promueven el uso de sistemas de riego tecnificado combinado con información climática disponible, para así gestionar de manera más sostenible el agua en el suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, S. 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. (Bol. 14. pp. 77-85) En: Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Chile.

AGRIMET (Cooperative Agricultural Weather Network). 1975. [en línea]. Pacific Northwest Region, United States of America. Recuperado en: <http://www.usbr.gov/pn/agrimet/cropcurves/TBERcc.html>. Consultado el: 10 de enero de 2015.

Alarcón, A. 2001, sep. El boro como nutriente esencial. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (155): 36-47.

Allen, R.; L. Pereira; D. Raes y M. Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO. Roma, Italia: FAO 299p. (Estudio FAO Riego y drenaje).

Allen, R.; M. Jensen; J. Wright and R. Burman. 1989. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal*, 81(4): 650-662.

Altieri, M. y C. Nicholls. 2008. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, (1): 29-36.

Altieri, M. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay: Nordan-Comunidad. 338 p.

Alvarado, H. 2006. Carbon supply and demand in an annual raspberry (*Rubus idaeus* L.) cropping system. Tesis doctoral. Florida, Estados Unidos: Horticultural Science Department, University of Florida. 104h.

Ammari, T. 2005. Total soluble iron in the soil solution of physically, chemically and biologically different soils. Tesis doctoral. Giessen, Germany: Department of Agricultural and Nutritional Sciences, Home Economics and Environmental Management, Justus Liebig University. 120h.

ASITEC. 2009. Chile: Tablas de tolerancia al boro de los cultivos. [en línea]. Recuperado en: <http://asitec-innovacion.com/pdf/tabladetolerancia.pdf>. Consultado el: 14 de noviembre de 2014.

- Astudillo, P. 2008. Clorosis férrica en árboles frutales: Actualización de sus causas, efectos y soluciones propuestas. Memoria Ingeniero Agrónomo. Quillota, Chile: Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 59h.
- Bañados, M. 2010. Situación actual y desafíos futuros en la producción de Frambuesas. En: VIII Seminario Berries una Realidad Exportadora Creciente. Chile: Chilealimentos. 23p.
- Bañados, M. 2002. Frambuesas en Chile: Sus variedades y características. Chile: Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Pontificia Universidad Católica de Chile. 89p.
- Bañados, M. and C. Marchant. 2001. Overwinter nitrogen distribution in Red Raspberry cv Heritage. *Acta Horticulturae*, 564: 355-357.
- Barg, R. y F. Armand. 2007. Agricultura agroecológica-orgánica en el Uruguay: Principales conceptos, situación actual y desafíos. Montevideo, Uruguay: RAP-AL. 80 p.
- Barney, D. and C. Miles. 2007. Commercial Red Raspberry production in the pacific northwest. United States of America: Pacific Northwest extensión publication. 104p. (PNW 598).
- Bevan. S.f. Magnesium deficiency in raspberry shows as interveinal yellowing [Fotografía]. [en línea]. United Kingdom: GAP Gardens. Recuperado en: <http://www.gapphotos.com/imagdetails.asp?imageno=111271>. Consultado el: 02 de marzo de 2015.
- Bioibérica S.A. 2015. Ficha técnica Terra-sorb® foliar. [en línea]. Barcelona, España. Recuperado en: <https://www.bioiberica.com/salud-vegetal/soluciones-para-el-estres-vegetal/bioestimulantes/terra-sorb-foliar/> Consultado el: 15 de febrero de 2015.
- Blaylock, A. 1994. Soil salinity, salt tolerance, and growth potential of horticultural and landscape plants. (Res. Bull. N°B-988), Cooperative Extension Service, University of Wyoming. Wyoming, United States of America: University of Wyoming. 4p.
- Bolda, M. 2012. Leaf Purpling on Red Raspberry [Fotografía]. [en línea]. California, United States of America: Agricultural and Natural Resources, University of California. Recuperado en: <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=7840>. Consultado el: 24 de febrero de 2015.
- Boynton, D. 1954. Nutrition by Foliar Application. *Annual Review of Plant Physiology*, 5(1): 31-54.

- Bristow, P.; G. Windom and J. Cameron. 1989. The impact of *Phytophthora erythroseptica* and winter soil flooding on “Willamette” red raspberry. *Acta Horticulturae*, 262: 167-173.
- Brussaard, L. 1998. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology*, 9: 123-135.
- Brust, G. 2012. Soil fertility and cover crops. (ch. 5, 15p.) In: Organic Vegetable Production Manual. United States of America: College of agriculture and natural resources, University of Maryland.
- Burgos, A. 1999. Evolución estacional y demanda nutricional en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) cv. Heritage. Memoria Ingeniero Agrónomo. Chillán, Chile: Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. 30 h.
- Bushway, L.; M. Pritts and D. Handley. 2008. Raspberry and blackberry production guide for the Northeast, Midwest, and Eastern Canada. New York, United States of America: Natural Resource, Agriculture and Engineering Service. 157p.
- Buskiene, L. and N. Uselis. 2008. The influence of nitrogen and potassium fertilizers on the growth and yield of raspberries cv. “Polana”. *Agronomy Research*, 6(1): 27-35.
- Calandra, P.; D. Ortiz; G. Pozo y B. Noziglia. 2014. Manual para la redacción de referencias bibliográficas. G. Reginato (Ed). Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 72p.
- Calandra, P.; D. Ortiz; G. Pozo y B. Noziglia. 2012. Manual para la redacción de referencias bibliográficas. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 84p.
- Campillo, R.; S. Urquiaga; I. Pino y A. Montenegro. 2003. Estimación de la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas forrajeras mediante la metodología del  $^{15}\text{N}^1$ . *Agricultura Técnica*, 63(2): 169-179.
- Campos-Mota, L.; G. Baca-Castillo; D. Jaén-Contreras; A. Muratalla-Lúa y R. Acosta-Hernández. 2004. Fertirriego y micorriza en frambuesa roja cultivada en tepetate. *Agrociencia*, 38(1): 75-83.
- Casierra-Posada, F. y H. Roa. 2006. Efecto del déficit hídrico moderado en el suelo sobre el crecimiento y distribución de materia seca en granadilla (*Passiflora ligularis* JUSS). *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 9(2): 169-180.

- Cazanga, R. y C. Leiva (Ed). 2013. Antecedentes técnicos y económicos para la producción de Berries y Pistacho en la Región del Maule. Santiago, Chile: CIREN. 109p. (Publicación CIREN N° 174).
- Céspedes, M. 2012. Producción Hortofrutícola Orgánica. (Bol. Tec. N° 232), Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán, Chile: INIA. 192p.
- Céspedes, M.; C. Ovalle y J. Hirzel. 2005. Manejo de la fertilidad de suelo en producción orgánica. (cap. 2, pp.23-64). En: Céspedes, M. (Ed.). Agricultura Orgánica. Principios y prácticas de producción. (Bol. Tec. N° 131), Centro Regional de investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán, Chile: INIA. 131p.
- Chaves, M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation (Abstract). [en línea]. *Journal of Experimental Botany*, 42(1): 1-16. Recuperado en: <http://jxb.oxfordjournals.org/content/42/1/1.short>. Consultado el: 10 de enero de 2015.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), Chile. 1988. Manual del cultivo de la frambuesa (*Rubus idaeus*). Santiago, Chile: CIREN. 50p. (Publicación CIREN N° 71).
- Claussen, W. and F. Lenz. 1999. Effect of ammonium or nitrate nutrition on net photosynthesis, growth, and activity of the enzymes nitrate reductase and glutamine synthetase in blueberry, raspberry and strawberry. *Plant and soil*, 208(1): 95-102.
- CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente), 2008. Plan de acción nacional de cambio climático 2008–2012. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente. 76p.
- Coraspe-León, H.; T. Muraoka; V. Franzini; F. Contreras y P. Ocheuze. 2009. Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tubérculo-semilla. *Agronomía tropical*, 59(1): 45-58.
- Cruz, A.; J. Barra; R. del Castillo y C. Gutiérrez. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista Ecosistemas*, 13(2): 90-97.
- Dean, D.; B. Zebarth; C. Kowalenko; J. Paul and K. Chipperfield. 2000. Poultry manure effects on soil nitrogen processes and nitrogen accumulation in red raspberry. *Canadian Journal of Plant Science*, 80: 849–860.
- De Cires, A. 2009. Estrés hídrico por exceso de agua. [en línea]. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Recuperado en: <http://rodas.us.es/items/1b1a7276-7624-51e3-d3eb-77dead9a6978/1/>. Consultado el: 08 de enero de 2015.

- Dell, B.; N. Malajczuk; D. Xu and T. Grove. 1995. Nutrient disorders in plantation Eucalypts. 2<sup>a</sup> ed. Canberra, Australia: Australian Center for International Agricultural Research. 188p. (ACIAR Monograph Series N° 74).
- Díaz, P.; O. Borsani; S. Signorelli y J. Monza. 2010. Metabolismo de nitrógeno en plantas. En: Curso de Bioquímica y Biología celular. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía. Universidad de la República. 42-48pp.
- Dimas, J.; A. Díaz; E. Martínez y R. Valdez. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*, 19(4): 293-299.
- Efrose, R.; G. Ciobotari; A. Morariu; D. Pascu; M. Branza and L. Sfichi-Duke. 2009. Substrate influence on flavonoid gene expressions during exposure of red raspberry plants to water deficit. Iasi, Romania: University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine from Iasi. 6p.
- Errázuriz, S. Especial Agricultura Orgánica: Cómo enfrentar los principales problemas de las certificaciones. En: Revista del Campo (Supl.). *El Mercurio*. Santiago, Chile. 16 de marzo de 2015. pp. 11-12.
- Eyhorn, F.; M. Heeb and G. Weidmann. 2002. IFOAM Manual de capacitación en agricultura orgánica para los trópicos: Teoría, transparencias y enfoque didáctico. FiBL. 199p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Materia orgánica y actividad biológica. En: Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. 1-28p. (Módulos de capacitación - Land and Water Digital Media Series 27 Rev.1).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2000. Manual de Prácticas Integradas de Manejo y Conservación de Suelos. (Bol. Téc. N°8), Roma, Italia: FAO. 220p. (Boletín de Tierras y Aguas de la FAO).
- Fernández, G. and M. Pritts. 1996. Carbon supply reduction has a minimal influence on current year's Red Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Fruit Production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(3): 473-477.
- Fernández, G. and M. Pritts. 1993. Growth and source-sink relationships in "Titan" Red Raspberry. *Acta Horticulturae*, 352: 151-157.
- Ferreira, R.; A. Aljaro; R. Ruiz; L. Rojas y J. Oster. 1997. Behavior of 42 crop species grown in saline soils with high boron concentrations. *Agricultural Water Management*, 34(2): 111-124.



FIA (Fundación para la Innovación Agraria), Chile. 2010. Resultados y Lecciones en Producción de frambuesas orgánicas. Proyecto de Innovación en Región del Biobío. Santiago, Chile: FIA. 56p. (Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario N° 104: Frutales/Berries).

FIA (Fundación para la Innovación Agraria), Chile. 2009. Resultados y lecciones en renovación del material varietal de frambuesas y su desarrollo productivo. Proyecto de Innovación en la IV Región de Coquimbo. Coquimbo, Chile: FIA. 48 p. (Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario N° 63: Frutales/Berries).

FIA (Fundación para la Innovación Agraria), Chile; FiBL (Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica), Suiza y AAOCh (Agrupación de Agricultura Orgánica de Chile), Chile. 2006. Cultivo orgánico de berries arbustivos. Santiago, Chile: FIA. 28p.

Forge, T. and C. Kempler. 2009. Organic mulches influence population densities of root-lesion nematodes, soil health indicators, and root growth of red raspberry. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 31(2): 241-249.

Forge, T; N. Hashimoto; D. Neilsen; E. Kenney and B. Zebarth. 2015. The use of compost as a preplant amendment to minimize impacts of parasitic nematodes and improve soil health and early establishment of red raspberry. *Acta Horticulturae*, 1076: 225-232.

France, A. 2010. Manejo de Enfermedades (cap.7, pp.53-66). En: González, M. y M. Céspedes. Manual de producción de frambuesa orgánica. (Bol. Tec. N° 30), Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillan, Chile: INIA. 88 p.

Fuentes, J. 1987. La crianza de la lombriz roja. Servicio de extensión agraria. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 28p. (Hojas divulgadoras N° 1/87 HD).

FUMIAF (Fundación Mexicana para la Innovación Agropecuaria y Forestal A.C.). 2005. "Cultivo de Berries (frambuesa y Zorzamora) en México. [en línea]. Recuperado en: <http://www.scribd.com/doc/56427383/Cultivo-de-Berries-frambuesa-y-ZorzamoraFumiaf>. Consultado el: 15 de mayo de 2013.

Funt, R. and H. Hall (Eds). 2013. Raspberries. London, United Kingdom: Centre for Agricultural Bioscience International (CABi). 282p. (Crop Production Science in Horticulture N° 23).

Galindo-Reyes, M.; V. González-Hernández; A. López-Jiménez; P. Sánchez-García; M. Soto-Hernández y A. Muratalla-Lúa. 2011. Concentración y acumulación de N, P y K en

frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) manejada a dos cosechas anuales. *Terra Latinoamericana*, 29(2): 143-151.

García, J.; G. García y M. Ciordia. 2014. El cultivo del frambueso. España: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 73p.

García, M. 2010. Nutrición de plantas. Material docente curso Horticultura 2010. Montevideo, Uruguay: Facultad de agronomía, Universidad de la República. 50p.

Gercekcioglu, R. 2008. Cane characteristics of “Cola II” Red Raspberry as affected by application of nitrogen fertilizers and organic manure. *Journal of Applied Biological Sciences*, 2(1): 81-83.

Gilman, E. 1990. Tree root growth and development. I. form, spread, depth and periodicity. *Journal of Environmental Horticulture*, 8(4): 215-220.

Gliessman, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 359 p.

Gobierno de la Rioja. s.f. El cultivo del frambueso. Ficha técnica. España: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 5p.

González, M. y M. Céspedes. 2010. Manual de producción de frambuesa orgánica. (Bol. Tec. N° 30), Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillan, Chile: INIA. 88 p.

Handley, D. 2006. Growing raspberries and blackberries. (Res. Bull. N°2066), University of Maine and U.S. Department of Agriculture. Maine, United States of America: University of Maine. 6p.

Hirzel, J. y C. Morales. 2009. Fertilización en el cultivo de la frambuesa. (Inf. Tec. N° 44), Centro Regional de Investigación Raihuen, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. San Javier, Chile: INIA. 4p.

Hirzel, J. y F. Salazar. 2011. Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en cultivos. (cap. 5, pp.1-30). En: Curso de acreditación para operadores SIRSD 2011: Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorios degradados. (Series Actas INIA N° ??).

Hirzel, J. 2010. Manejo de la fertilización y nutrición. (cap.5, pp. 33-42). En: González, M. y M. Céspedes. Manual de producción de frambuesa orgánica. (Bol. Tec. N° 30),

Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillan, Chile: INIA. 88 p.

Horuz, A.; A. Korkmaz; M. Karaman; M. Dizman and M. Turan. 2013. The evaluation of leaf nutrient contents and element ratios of different raspberry varieties. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(1): 588-593.

Huerta, E.; J. Rodríguez-Olán; I. Evia-Castillo; E. Montejó-Meneses; M. De la Cruz-Mondragón y R. García-Hernández. 2007. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*, 26(2): 171-181.

IAEA (International Atomic Energy Agency), Austria. 2008. Guidelines on nitrogen management in agricultural systems. Vienna, Austria: IAEA. 237 pp. (Training course series N° 29).

INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario), Chile. 2005. Estrategias Regionales de Competitividad por Rubro: Producción y Mercado de la Frambuesa. Santiago, Chile: INDAP. 15 p.

Jara-Peña, E.; A. Villegas; P. Sanchez; A. Trinidad; A. Muratalla y A. Martínez. 2003. Crecimiento vegetativo de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) "Autumn bliss" con la aplicación de vermicomposta asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.). *Revista Peruana de Biología*, 10(1): 44-52.

Jara-Peña, E.; A. Villegas y P. Sanchez. 2002. Contenido de N, P, K y rendimiento de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) "Autumn bliss" orgánico asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.). *Revista Peruana de Biología*, 9(2): 84-93.

Jin, C.; Y. He; C. Tang; P. Wu and S. Zheng. 2006. Mechanisms of microbially enhanced Fe acquisition in red clover (*Trifolium pratense* L.). *Plant, Cell and Environment*, 29(5): 888-897.

Kempler, C.; H. Hall and C. Finn. 2012. Raspberry. (chap.8, pp.263-304). In: Badenes, M. and D. Byrne. Fruit Breeding. 875p. (Series: Handbook of Plant Breeding).

Kolmans, E. y D. Vásquez. 1999. Manual de agricultura ecológica: una introducción a los principios básicos y su aplicación. 2ª ed. La Habana, Cuba: Grupo de Agricultura Orgánica de la ACTAF. 157p.

Kotuby-Amacher, J.; R. Koenig and B. Kitchen. 2000. Salinity and plant tolerance, Utah State University Cooperative Extension. Utah, United States of America: Utah State University. 8p.

- Koumanov, K.; K. Kolev; Z. Rankova; S. Milusheva; Z. Rusalimov and I. Tsareva. 2006. Regulated deficit drip irrigation and water use efficiency of a raspberry (*Rubus idaeus* L.) primocane-fruiting cultivar (7p.). In: International Micro Irrigation Congress (7°, Sep. 10-16 2006, PWTC, Kuala Lumpur).
- Kowalenko, C. 2006. The effect of nitrogen and boron fertilizer applications on Willamette red raspberry growth, and on applied and other nutrients in the plant and soil over two growing seasons. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(1): 213-225.
- Kowalenko, C. 2005a. Accumulation and distribution of micronutrients in Willamette red raspberry plants. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(1): 179-191.
- Kowalenko, C. 2005b. Combining plant growth with nutrient content measurements as a method to compare nutrient use by different raspberry cultivars. *International Journal of Fruit Science*, 5(2): 123-146.
- Kowalenko, C. 1994a. Growing season dry matter and macroelement accumulations on willamette red raspberry and related soil- extractable macroelement measurements. *Canadian Journal of Plant Science*, 74(3): 565-571.
- Kowalenko, C. 1994b. Growing season changes in the concentration and distribution of macroelements in willamette red raspberry plant parts. *Canadian Journal of Plant Science*, 74(4): 833-839.
- Kowalenko, C. 1981. The effect of nitrogen and boron soil applications on raspberry leaf N, B and Mn concentrations and on selected soil analyses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 12(11): 1163-1179.
- Lara, C.; M. Villalba y L. Oviedo. 2007. Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno de la zona Agrícola de San Carlos. Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 9(2): 6-14.
- Ley N° 20.089. Oficializa normas técnicas de la Ley 20.089 que creó el sistema nacional de certificación de productos orgánicos agrícolas. Chile: Instituto Nacional de Normalización, 2011. 68p. [Publicada en el Diario Oficial el: 10 de Septiembre de 2011].
- Lind, K.; G. Lafer; K. Schloffer; G. Innerhoffer and H. Meister. 2003. Organic Fruit Growing. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing. 281p.
- Lipiente, J. 2007. Guía para la elaboración de la monografía. 8p.
- López, M.; I. Lopez de Rojas; M. España; A. Izquierdo y L. Herrera. 2007. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional

de la planta y hongos micorrícicos arburculares en plantaciones de *Theobroma cacao*. *Agronomía Tropical*, 57(1): 31-43.

Lopez-Hernández, D.; Y. Araujo; A. López; I. Hernández-Valencia and C. Hernández. 2004. Changes in soil properties and earthworm populations induced by long term fertilization of a sandy soil in the venezuelan amazonia (Abstract). *Soil Science*: 169(3): 188-194.

López-Olivari, R.; M. Araya; N. Soto y S. Ortega-Farías. 2013. Sistema integral para la aplicación de agua de riego en frambueso. (Bol. Téc), Centro de Investigación en Riego y Agroclimatología (CITRA), Universidad de Talca. Talca, Chile: CITRA. 4p.

Luppichini, M.; I. Maldonado y A. France. 2001. Producción de frambuesas en el Valle del Cayucupil. Cañete, VIII Región. (Bol. Téc. N° 54), Centro regional de investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile: INIA. 24p.

Mahler, R. and D. Barney. 2000. Northern Idaho Fertilizer Guide: Blueberries, Raspberries, and Strawberries. (Res. Bull. N° CIS-815), College of Agriculture, University of Idaho. Idaho, United States of America: University of Idaho.

Maina, M.; M. Amin; W. Aimrun and T. Asha. 2012. Evaluation of different  $ET_0$  calculation methods: A case study in Kano State, Nigeria. *The Philippine Agricultural Scientist*, 95(4): 378–382.

Mayz-Figueroa, J. 2004. Fijación biológica de nitrógeno. *Revista UDO Agrícola*, 4(1): 1-20.

Mikkelsen, R. and T. Hartz. 2008. Nitrogen Sources for Organic Crop Production. *Better Crops with plant food*, 92(4): 16-19.

Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, Canada. 2001. Crop coefficients for use in irrigation scheduling. British Columbia, Canada. 6p. (Water Conservation Factsheet).

Montecinos, C. 1997. Manejo de la fertilidad del suelo. Producción de alimentos orgánicos. Centro regional de investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillan, Chile: INIA. 45-59pp.

Morales, C. Chile. 2009. Cultivo de berries: consideraciones generales. (Bol. Tec. N° 187), Centro Regional de Investigación Raihuen, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Villa Alegre, Chile: INIA. 95p.

Morales, C.; M. González; J. Hirzel; J. Riquelme; G. Herrera; M. Madariaga; et al. 2009. Aspectos relevantes en la producción de frambuesa (*Rubus idaeus* L.). (Bol. Tec. N° 192),

Centro regional de investigación Raihuen, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Villa alegre, Chile; INIA. 116p.

Morales, C.; M. Pino and A. del Pozo. 2013. Phenological and physiological responses to drought stress and subsequent rehydration cycles in two raspberry cultivars. *Scientia Horticulturae*, 162: 234-241.

Navarro, S. y G. Navarro. 2003. Química Agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2ª ed. Madrid, España: Mundi-Prensa. 487p.

Neher, D. 1999. Soil community composition and ecosystem processes: comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems. *Agroforestry Systems*, 45(1): 159-185.

Neuenschwander, A. 2013. Potenciales efectos del cambio climático sobre los frutales de la región de la Araucanía en el siglo 21. En: Seminarios Desafíos 2013 (09 de agosto de 2013, Temuco, Chile). Temuco, Chile: FIA.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias), Chile. 2012a. Superficie de frutales por región. [en línea]. Recuperado en: <http://www.odepa.gob.cl/articulos/MostrarDetalle.action;jsessionid=64164E3ABCE743036E69E740385D50A9?idcla=12&idn=1738>. Consultado el: 3 de octubre de 2012.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias), Chile. 2012b. Mercados Agropecuarios (Inf. Tec. N° 236), Santiago, Chile: ODEPA. 15p.

Orhan, E.; A. Esitken; S. Ercisli; M. Turan and F. Sahin. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield. *Scientia Horticulturae*, 111(1): 38-43.

Ortega-Farías, S., R. López-Olivari, M. Araya y N. Soto. 2013. Riego deficitario en frambueso: Efecto sobre el rendimiento y calidad en cv. Heritage. *Berries & Cherries*, 19: 21-26.

Ovalle, C.; M. González; J. Hirzel; I. Pino; A. del Pozo and S. Urquiaga. 2008. Contribution and transfer of nitrogen from cover crops to raspberry plant using isotopic techniques with <sup>15</sup>N. *Acta Horticulturae*, 777: 465-472.

Ovalle, C.; M. González; A. Del Pozo; J. Hirzel y V. Hernaiz. 2007. Cubiertas vegetales en producción orgánica de frambuesa: Efectos sobre el contenido de nutrientes del suelo y en el crecimiento y producción de las plantas. *Agricultura Técnica*, 67(3): 271-280.

Patagonia Biotecnología S.A. 2014. Guía de aplicación Fartum® en Frambuesa. Santiago, Chile: Fartum®. 1p.

- Pattison, J.; W. Wilcox and C. Weber. 2004. Assessing the resistance of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) genotypes to *Phytophthora fragariae* var. *rubi* in hydroponic culture. *HortScience*, 39(7): 1553-1556.
- Pavez, R. 2007. Plan nacional de competitividad de frambuesas de exportación para la agricultura familiar campesina. Instituto de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile: INDAP. 59p.
- Pedraza, R.; K. Teixeira; A. Fernández; I. García; B. Baca; R. Azcón; V. Baldani y R. Bonilla. 2010. Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y calidad de los suelos. Revisión. *Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2): 155-164.
- Percival, D.; J. Proctor and J. Sullivan. 1998. Supplementary irrigation and mulch benefit the establishment of "Heritage" primocane-fruiting raspberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(4): 518-523.
- Pérez, J.; A. Luengo y J. Izquierdo. 2011. Hongos frambueso 01: Fitoftora, *Phytophthora* sp. (Fichas técnicas de Sanidad Vegetal N° 072), Servicio de Sanidad Vegetal, Dirección General de Agricultura y Ganadería. Mérida, España: Gobierno de Extremadura. 2p.
- Pino, C. 2010. Fruticultura Orgánica y su potencial para la Región del Maule. Chillán, Chile: Frutas de Chile 2020, CORFO-CODESSER. 105p.
- Pool-Novelo, L.; A. Trinidad-Santos; J. Etchevers-Barra; J. Perez-Moreno y A. Martínez-Garza. 2000. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 34(3): 251-259.
- Portz, D.; G. Nonnecke; A. Tedesco and B. Saunders. 2009. Legume cover crops reduce overall weed incidence and increase fruit production of organically grown raspberries. (Paper 346), Iowa State Research Farm Progress Reports. Iowa, United States of America: Iowa State University. 2p.
- Prive, J. and D. Janes. 2003. Evaluation of plant and soil moisture sensors for the detection of drought stress in raspberry (Abstract). *Acta horticulturae*, 618: 391-396.
- Quezada, C.; I. Vidal; L. Lemus y H. Sánchez. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento y calidad de fruta en frambueso (*Rubus idaeus* L.) Bajo dos programas de fertirrigación. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 7(3): 1-15.
- Ramig, R. and C. Vandecaveye. 1950. A study of certain nutrient levels for raspberries grown in wáter cultures. *Plant Physiology*, 25(4): 617-629.

- Razeto, B. 2010. El factor nutrición en el establecimiento del huerto. Material docente curso Nutrición mineral de Frutales, semestre primavera 2010, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Razeto, B. 2009. Symptoms of nutrients imbalances in fruit trees. Santiago, Chile: Sociedad Química y Minera de Chile S.A. 187p.
- Reickenberg, R. and M. Pritts. 1996. Dynamics of nutrient uptake from foliar fertilizers in Red Raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(1): 158-163.
- Rempel, H.; B. Strik and T. Righetti. 2004. Uptake, partitioning and storage of fertilizer nitrogen in red raspberry as affected by rate and timing of application. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(3): 439-448.
- Rempel, H. 2003. Nitrogen use and management in Red Raspberry. Tesis de grado de Master en Ciencias en Horticultura. Oregon, United States of America: Oregon State University. 68h.
- Rodríguez, H. and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17(4): 319-339.
- Sadzawka, A. 1998. Qué es el pH del suelo. *Revista tierra adentro - INIA*, 23: 47-50.
- SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), Chile. 2013. Agricultura orgánica nacional, bases técnicas y situación actual. Santiago, Chile: SAG. 156p.
- SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), Chile. 2011. Sistema nacional de certificación de productos orgánicos agrícolas. 3ª ed. Santiago, Chile: SAG. 110p.
- Salazar, O. y G. Baca. 1998. Comportamiento nutrimental de frambuesa roja cultivada en un suelo alcalino y con aspersiones foliares de urea, Mn y Zn. *Terra Latinoamericana*, 16(3): 211-218.
- Salvatierra, M. y R. Ortega. 1993. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) cv. Heritage. *Agricultura técnica*, 53(1): 1-8.
- Sánchez, P. 2010. Manejo integral de la nutrición de berries. Sistema de Información de Fundaciones Produce. México Distrito Federal, México: COFUPRO. 14p.
- Sava, P. 2013. Research on factors affecting raspberry plant growth. *Scientific Papers-Series B, Horticulture*, (57): 105-108.



- Sellés, G.; R. Ferreyra; R. Ahumada; M. Santelices; J. García Huidobro y R. Ruiz. 2006. Lombrices de tierra como agentes mejoradores de las propiedades físicas del suelo en huertos frutales. (Bol. Tec. N° 140), Centro regional de investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile: INIA. 92p.
- Sierra, C.; A. Lancelloti y I. Vidal. 2007. Azufre elemental como corrector del pH y la fertilidad de algunos suelos de la III y IV Region de Chile. *Agricultura Técnica*, 67(2): 173-181.
- Smith, B.; D. Mahr; P. McManus and T. Roper. 2007. Growing Raspberries in Wisconsin. (Res. Bull. N° A1610), University of Wisconsin-Extension. Wisconsin, United States of America: University of Wisconsin, USDA. 21p.
- SOCO (Sustainable Agriculture and Soil Conservation), Comunidad Europea. 2009. Procesos de degradación de suelo: Pérdida de materia orgánica. (Ficha informativa n°3). Europa: SOCO. 4p.
- Sosa, O. 2005. Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. *Revista Agromensajes de la facultad*, (16): 30-34.
- Soto-Urzúa, L. y B. Baca. 2001. Mecanismos de protección de la nitrogenasa a la inactivación por oxígeno. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 43(1): 37-49.
- Spiers, J.; J. Braswell and C. Gupton. 1999. Influence of P, K, Ca and Mg rates on leaf elemental concentration and plant growth of “Dormanred” raspberry. *Acta Horticulturae*, 505: 337-341.
- Stewart, G.; J. Pearson; J. Kershaw and E. Clough. 1989. Biochemical aspects of inorganic nitrogen assimilation by woody plants. *Annales des Sciences Forestières*, 46: 648-653.
- Stoll, M.; H. Jones and J. Infante. 2002. Leaf gas exchange and growth in red raspberries is reduced when part of the root system is dried. *Acta Horticulturae*, 585: 671-676.
- Strik, B. 2008. A review of nitrogen nutrition of *Rubus*. *Acta Horticulturae*, 777: 403-410.
- Sturz A. and J. Nowak. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecology*, 15(2): 183-190.

- Swietlik, D. and M. Faust. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. *Horticultural Reviews*, 6: 287-375.
- Taylor, J. and L. Harrier. 2000. A comparison of nine species of arbuscular mycorrhizal fungi on the development and nutrition of micropropagated *Rubus idaeus* L. cv. Glen Prosen (Red Raspberry). *Plant and Soil*, 225(1-2): 53-61.
- Uribe, H. y I. Maldonado. 2000. Programación de riego: Ni de más ni de menos. *Revista Tierra Adentro-INIA*, 34: 28-31.
- Urtubia, E. 2010. Análisis del estado del arte en nutrición y riego en arándano y propuesta de metodología para su estudio. Memoria Ingeniera Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 63h.
- Vega, A. 2015, dic. Manejo del frambueso. [Entrevista personal]. Santiago, Facultad de ciencias, Universidad Mayor.
- Wallace, T. 1943. Color pictures of mineral deficiencies in plants. In: The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. [en línea]. Recuperado en: <http://customers.hbci.com/~wenonah/min-def/berry.htm>. Consultado el: 23 de febrero de 2015.
- Wallace, T. 1941. A note on manganese deficiency in agricultural and horticultural crops (Abstract). (19-23pp). In: Annual report long Ashton agricultural horticultural research station. [en línea]. England, United Kingdom. Recuperado en: <http://www.cabdirect.org/abstracts/19410300786.html;jsessionid=67E59311997EE936385845FEBA7A393B#>. Consultado el: 02 de febrero de 2015.
- Wilcox, W.; M. Pritts and M. Kelly. 1999. Integrated control of *Phytophthora* root rot of red raspberry. *Plant Disease*, 83(12):1149-1154.
- Wilcox, W. 1989. Identity, virulence, and isolation frequency of seven *Phytophthora* spp. causing root rot of raspberry in New York. *Phytopathology*, 79(1): 93-101.
- Wright., C. and P. Waister. 1980. Seasonal changes in the mineral nutrient content of the raspberry. *Rubus*, breeding and machine harvesting. *Acta Horticulturae*, 112: 295-304.
- Zamora, F.; D. Tua, D. y D. Torres. 2008. Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de la papa. *Agronomía Tropical*, 58(3): 233-243.

Zebarth, B.; S. Freyman and C. Kowalenko. 1993. Effect of ground covers and tillage between raspberry rows on selected soil physical and chemical parameters and crop response. *Canadian Journal of Soil Science*, 73(4): 481-488.

## ANEXOS

## Anexo 1. Indicadores de la calidad del suelo.

<b>Física</b>	<b>Química</b>	<b>Biológica</b>
Capacidad de retención de agua	Disponibilidad de nutrientes	Materia orgánica del suelo Biomasa microbiana del suelo
Tasa de infiltración	Conductividad eléctrica (salinidad), sodio, pH	Respiración/biomasa (q/CO <sub>2</sub> )
Profundidad del suelo, horizontes	Toxicidad (elementos tóxicos, pesticidas)	N mineralizable (lábil) C orgánico (0,5 – 2 mm)
Textura del suelo		
Densidad de tamaño del suelo	Capacidad de intercambio catiónico y aniónico	Respiración del suelo
Estabilidad de agregados		Cobertura y crecimiento de la vegetación
Arcilla dispersable		Abundancia de lombrices <claves> y otra flora y fauna del suelo, poblaciones de plantas patógenas

\* Basado en el resumen de la conferencia internacional sobre la evaluación y monitoreo de la calidad del suelo. Emmaus, Pa, Julio 11-13, 1991. Rodale Institute.

Fuente: Modificado a partir de Altieri (1999).

## Anexo 2. Género de microorganismos fijadores de Nitrógeno en forma asimbiótica.

<b>Estrictamente anaeróbicos</b>	<b>Anaeróbicos facultativos</b>	<b>Microaerófilos</b>	<b>Aerobios</b>
<i>Clostridium</i>	<i>Kiebsiella</i>	<i>Xanthobacter</i>	<i>Anabaena</i>
<i>Desulfovibrio</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Azospirillum</i>	<i>Nostoc</i>
<i>Desulfotomaculum</i>	<i>Enterobacter</i>	<i>Aguaspirillum</i>	
<i>Chromatium</i>	<i>Citrobacter</i>	<i>Azotobacter</i>	
<i>Chlorobium</i>	<i>Escherichia</i>	<i>Azotococcus</i>	
<i>Escotthiospira</i>	<i>Propionibacterium</i>	<i>Azomonas</i>	
	<i>Rhodospirillum</i>	<i>Beijerinckia</i>	
	<i>Rhodopseudomonas</i>	<i>Derxia</i>	
		<i>Plectonema</i>	
		<i>Lyngbia</i>	
		<i>Oscillatoria</i>	
		<i>Herbaspirillum</i>	
		<i>Acetobacter</i>	

Fuente: Modificado a partir de Montecinos (1997).

Anexo 3. Microorganismos fijadores de nitrógeno y estrategias seleccionadas para contender con el O<sub>2</sub>. (Nasa = Nitrogenasa).

Microorganismo	Estrategia	Referencias
<b>Anaerobios</b>		
<i>Clostridium pasteurianum</i>	Evasión	Robson & Postgate
<b>Aerobios facultativos</b>		
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Protección respiratoria limitada	Juty, <i>et al</i>
<i>Rhodobacter capsulatus</i>	Protección respiratoria limitada, utilización de O <sub>2</sub> ligada a reducción de H <sub>2</sub> , actividad de Hidrogenasa.	Vignais <i>et al</i>
<b>Aerobios: 1. Microaerobios</b>		
<i>Mycobacterium flavum</i>	Protección respiratoria limitada	
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Difusión limitada de O <sub>2</sub> hacia la Nasa Protección respiratoria	Bergensen; Thumfort <i>et al.</i> Bergensen
<i>Sinorhizobium meliloti</i>	Protección respiratoria	Khan <i>et al.</i>
<i>Rhizobium leguminosarum</i>		
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Utilización de O <sub>2</sub> ligada a reducción de H <sub>2</sub> , actividad de Hidrogenasa.	Báscones <i>et al.</i>
<b>2. Aerobios</b>		
<i>Azotobacter</i> spp.	Protección respiratoria Protección conformacional Utilización de O <sub>2</sub> ligada a reducción de H <sub>2</sub> , actividad de Hidrogenasa Producción de alginato	Kelly <i>et al.</i> Lou <i>et al.</i> Yates <i>et al.</i> Du <i>et al.</i> Sabra <i>et al.</i>
<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>	Protección respiratoria	Flores-E <i>et al.</i>
<b>Productores de O<sub>2</sub> Cianobacterias: 1. Microaerófilos</b>		
<i>Oscillatoria limnetica</i>	Separación temporal Fotosíntesis anoxénica	Villbrant <i>et al.</i> Bergman <i>et al.</i>
<b>2. Aerobios, a. Heterocísticos</b>		
<i>Anabaena</i> spp	Separación espacial Barrera de difusión del O <sub>2</sub> hacia la Nasa Síntesis continua de la Nasa Protección respiratoria Utilización de O <sub>2</sub> ligada a reducción de H <sub>2</sub> , actividad de Hidrogenasa	Ernst <i>et al.</i> Golden & Yoon Cai & Wolk Peschek <i>et al.</i> Boison <i>et al.</i> Bothe <i>et al.</i>
<b>2. Aerobios, b. No heterocísticos</b>		
<i>Gleothoece</i>	Separación temporal	Gallon <i>et al.</i> ; Reade <i>et al.</i>
<i>Cyanothece</i>	Protección respiratoria Síntesis continua de Nasa	Peschek <i>et al.</i> Colón <i>et al.</i>
<i>Trichodesmium</i>	Síntesis continua de Nasa	Chen <i>et al.</i> ; Zehr <i>et al.</i>

Fuente: Modificado a partir de Soto-Urzuá y Baca (2001).

## Anexo 4. Niveles de referencia para el análisis foliar en frambuesa.

<b>Nutrientes</b>	<b>Unidades de medidas</b>	<b>Nivel deficiente</b>	<b>Nivel adecuado</b>	<b>Nivel excesivo</b>
N	%	< 2,5	2,7 – 3,5	> 4,0
P	%	< 0,15	0,2 – 0,4	> 0,6
K	%	< 1,0	1,5 – 2,5	> 3,0
Ca	%	< 0,5	0,8 – 2,5	> 3,0
Mg	%	< 0,25	0,3 – 0,6	> 1,0
Fe	mg kg <sup>-1</sup>	< 30	60 – 120	> 200
Mn	mg kg <sup>-1</sup>	< 20	50 – 150	> 300
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	< 15	20 – 60	> 80
Cu	mg kg <sup>-1</sup>	< 2	5 – 20	> 50
B	mg kg <sup>-1</sup>	< 30	40 – 70	> 80

Fuente: Modificado a partir de Hirzel y Morales (2009).

Anexo 5. Características químicas de un suelo adecuadas para el establecimiento exitoso de un huerto de frambueso.

Elemento o variable analizada	Unidad de medida	Nivel adecuado según textura	
		Franco arenosa a franco limo arenosa	Franco limosa a franco arcillosa
Materia orgánica	%	mayor a 1,5	mayor a 1,5
pH	--	6,2 – 7,0	5,8 – 6,8
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	menor a 1,5	menor a 1,5
Capacidad de intercambio catiónico	cmol(+)kg <sup>-1</sup>	8 – 15	15 – 30
Nitrógeno	mg kg <sup>-1</sup>	15 – 30	20 – 40
Fósforo	mg kg <sup>-1</sup>	mayor a 15	mayor a 20
Potasio	cmol(+)kg <sup>-1</sup>	0,3 – 0,5	0,4 – 0,6
Calcio	cmol(+)kg <sup>-1</sup>	7 – 10	8 – 12
Magnesio	cmol(+)kg <sup>-1</sup>	1,0 – 1,5	1,2 – 2,0
Sodio	cmol(+)kg <sup>-1</sup>	0,03 – 0,3	0,05 – 0,6
Suma de bases	cmol(+)kg <sup>-1</sup>	mayor a 8	mayor a 10
Relación de calcio sobre la CIC	%	60 – 65	55 – 65
Relación de magnesio sobre la CIC	%	12 – 15	10 – 15
Relación de potasio sobre la CIC	%	2 – 3	3 – 4
Azufre	mg kg <sup>-1</sup>	mayor a 8	mayor a 8
Hierro	mg kg <sup>-1</sup>	2 – 4	2 – 10
Manganeso	mg kg <sup>-1</sup>	1 – 2	2 – 5
Zinc	mg kg <sup>-1</sup>	0,8 – 1,5	1 – 2
Cobre	mg kg <sup>-1</sup>	0,5 – 1	0,5 – 1
Boro	mg kg <sup>-1</sup>	0,8 – 1,5	1 – 2

Fuente: Modificado a partir de Hirzel y Morales (2009).



## Anexo 6. Aporte nutrimental de algunos fertilizantes orgánicos y minerales.

Fertilizante	Nutrientes que aporta (%)					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
Cenizas de Madera	3,7	5,0	3,1			
Estiércol	1,5 – 2,5	2,0 – 2,5	1,6 – 2,0			
Guano de aves	3,0 – 4,0	2,5 – 3,5	2,0 – 3,0	1,0 – 1,4	0,7 – 0,8	0,7 – 0,8
Fartum® foliar	1,4	1,8	8,65	1,35	1,13	1,2
Harinas						
Algas marinas	2,8	0,2	2,5			
Huesos	3,5	20				
Pescado	15					
Pezuñas y cuernos	13					
Sangre	3,5	8,0				
Humus de lombriz	2,0	4,0	1,0			
Peptonas de pescado	11,4	0,8	1,2			
Roca fosfórica		26				
Roca potásica			10			

Fuente: Modificado a partir de Céspedes (2005) y Patagonia Biotecnología S.A (2014).

## APÉNDICE

### Glosario

- **Abonos verdes:** Cultivos anuales, generalmente mezclas de leguminosas con gramíneas, que se establecen con el fin de incorporarlos a toda la superficie del suelo en estado verde o con 10% de floración, sin descomposición previa, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, reestableciendo y mejorando su fertilidad natural. Generalmente son parte de una rotación de cultivos, pero también se pueden establecer entre las hileras de plantación de cultivos perennes como el frambueso, originando cultivos asociados.
- **Acolchado o “Mulch”:** Cubierta del suelo formada por materiales tales como astillas de madera, hojas o paja, o cualquier otro material, sintético o no, como papel de periódicos o plásticos, que evitan el crecimiento de malezas, moderar la temperatura del suelo o conservar su humedad.
- **Aminización:** Degradación de proteínas y compuestos relacionados a aminas y aminoácidos realizado por microorganismos heterótrofos.
- **Amonificación:** Conversión del nitrógeno orgánico a ion amonio por la acción de microorganismos descomponedores.
- **Bi-o-mar®:** Bioestimulante concentrado con ácidos húmicos y extractos de algas marinas. Fabricado por Arysta LifeScience.
- **Caldo bordelés:** Mezcla de sulfato de cobre con cal viva o virgen diluida en agua. Se utiliza como fungicida.
- **Compost:** Mejorador de suelo y fertilizante resultante de la fermentación aeróbica de una mezcla de materias primas orgánicas como residuos animales, vegetales y tierra, bajo condiciones específicas de humedad y temperatura.
- **Desnitrificación:** Reducción del ion nitrato a nitrógeno molecular, realizado por bacterias heterótrofas. Proceso opuesto a la fijación del nitrógeno.
- **Deyecciones:** Excremento.

- **Fartum®:** Bioestimulante y fertilizante orgánico elaborado con algas marinas para uso foliar y radical. Fabricado por Patagonia Biotecnología S.A.
- **Fijación de N<sub>2</sub>:** Reducción del nitrógeno atmosférico a compuestos nitrogenados. El nitrógeno elemental puede ser fijado de manera natural mediante procesos químicos espontáneos, o por fijación biológica la cual depende de la habilidad metabólica de algunos organismos.
- **Gallinaza:** Excremento de gallina mezclado con desperdicios de alimento y plumas.
- **Guano rojo:** Guano de ave originario del norte de Chile.
- **Harina de hueso:** Producto elaborado con una mezcla de carne y huesos deshidratados.
- **Harina de sangre:** Producto deshidratado de la sangre animal.
- **Nitrificación:** Oxidación biológica del amonio al nitrato por microorganismos aerobios que usan el oxígeno molecular como receptor de electrones, es decir, como oxidante.
- **Phyllium®:** Bioestimulante a base de extracto de algas marinas. Fabricado por Anasac Chile S.A.
- **Sulpomag®:** Fertilizante potásico y magnésico. Importado por FertiSur S.A.C.
- **Supermagro:** Abono líquido orgánico enriquecido con sales minerales usado en aplicaciones foliares para solucionar deficiencias de micronutrientes y proteger a los cultivos de enfermedades debido a su alta carga de microorganismos antagonistas.
- **Té de compost:** Extracto acuoso de compost utilizado para el control de plagas y enfermedades, como inoculante para restaurar o mejorar la microflora del suelo y como abono foliar.
- **Terra Sorb® foliar:** Fertilizante foliar a base de aminoácidos procedentes de hidrólisis enzimática. Fabricado por Bioiberica S.A.
- **Vermicompost o humus de lombriz:** Excretas de lombriz. Materia orgánica transformada por la acción combinada de lombrices y microorganismos. Ayuda a

recuperar suelos degradados y contaminados, además contiene más nutrientes disponibles para las plantas que el compost.