



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
UNT

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**Manejo de fertirriego en el cultivo de palta (*Persea americana*) Var. Hass.
en la empresa Agroindustrial Camposol. Perú-Colombia.2022**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

AUTOR: Castro Cuba, Sergio Manuel

ASESOR: MSc. Cabanillas Agreda Carlos Alberto

TRUJILLO - PERÚ

2022

Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento a las disposiciones vigentes contenidas en el Reglamento de Trabajo de Suficiencia Profesional – Experiencias en el campo profesional de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, someto a su elevado criterio el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulada **Manejo de fertirriego en el cultivo de palta (*Persea americana*) Var. Hass. en la empresa Agroindustrial Camposol. Perú-Colombia.2022.** con el propósito de optar el título profesional de Ingeniero Agrícola.

Trujillo, Octubre del 2022

Br. Castro Cuba, Sergio

Jurado dictaminador

Manejo de fertirriego en el cultivo de palta (*Persea americana*) Var. Hass. en la empresa

Agroindustrial Camposol. Perú-Colombia.2022

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

EXPERIENCIA EN EL CAMPO PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentada por:

Br. Castro Cuba, Sergio

Sustentada y aprobada, ante el siguiente Jurado:



Dr. Carrasco Silva Anselmo Humberto

Presidente



Atentamente
Ing Roberto Bruno Reyes Aspiros
DNI : 41465023

M. Sc. Arteaga Caro Pavel Ovidio

Secretario



M. Sc. Reyes Aspiros Bruno

Miembro



M. Sc. Cabanillas Agreda Carlos Alberto

Asesor

Dedicatoria

A **DIOS, TODOPODEROSO**, por su infinita bondad, por la fuerza y voluntad para con mis actos.

A mis **PADRES** por su inconmensurable ternura, apoyo y fuerza espiritual.

A mis **HIJOS** por ser parte de mi vida: Isabella, Mariano y Patricio.

A mis **HERMANOS** por su cariño, apoyo, consejos y comprensión.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a la **Empresa Agroindustrial Camposol Perú- Colombia**, por permitirme el presente estudio de investigación en dicha área.

De manera especial quiero agradecer al **Ing. Carlos Alberto Cabanillas Agreda**, como asesor en la conducción del presente trabajo.

Manifiesto también mi agradecimiento a los **señores catedráticos de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola**, quienes con su orientación y enseñanza contribuyeron a mi formación profesional, y siguiendo el mismo ejemplo continuaré esforzándome para superarme a través del trabajo y estudio permanente, dejando siempre en alto el nombre de Nuestra Alma Mater, UNT.

Índice General

Presentación	i
Jurado dictaminador	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice de Tablas	iii
Índice de Figuras	v
I. Introducción	1
Realidad problemática	1
Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
II. Revisión de Literatura	8
Lao (2013), Las condiciones climáticas,	8
La fertilización	8
El Sistema radicular del palto,	9
Interpretación agronómica de los análisis,	10
Clasificación del suelo de acuerdo a su pH	10
La materia orgánica	10
Clasificación del suelo de acuerdo al contenido de materia orgánica	11
Nitrógeno total	11
Fósforo disponible en ppm	12
El potasio	13
Conductividad Eléctrica	14
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	14
El riego y la fertilización,	15
Programa de fertirriego	16
III. Desarrollo del Trabajo	17
IV. Resultados y Discusión	22
Plan de nutrición	22
4.1. Determinación de la cantidad, distribución y cantidad de nutrientes	27
4.1.1. Cantidad de nutrientes.....	28
El Tipo de Nutrientes.....	29
Modelos de Plantilla para Macronutrientes	29
Modelos de Plantilla para Micronutrientes	32

Aporte del Agua y del Suelo	39
Retroalimentación de la Determinación de la Cantidad de Nutrientes	42
4.1.2. Distribución de nutrientes.....	44
4.1.3 Fuentes de nutrientes	57
4.2. Determinación de la lámina y módulo de riego	69
Lámina de riego.....	70
Módulo de riego.....	80
4.3. Determinación de soluciones del fertirriego.....	89
4.3.1. Diseño de la solución madre	90
4.3.2. Diseño de la solución nutritiva.....	97
4.3.3 Determinación de la lámina y módulo de riego	110
Necesidades Netas de Riego	111
Tiempo de riego	113
4.4. Monitoreo de campo	121
VI. Recomendaciones	130
VII. Referencias	131

Índice de Tablas

Tabla 1. Variedades de palto frente a la extracción de nutrientes de las hojas	9
Tabla 2. Contenido de materia orgánica en suelos minerales.....	11
Tabla 3. Grados correspondientes de fertilidad	11
Tabla 4. Fósforo disponible en ppm.....	12
Tabla 5. Fósforo disponible en ppm.....	12
Tabla 6. Niveles de fertilidad de potasio.....	13
Tabla 7. Niveles de fertilidad de potasio	13
Tabla 8. Relaciones entre CE, % SSI y pH en suelos	14
Tabla 9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	15
Tabla 10. Cationes cambiables.....	15
Tabla 11. Modelos de demanda de nutrientes de la operación del palto	31
Tabla 12. Niveles y descripción de los valores de pH del suelo	33
Tabla 13. Niveles y descripción de los valores de contenido de caliza total y caliza activa del suelo	34
Tabla 14. Niveles y descripción de los valores de C.E. (Conductividad eléctrica) del suelo	34
Tabla 15. Niveles y descripción de los valores de balance catiónico y relaciones entre cationes ..	36
Tabla 16. Niveles y descripción de los valores de Conductividad Eléctrica (CE) del agua	37
Tabla 17. Niveles y descripción de los valores de RAS (Relación de absorción de sodio) del agua .	38
Tabla 18. Niveles y descripción de los valores de bicarbonato (HCO_3^-) del agua.	38
Tabla 19. Niveles y descripción de los valores de otros elementos contenidos en el agua	39
Tabla 20. Niveles y descripción de los valores de boro del agua.....	39
Tabla 21. Niveles y descripción de los valores de nutrientes disponibles del suelo.....	41
Tabla 22. Niveles y descripción de los valores de fósforo disponible del suelo	41
Tabla 23. Solubilidad de los fertilizantes utilizados	60
Tabla 24. Salinidad aportada por cada fertilizante en una concentración de 1 g.L-1 utilizados	61
Tabla 25. Lista de Fertilizantes y Enmiendas	63
Tabla 26. Porcentaje de distribución y Cantidad de nutriente demandada para la semana 44.	67
Tabla 27. Aporte de cada fuente (fertilizante). Aquí se determinan las cantidades de fertilizantes a aportar en la semana 4, ejemplo 3,92 de sulfato de potasio, 9,95 kg de nitrato de potasio.	68
Tabla 28. Solubilidad máxima de los fertilizantes utilizados	94
Tabla 29. Ratios máximos de los Fertiductos de las Operaciones Palto y Mandarina.....	95
Tabla 30. Soluciones Madre de la Parcela 30 durante la semana 48	96

Tabla 31. Pesos moleculares, pesos equivalentes y pureza de los fertilizantes utilizados. Pesos atómicos de los principales elementos.....	98
Tabla 32. Rangos de concentración de nutrientes	99
Tabla 33. Soluciones Madre de la Parcela 30 durante la semana 48.	100
Tabla 34. Parámetros que influyen la Relación Generativa/Vegetativa	101
Tabla 35. Salinidad aportada por cada fertilizante en una concentración de 1 g.L-1	103
Tabla 36. Balance químico del agua de fertirriego, aportes previstos y disolución final	105

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Índice de Figuras

Figura 1. Disponibilidad de los nutrientes de acuerdo al pH del suelo.....	10
Figura 2. Organigrama de la gerencia de Operaciones Agrícola-Camposol.....	21
Figura 3. Proceso de fertirriego y nutrición	23
Figura 4. Plan de fertirriego y nutrición desarrollado en la empresa Agroindustrial Camposol	24
Figura 5. Objetivos específicos, zona de producción y áreas representativas en un plan de fertirriego y nutrición en la empresa Agroindustrial Camposol	26
Figura 6. Organigrama aplicado para la determinación, distribución y cantidad de nutrientes en la empresa Agroindustrial Camposol	27
Figura 7. cantidad de nutrientes en un plan de nutrición y fertirriego	28
Figura 8. Niveles y descripción de los valores de Materia orgánica en base a la textura del suelo	35
Figura 9. Secuencia de la distribución de nutrientes	45
Figura 10. Principales Etapas Fenológicas del palto Hass en las Zonas de Producción de la Operación Palto.	46
Figura 11. Distribución del Nitrógeno en Palto Hass en producción	47
Figura 12. Distribución del Fósforo en Palto Hass en producción	48
Figura 13. Distribución del Potasio en Palto Hass en producción.....	48
Figura 14. Distribución del Calcio en Palto Hass en producción. *No usado en Magdalena.....	48
Figura 15. Distribución del Magnesio en Palto Hass en producción. *No usado en Magdalena. ...	49
Figura 16. Distribución del Boro en Palto Hass en producción.....	49
Figura 17. Distribución del Zinc en Palto Hass en producción	49
Figura 18. Distribución del Manganeso en Palto Hass en producción. *Usado sólo en Terra	50
Figura 19. Distribución del Nitrógeno en Palto Hass en instalación	50
Figura 20. Distribución del Fósforo en Palto Hass en instalación	51
Figura 21. Distribución del Potasio en Palto Hass en instalación	51
Figura 22. Distribución del Calcio en Palto Hass en instalación.....	52
Figura 23. Distribución del Magnesio en Palto Hass en instalación.	52
Figura 24. Distribución del Boro en Palto Hass en instalación.....	53
Figura 25. Distribución del Zinc en Palto Hass en instalación.....	53
Figura 26. Distribución del Manganeso en Palto Hass en instalación. *Usado sólo en Terra	54
Figura 27. Distribución del Potasio en Palto Hass para lograr reducir el porcentaje de calibres grandes en frutos de palta Hass.....	55
Figura 28. Distribución del Nitrógeno en Palto Hass para lograr reducir la tendencia a aletargar la tasa de madurez en frutos de palta Hass.....	55

Figura 29. Distribución del Potasio en Palto Hass para mitigar los efectos adversos de una Anomalía Cálida en palta Hass.	56
Figura 30. Fuentes de nutrientes	57
Figura 31. Determinación de la lámina y módulo de riego	69
Figura 32. Diámetro proyectado de la copa.....	70
Figura 33. Curvas de Kc en algunas zonas representativas del palto de la Zona productiva de Virú-Chao.....	73
Figura 34. Datos y volúmenes de agua demandada para la semanas 17 a la 20.....	87
Figura 35. Resumen de cantidad de agua, y su costo en una hectárea	88
Figura 36. Determinación de soluciones de fertirriego	89
Figura 37. Principales interacciones entre nutrientes	91
Figura 38. Compatibilidad de los fertilizantes.....	92
Figura 39. Rangos de la Relación N/K	102
Figura 40. Distribución de las Concentraciones (Amonio + Nitrato) y relaciones iónicas (Relación Nitrato/Amonio) del Nitrógeno en Palto Hass.	106
Figura 41. Distribución de las Concentraciones de Potasio en Palto Hass	106
Figura 42. Distribución de la Relación Iónica Nitrógeno/Potasio en Palto Hass.....	106
Figura 43. Distribución de las Concentraciones (Fosfato) de Fósforo en Palto Hass.....	107
Figura 44. Distribución de las Concentraciones de Calcio en Palto Hass. *Condiciones del PECH	107
Figura 45. Distribución de las Concentraciones (Sulfato) de Azufre en Palto Hass. *Condiciones del PECH	107
Figura 46. Distribución de las Concentraciones (Cloruro) de Cloro en Palto Hass. *Condiciones del PECH	108
Figura 47. Distribución de las Concentraciones de Bicarbonato en Palto Hass. *Condiciones del PECH	108
Figura 48. Distribución de las Concentraciones de Zinc en Palto Hass. *Condiciones del PECH...	108
Figura 49. Distribución de las Conductividad Eléctrica (Salinidad) en la Soluciones Nutritivas en Palto Hass. *Condiciones del PECH	109
Figura 50. Determinación de la lámina y módulo de riego.....	110
Figura 51. Coeficiente de consumo.....	112
Figura 52. Tiempo de riego.....	113
Figura 53. Puntos de medición	121
Figura 54. Profundidad de raíces	122
Figura 55. Colección de las submuestras	123

Figura 56. Recolección de las muestras	123
Figura 57. Ubicación del punto de muestreo.....	124
Figura 58. Colección de la muestra de suelo	125
Figura 59. Ubicación de los depósitos.....	127

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Resumen

En la empresa Camposol se viene manejando el cultivo de palto bajo sistema de riego por goteo gravedad, para suministrar el alimento a la planta es a través del fertirriego, es decir directamente a la zona radicular y humedeciendo la raíz de la planta que permite suplir la demanda nutricional, Modificar (paulatinamente) las condiciones de suelo y/o agua, lograr condiciones de calidad especiales y Mitigar efectos climáticos adversos. El trabajo de suficiencia profesional recoge la experiencia de trabajo durante mi permanencia en la empresa Camposol, en manejo de fertirriego en el cultivo de palto (*Persea americana*) Var. Hass, donde se distribuye los nutrientes en forma líquida diaria o semanalmente de acuerdo a un plan de nutrición, los objetivos específicos fueron Determinar las cantidades y distribución de fuentes de nutrientes, determinar la lámina de riego y módulo de riego y determinar las soluciones del fertirriego. La Operación de las zonas de producción en el Perú son Virú-Chao, La Libertad, Curumuy, Piura, Magdalena, Cajamarca, cada zona tiene un plan independiente con su plantilla de nutrición. La tecnificación manejada en la empresa es, zonas con Riego a Gravedad (Magdalena) y Zonas con Fertirriego (Virú-Chao y Piura), donde aplica el Diseño Agronómico que deriva en un estado hidráulico para el cultivo. Se toma en cuenta la condición Física del Suelo: Movimiento y retención de humedad y la Condición Química del Suelo: Nivel de salinidad y pH.

Palabras Claves: Solución madre, solución nutritiva, agua fuente, nutrientes

Abstrac

In the Camposol company, avocado cultivation has been managed under a gravity drip irrigation system, to supply food to the plant through fertigation, that is, directly to the root zone and moistening the root of the plant that allows supplying the nutritional demand, modify (gradually) soil and/or water conditions, achieve special quality conditions and mitigate adverse climatic effects. The professional sufficiency work collects the work experience during my stay at the Camposol company, in fertigation management in the cultivation of avocado (*Persea americana*) Var. Hass, where nutrients are distributed in liquid form daily or weekly according to a nutrition plan, the specific objectives were to determine the amounts and distribution of nutrient sources, determine the irrigation sheet and irrigation module and determine the fertigation solutions. . The operation of the production areas in Peru are Virú-Chao, La Libertad, Curumuy, Piura, Magdalena, Cajamarca, each area has an independent plan with its nutrition staff. The modernization managed in the company is Gravity Irrigation Zones (Magdalena) and Fertigation Zones (Virú-Chao and Piura), where the Agronomic Design is applied, resulting in a hydraulic state for the crop. The Physical condition of the Soil is taken into account: Movement and moisture retention and the Chemical Condition of the Soil: Salinity level and pH.

Keywords: Stock solution, nutrient solution, source water, nutrients

I. Introducción

Realidad problemática

En el 2021, la producción de palta de Perú se incrementó en cerca de un 20 % en comparación con el 2020, alcanzando las 483 000 toneladas de palta Hass despachada. Fernando Cilloniz Benavides, presidente de la consultora **Inform@ccion** proyecta que en el 2022, las exportaciones peruanas de palta fresca crecerán en volumen alrededor del 20 % respecto al año anterior, superando las 600 mil toneladas.

Debido a que interactúa con varios factores de producción como la fertilización, el clima, el suelo y el cultivo, el suministro de agua en el valle es el principal factor limitante en la producción agrícola. Como resultado, la efectividad del rendimiento óptimo y económico está íntimamente ligada al uso eficiente de este recurso, durante el manejo del cultivo. Las técnicas de riego por goteo se están utilizando actualmente para utilizar el agua de manera eficiente. Otro problema es el impacto del monocultivo generalizado, que está deteriorando los lugares más adecuados para el cultivo de este cultivo extremadamente rentable y apreciado. (García, 2021)

Por lo tanto, es necesario abordar estos dos problemas, ya que tienen una relación directa con el crecimiento de este importante cultivo. Empresas privadas de todo el mundo se están concentrando en la producción de semillas, mostrando inversión en invernaderos de última generación y el uso de sustratos (turba) para la producción de tomates indeterminados, lo que asegura un control efectivo de la fertilización y riego de acuerdo a su estado fenológico, permitiendo una mejora significativa de los problemas sanitarios causados por suelos contaminados o con alta población de nematodos. (García, 2021).

Los cultivos tradicionales son aquellos que históricamente se han cultivado sin fertirrigación o con métodos de riego simples (gravedad, sub-irrigación, aspersión de agua sin fertilizantes o sin fertirrigación), en suelos ricos en materia orgánica, con buenos contenidos de limo y arcilla, con condiciones de drenaje y propiedades físicas adecuadas, tienen bajos niveles de salinidad, son de fácil disponibilidad de agua de lluvia, se distribuyen uniformemente a lo largo del año y tienen un clima

favorable. Junto con otros problemas bien conocidos, también se sabe que la tierra se está encareciendo como resultado de la urbanización de las ciudades y los desalojos de las zonas rurales.

(INTAGRI, 2019)

Debido a estas circunstancias aparentemente excelentes, la fertirrigación no es un enfoque principal para sus cultivos, pero lamentablemente, el suelo continúa erosionándose. Las lluvias son más raras por períodos más largos debido al cambio climático, mientras que los mercados locales y globales demandan mayor calidad y producción. Sin embargo, los recientes avances agrícolas significativos en varias naciones demuestran que los métodos de fertirrigación tecnificados se están utilizando en casos cada vez más exitosos en el crecimiento y desarrollo de la agricultura tecnificada. Dados sus múltiples beneficios, como la alta eficiencia agronómica de los fertilizantes solubles para fertirrigación o su uso en campo abierto incluso en épocas o regiones con lluvia, entre otros, sistemas de fertirrigación con adecuado diseño agronómico, hidráulico, geométrico, manejo técnico adecuado, sistema de monitoreo, y el mantenimiento preventivo producen resultados notables, aumentando el rendimiento y la calidad de los cultivos. De acuerdo con esta línea de pensamiento, los suelos con aparentes limitaciones agronómicas pueden convertirse en suelos, áreas limitadas o regiones con un gran potencial productivo de alimentos que, muy probablemente, igualarán o superarán las cualidades y productividades de los cultivos tradicionales no tecnificados sembrados en suelos con alto potencial productivo. Sin embargo, aún queda un largo camino por recorrer hasta que este método se comprenda, mejore e implemente completamente en muchas naciones, áreas y cultivos. Los mayores obstáculos para la fertirrigación son el cambio cultural, la resistencia al cambio y la capacitación.

(INTAGRI, 2019)

Todas las naciones de América Latina han visto un aumento notable en el uso de sistemas de cultivo manejados con fertirrigación, pero se ha realizado poca investigación local para abordar el manejo de estos sistemas. Los sistemas de fertirrigación no pueden funcionar eficazmente en estas circunstancias. Este artículo tiene como objetivo cubrir rápidamente las técnicas de manejo de fertirrigación para la nutrición de cultivos. Las siguientes tres hipótesis esenciales se pueden utilizar

para maximizar la nutrición de los cultivos en los sistemas de fertirrigación: 1. Antes de plantar el cultivo, se analizan el suelo y el agua. 2. Comprensión de los requerimientos de nutrientes del cultivo durante su ciclo fenológico (para maximizar el rendimiento y la calidad) 3. Monitoreo de la nutrición del cultivo en varias etapas de su crecimiento (Castellanos, s.f.).

La peruana es una de las firmas hortofrutícolas más importantes del mundo. Es la empresa agroindustrial Camposol, con sede en el departamento de La Libertad, la encargada de procesar los alimentos frescos. La empresa, que comenzó produciendo espárragos hace 20 años, ha cambiado su enfoque hacia la industria frutícola con la introducción de dos productos estrella: el aguacate y el arándano. Mangos, naranjas y uvas de mesa conforman una canasta de exportación que se distribuye a más de cincuenta naciones.

En 1997 nació Camposol y las cosas en la zona de La Libertad empezaron a cambiar. Una región desértica comenzaba a parecerse a un "mar verde" en ese momento. El espárrago, cultivo en el que esta corporación centró todo su esfuerzo durante una década y cuya producción estaba dirigida principalmente al mercado europeo, fue el causante de esta transición. La empresa mantuvo un ritmo de crecimiento superior al promedio nacional de la industria hortofrutícola gracias al desarrollo del proyecto de riego Chavimochic, la iniciativa de inversionistas visionarios y el trabajo de sus colaboradores. Dado que a la industria del espárrago le estaba yendo bien, la empresa quería agregar otros cultivos. En una serie de inversiones realizadas en La Libertad, además de Piura y Arequipa, incursionó en la producción de frutales, construyendo un portafolio que comprendía palta, uva de mesa, mango, mandarina y, más recientemente, arándano. La empresa tiene terrenos en Uruguay donde se cultivan cítricos y también tiene terrenos en Colombia donde se desarrolla un proyecto de aguacate.

La fundación de Camposol fue la administración del cultivo de espárrago, que llegó a abarcar más de 9.000 hectáreas, particularmente en la zona de influencia del Proyecto Especial Chavimochic, donde Camposol llegó a manejar unas 2.000 ha antes de decidir su sustitución. Optó por el arándano, una fruta con tentadores precios internacionales previstos en 2012. La corporación no se inmutó

cuando decidió reemplazarlo, a pesar de que cualquier elección comercial debe ser cuidadosamente pensada.

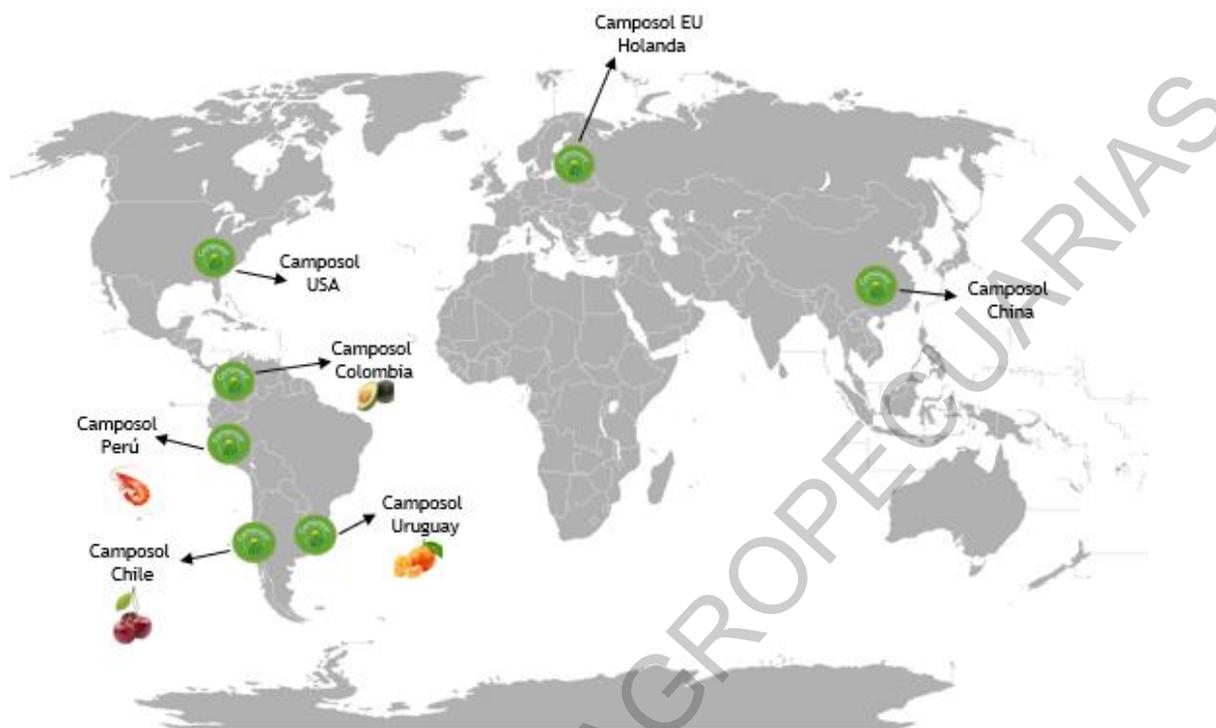
Sin embargo, el aguacate llegó antes que el arándano. La empresa genera un promedio de 40.000 toneladas por campaña, lo que solo en 2016 representó ingresos por US\$ 53,7 millones, a pesar de la tendencia fluctuante del cultivo.

Los principales cultivos de Camposol son el aguacate y el arándano. Su objetivo principal es convertirse en la multinacional peruana que brinda alimentos saludables a las familias de todo el mundo, y sus crecientes vínculos con 20 de las 25 cadenas de supermercados más grandes del mundo, así como el hecho de que exportan a más de cincuenta países, ayudan ellos a llegar allí. Están destinados a expandirse como negocio, apoyando al sector agroexportador de Perú en el proceso. (REDAGRÍCOLA, 2018)

Crece en importancia en la agronomía productiva de nuestra nación el cultivo conocido como aguacate. Este tipo de grano, originario de México, fue traído al Perú (Cusco) en el año 1450 por el Inca Tpac Yupanqui. La ampliación de las áreas de producción sugiere que la preparación para la producción debe tener en cuenta tanto la cantidad como la calidad, sobre todo si es para consumo fuera de nuestro país (AGROBANCO, 2013). Como se puede observar en la figura 1, la empresa agroindustrial Camposol tiene alcance internacional.

Figura 1

Presencia internacional de la empresa Agroindustrial Camposol



Como se puede apreciar, la corporación agroindustrial tiene operaciones en Perú, Chile, Colombia, Uruguay, Estados Unidos, Holanda y China. Su misión es ofrecer a las personas de todo el mundo alimentos saludables a través de productos distintivos. Logramos esto enfocándonos en la excelencia operativa, la innovación y el desarrollo de los empleados, lo que tiene un efecto positivo y notorio en el bienestar de las comunidades donde operamos y genera valor a largo plazo para nuestros accionistas. La visión de la empresa es: "Ser el proveedor líder y de referencia de alimentos frescos y saludables para las familias de todo el mundo", en la Figura 2 se puede apreciar las líneas de negocio de la empresa.

Figura 2

Líneas de Negocio de la empresa Agroindustrial Camposol



El cultivo de “palto” es manejado por la empresa Camposol en Perú mediante riego tecnificado por goteo, y la fertilización se realiza a través del sistema de riego, lo que se denomina fertirrigación. Se maneja en base a un plan de fertilización, y el presente trabajo de suficiencia tiene por objeto proponer un plan de fertilización, fruto de la experiencia que he adquirido a lo largo de mis 16 años de trabajo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, para la implementación de un plan de fertilización, la nutrición Debido a que las necesidades nutricionales del aguacate varían mucho según el tipo de cultivos, la edad del aguacate y los nutrientes que necesita a lo largo de su ciclo fenológico.

Cada nutriente es crucial para el desarrollo de los aguacates, pero debido a que el aguacate es un cultivo tan sensible a los factores ambientales y las características del suelo, ha sido difícil determinar las cantidades precisas de fertilizantes a utilizar. Se han realizado numerosos estudios en esta área y se han descubierto muchas variaciones que dependen del suelo, el cultivo y el lugar donde se cultiva. Para el desarrollo de todo tipo de plantas se toman en cuenta 16 componentes nutricionales, entre ellos: Los micronutrientes incluyen hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, níquel y boro. Los

macronutrientes incluyen nitrógeno, carbono, oxígeno, hidrógeno, calcio, magnesio, potasio, fósforo y azufre. (AGROBANCO, 2013)

Estas consideraciones cruciales deben hacerse para implementar un esquema de programa de fertirrigación: análisis del suelo, el agua y las plantas.

Los resultados del análisis del suelo revelarán cómo debe interpretarse el suelo. Conocer los aportes del agua (como calcio, nitrato y otros elementos que se utilizarán para implementar el programa) y el estado de la planta. En cuanto a los nutrientes, el 98 % del peso seco del aguacate se compone de hidrógeno, carbono y oxígeno, que en su mayoría se derivan de la atmósfera. Sin embargo, el 2% corresponde a nutrientes adicionales. (AGRNOTICIAS, 2021)

Objetivos

Objetivo General

Presentar el manejo de fertirriego en el cultivo de palta (*Persea americana*) Var. Hass. en la empresa Agroindustrial Camposol. Perú-Colombia.2022

Objetivos Específicos

Determinar las Cantidades, Distribución y Fuentes de Nutrientes

Determinar de la Lámina y Módulo de Riego

Determinar y formular Soluciones del Fertirriego

II. Revisión de Literatura

Lao (2013), **Las condiciones climáticas,**

Son importantes para el desarrollo del cultivo del palto, como la Temperatura, tiene su influencia en la floración, la más sensible es la Var. “Fuerte”. Las más óptimas son de 25 °C máxima día y 10 – 12 °C noche, a diferencia que la variedad Has 20°C y mínima de 10°C. La Var “Fuerte” se desarrolla a una altitud mayor de 700 msnm y para los valles interandinos mayor a 2000msnm, la variedad “Hass” se adapta bien. En la Selva Alta, en altitudes mayores a los 700 msnm, la variedad “Hass” se ha adaptado mejor que la “Fuerte”. La Luminosidad, cuando existe un exceso de sombra afecta el buen desarrollo de la planta, principalmente afecta la floración, no permitiendo que floree y cuaje los frutos, las plagas tienen mayor incidencia al igual que las enfermedades. Además puede dañar a las plantas jóvenes. La Humedad relativa, puede afectar a los estigmas de las flores, provocando la sequedad. Los Vientos, es positivo para el palto por que facilita la polinización, pero hay que tener en cuenta que la velocidad no supere los 10Km por hora (2.77m/seg). Si son vientos mayores a 10Km por hora, pueden afectar al cultivo debido a que pueden cargar sales. Las Precipitaciones pueden conducir a la presencia de enfermedades, produciendo pobredumbre radicular o tristeza del palto (*Phytophthora cinnamoni*).

Tineo, J. (2017) En nuestro país el palto está alcanzando un desarrollo agronómico productivo, es un cultivo de origen mexicano, en el año 1450 llegó al Cuzco específicamente al valle de Urubamba, actualmente se está alcanzando mayor área cultivable y calidad. Las estadísticas actuales se viene mejorando la cadena productiva y los procesos del cultivo hasta la cosecha del fruto, es por ello que el suelo debe poseer las características y propiedades adecuadas para el éxito de este cultivo, es por eso que se debe realizar un análisis de suelo, antes de la fertilización

La fertilización

Domínguez, A. (1978), irectamente permite tener buenos rendimientos y sobre todo calidad. Por lo que para tener buen éxito se recomienda seguir el siguiente proceso, **Análisis de suelo**, para ello

se recomienda realizar calicatas para obtener las muestras a diferentes profundidades, principalmente de la zona radicular que está el 80 % la mayor concentración, por eso es importante por lo menos se debe realizar cada tres años Donahue, R., Miller, R. y Shickluna, C. (1981). y anualmente un **análisis foliar**, que es el segundo paso a realizar donde permite saber el estado nutricional, cuanto ha absorbido los nutrientes la planta. No todas las variedades tienen valores establecidos de extracción de nutrientes como se muestra en la Tabla 1

Tabla 1

Variedades de palto frente a la extracción de nutrientes de las hojas

Variedad/Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
Fuerte	11.30	1.70	19.50	2.08	5.01	8.00	0.04	0.09	0.02	0.04	0.01
Hass	28.00	10.0	67.00	5.50	11.00	0.00	0.99	0.12	0.02	0.39	0.14

El Sistema radicular del palto,

es de 1,2 a 1,5 m de profundidad, la mayor proporción se encuentra a los 0,6 m de profundidad, en la etapa de floración, aumenta el área superficial efectiva de las raíces contribuyendo a la pérdida de agua a nivel de la planta, factor que se une a un mayor estrés ambiental existente durante la primavera. Los paltos absorben hasta el 95 % del agua en los primeros 60 cm del suelo, cuando las texturas son finas. Para obtener un sistema radicular vigoroso, bien ramificado y con una alta proporción de raíces finas, hay necesidad de ubicar la plantación en suelos bien aireados; bajo estas condiciones, las raíces menores a 2 mm pueden corresponder a un 40% del total del volumen o peso de raíces.

Los **análisis** recomendados son el simple o fertilidad como: Materia orgánica, nitrógeno total, Fósforo y potasio disponibles, pH en agua, conductividad eléctrica, textura., un análisis más completa son acidez total, calcáreo total. capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺, Al⁺⁺⁺, Humedad equivalente y punto de marchitez.

Interpretación agronómica de los análisis,

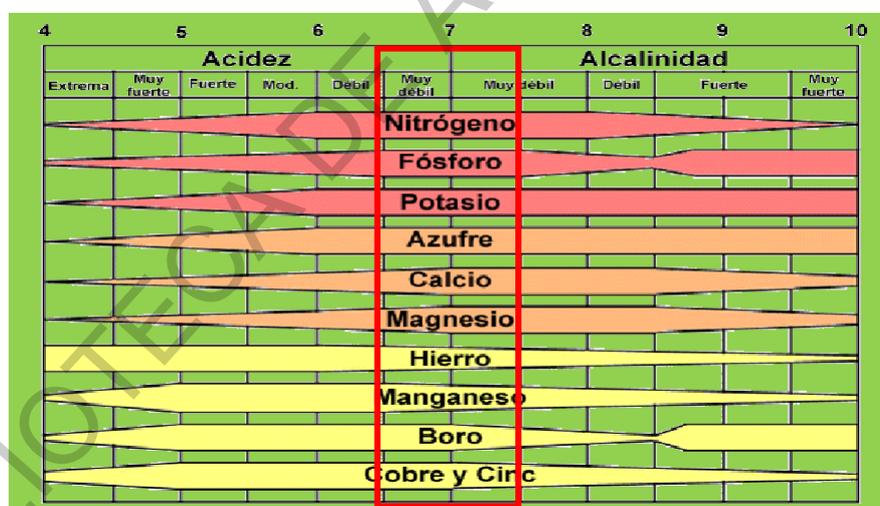
Ankerman, D. y Large, R. (s/f), indica que el **pH**, a los suelos se caracterizan por su contenido de alcalinidad o acidez, valores muy altos están relacionados con la salinidad, y sodicidad. La presencia de Fe y Al activo puede ser interpretada por un pH bajo que son responsables de la fijación del P y con Si disponible bajo, que perjudica al cultivo Hauser, F. (1980).

Clasificación del suelo de acuerdo a su pH

Los suelos se pueden clasificar, según el valor del pH, xtremadamente ácido < 4,5, Fuertemente ácido: 4,5 – 5,5, Medianamente ácido: 5,6 – 6,0, Ligeramente ácido: 6,1 – 6,5. Neutro 6,6 - 7,3, Medianamente básico: 7,4 - 7,8, Básico: 7,9 –8,4, Ligeramente alcalino: 8,5–9,0, Alcalino : 9,1 – 10 y Fuertemente alcalino >10

Figura 1

Disponibilidad de los nutrientes de acuerdo al pH del suelo



Nota. Hauser, F. (1980). “

La materia orgánica

La Materia orgánica, se determina a través del Carbono orgánico multiplicado por el factor 1.724, usando el método de Walkley y Black

$$\% \text{ M.O} = \% \text{ C orgánico} \times 1.724$$

Se estima que la materia orgánica de los suelos contiene en promedio 5% del N total y 58% de C.

Clasificación del suelo de acuerdo al contenido de materia orgánica

Los suelos por su contenido de materia orgánica, Hasta <6% de M.O. total Mineral. De 6 a 10% normal y Más de 10% orgánico.

Tabla 2

Contenido de materia orgánica en suelos minerales

Niveles de M.O. (%)	Interpretación
< 1	Muy pobre
1.0 - 2.0	Pobre
2.0 - 3.0	Medio
3.0 - 5.0	Rico
> 5	Muy rico

Nota. Hauser, F. (1980). “

Nitrógeno total

Se obtiene el N aprovechable y se determina por el método de Kjeldahl. La determinación del N, son muy útiles para el proceso de la formulación del abonamiento.

Tabla 3 Grados correspondientes de fertilidad

Niveles de N total (%)	Interpretación
0 - 22	Muy bajo
23 - 44	Bajo
45 - 61	Medio
62 - 84	Alto
85 a más	Muy alto

Nota. Hauser, F. (1980).

Tabla 4

Fósforo disponible en ppm

Interpretación	Jackson	Ackerman	PASTOS-UNSCH
Muy bajo	< 3	0 – 5	0 - 5
Bajo	3 - 7	6 - 13	5 - 12
Medio	7 - 20	14 - 19	12 - 18
Alto	20 a más	20 - 28	18 - 25
Muy alto	--	29 a más	> 25

Nota. Tineo, A. (1999).

Determinado por el método de Olsen, cuyo extractante es el HCO_3Na a pH 8, es decir una solución alcalina. Por ejemplo, el nivel crítico es de 21 ppm para suelos de Ayacucho (Arias, 1978).

Fósforo disponible en ppm

Tabla 5

Fósforo disponible en ppm

Interpretación	E.E.A. La Molina	Ackerman	PASTOS-UNSCH
Muy bajo	--	0 – 5	0 - 5
Bajo	1 - 6	6 – 15	5 – 13
Medio	7 - 14	16 - 25	14 - 26
Alto	> 15	26 - 45	27 - 32
Muy alto	--	> 45	> 32

Nota. Arias, J. (1978)

El Método de Olsen es adecuado para suelos alcalinos y los determinados por el método de Bray-Kurtz es para suelos ácidos; sin embargo; se ha comprobado que la extracción con bicarbonato,

no sólo da excelentes resultados en suelos alcalinos, sino por lo común también en suelos ácidos.

El potasio

Potasio. El K se determina con fotómetro de llama, empleando como extractante Morgan-Peech (acetato de Na en ácido acético 3% amortiguado a un pH 4.8).

Tabla 6

Niveles de fertilidad de potasio

Interpretación	ppm K (Ortiz)	E.E.A. La Molina (ppm)		UNA-LM Kg/Ha K ₂ O
		pH < 6.5	pH > 6.5	
Bajo	75			0 - 170
Medio	102	100	150	171 - 284
Alto	146			> 284
Muy alto	222			

Nota. Tineo, A. (1999)

$$K \times 1.2 = K_2O$$

Calcio y Magnesio. Se determina por el método Morgan.

Tabla 7

Niveles de fertilidad de potasio

ppm Ca	ppm Mg	Interpretación
500	12	bajo
900	25	medio
1200	50	alto
1600	125	muy alto

Conductividad Eléctrica

Una estimación cuantitativa del contenido en sales del suelo o del agua de riego, puede hacerse basado en su C.E.

La C.E. del extracto se expresa en deci Siemens/m (dS/m) a 25°C. De acuerdo a la Conductividad Eléctrica los suelos pueden expresarse en:

Tabla 8

Relaciones entre CE, % SSI y pH en suelos

	C.E. dS.m ⁻¹	%SSI	pH
Suelos salinos	> 4	< 15	< 8.5
Suelos sódicos no salinos	< 4	> 15	8.3 - 10
Suelos sódicos y salinos	> 4		8.5 – 9.0
Suelo normal	< 4	< 15	< 8.5

Nota. Hauser, F. (1980).

$$Psa = 0.064 \times C.E. \times 10^3 \text{ (\% de sales en el agua).}$$

$$Pss = (Psa \times Pa) / 100 \text{ (\% de sales en el suelo).}$$

$$PO = 0.36 \times C.E. \times 10^3.$$

Donde:

Pa = % agua en suelo saturado.

PO = Presión osmótica en atmósferas.

% SSI = Porcentaje de saturación de sodio intercambiable.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Tabla 9

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Rango en meq/100 g suelo	Interpretación
> 40	muy alto
25 – 40	alto
12 - 25	medio
6 - 12	bajo
< 6	muy bajo

Nota. Hauser, F. (1980).

Cationes cambiabiles

Tabla 10

Cationes cambiabiles

Interpretación	Rangos meq/100 g de suelo			
	Ca	Mg	K	Na
Muy alto	> 20	> 8	> 1.2	> 2.0
Alto	10 - 20	3 – 8	0.6 – 1.2	0.7 - 2.0
Medio	5 - 10	1 - 3	0.3 - 0.6	0.3 – 0.7
Bajo	2 - 5	0.3 - 1	0.2 - 0.3	0.1 – 0.3
Muy bajo	< 2	< 0.3	< 0.2	< 0.1

El riego y la fertilización,

son los factores determinantes para incrementar los rendimientos, la aplicación adecuada de nutrientes, para satisfacer los requerimientos de las plantas, por esta razón que la frecuencia y dosis deben ser balanceadas para que se produzcan pérdidas por lixiviación y contaminación de suelo y acuíferos (Gaona, et al., 2020)

El incremento cada vez mayor de la superficie destinada a este cultivo así como el alza de su demanda en el mercado hacen que los países productores como México, el más importante productor y exportador a nivel mundial, se vean en la necesidad de innovar constantemente sus técnicas de producción si desean mantener o mejorar su competitividad en el mercado. El uso de sistemas de irrigación y del fertirriego son tecnologías cada vez más usados por los países productores, incluyendo México, por los beneficios que se tienen en cuanto a la eficiencia en el uso de los recursos y la calidad de la producción. El presente trabajo se realiza con la finalidad de explorar documentalmente el tema, conocer la situación del proceso de producción con el uso de estas tecnologías, identificar el potencial productivo de los mismos y definir acciones que permitan mantenerla o mejorarla. Además, para que quienes se encuentran inmersos en el ambiente, encuentren en este una fuente con información que les sirva de base para la toma de decisiones en campo sobre el manejo de agua y fertirriego de su cultivo

Programa de fertirriego

es importante realizar un buen análisis de suelo, agua y planta, que permita establecer la frecuencia y el tiempo de manera adecuada que permita un buen desarrollo de los cultivos, además también se debe tener en cuenta las condiciones del clima, por que determina la evapotranspiración de referencia, es decir permite saber la demanda evaporativa de la atmósfera. El coeficiente de cultivo (KC) es importante por que permite determinar el desarrollo fenológico de la planta, así como también interesa conocer el sistema el sistema radicular específicamente su profundidad y distribución, es por esta razón las características del suelo como su aireación, humedad, y profundidad son parámetros que se deben tener en cuenta para un buen desarrollo, producción y calidad del palto

III. Desarrollo del Trabajo

Desde el año 2006 laboro en la empresa agroindustrial Camposol (Perú), desde Junio de 2018 hasta la actualidad continúo laborando en la empresa Camposol (Colombia), de manera general me encuentro desarrollando competencias profesionales referente al Ingeniero Agrícola como, **Ingeniería y gestión de recursos hídricos y Ordenamiento Territorial** realizando gestiones y supervisando proyectos de infraestructura productiva para el óptimo aprovechamiento de los recursos hídricos de manera ecológica y sostenible, a través de tecnologías apropiadas, limpias y software especializados, para la seguridad hídrica y alimentaria al servicio de la población.

A continuación, detallo las responsabilidades, competencias, logros y aportes, durante mi permanencia en la empresa:

Sub-Gerente de Operaciones Agrícolas Colombia (desde junio del 2018 a marzo del 2021)

Responsabilidades

- Implementar las fincas (parcelas), siembra y riego para el cultivo de “palta”.
- Asegurar la producción, calidad e inocuidad de la fruta, considerando los requerimientos comerciales y certificaciones.
- Establecer las estrategias y gestión los procesos de producción, operaciones agrícolas y cosecha, asegurando la seguridad y salud ocupacional de los colaboradores, y la sostenibilidad social y ambiental.
- Gestionar el presupuesto y mejorar la rentabilidad económica.
- Buscar que la ventana productiva se aproxime a lo requerido por el negocio.
- Establecer estrategia y gestión de la mejora de la calidad de los plátanos.
- Gestionar la compra de terrenos para el cultivo.
- Implementar y desarrollar la estructura organizativa.

Logros:

- Implementación de 2 183 ha netas con palta var. Hass en 4 300 ha brutas, distribuidas en 19 fincas en el eje cafetero; en los municipios de Pacora, Aranzazu, Villa María, Salento, Caicedonia, Sevilla, Versalles, Dovio y Trujillo, de los departamentos de Caldas, Quindío y Valle de Cauca.
- Producción de 6.166 t de fruta y exportación de 180 contenedores a EU, USA, Canadá y China, en 6 cosechas desde fines del 2019, a la fecha.
- Construcción de equipo y estructura organizacional.
- Mejora de la calidad de los plantones y producción de plantones de semilla, importada.
- Implementación de piloto de fertirriegaición y 1,7 Km de sistema de garruchas, para mejorar la rentabilidad del negocio.

Superintendente de Producción Agrícola Palto_(desde agosto del 2015 a mayo del 2018)

Responsabilidades

- Gestionar las actividades agrícolas con el fin de maximizar la rentabilidad, a través de la búsqueda de un alto rendimiento sostenible, el cuidado de la calidad del fruto y adecuando el manejo a la estrategia comercial.
- Gestionar la cooperación y el buen servicio de todas las áreas, como cosecha, packing, gestión humana, gestión de la calidad, fertirriego y nutrición, sanidad, servicios agrícolas, administración, logística, seguridad patrimonial, etc.
- Obtener los resultados basándose en la innovación, la eficiencia, el trabajo en equipo y el desarrollo de las personas.

Logros

- Incremento del rendimiento del fundo asignado desde agosto del 2015 a febrero del 2018. El fundo Yakuy Minka de 474ha, pasó a ser del menos, al más productivo de la operación de 2 600 ha de cultivo palta.

- Desde marzo del 2018, me asignaron el fundo Mar Verde de 690 ha, que en el momento era el menos productivo de la operación, para su recuperación.
- Implementación de procesos para potenciar desarrollo radicular.
- Mejora de procesos: de poda, que ahora se ejecuta en toda la operación; y de evaluaciones fenológicas para la aplicación oportuna de hormonas.
- Determinación de una metodología de innovación, que ahora, está ampliándose a toda la operación.
- Las personas de mi equipo se desarrollaron, crecieron y asumieron mayores responsabilidades. Se consolidó un fuerte y cooperativo equipo de trabajo.

Superintendente de Fertirriego y Nutrición Palto (de octubre del 2012 a julio del 2015)

Jefe de Fertirriego (de julio del 2009 a setiembre del 2012)

Responsabilidades

- Gestionar el óptimo estado hídrico y nutricional del cultivo de palto para sumar al logro de los más altos rendimientos, a través del fertirriego, el seguimiento nutricional, la capacitación y, el oportuno abastecimiento de los recursos.
- Producir una materia prima inocua, con alta calidad nutricional y de mayor vida en anaquel.
- Obtener los resultados basándose en la investigación e innovación.

Logros

- Creación de una metodología de vanguardia para la fertirrigación del palto en arena.
- Utilización del fertirriego no solo para suplir demanda nutricional, sino también, para aminorar alternancia productiva y para mitigar efectos climáticos adversos y comportamientos negativos de la variedad y su portainjerto in situ.
- Determinación de parámetros para el diagnóstico nutricional, específicos para las condiciones edafoclimáticas de la costa norte peruana.

- Óptima calidad nutricional de la fruta. No se registraron problemas poscosecha causados por desbalances nutricionales.
- Desarrollo de personas con amplio perfil técnico.

Jefe de Riego (de julio del 2007 a junio del 2009)

Responsabilidades

- Gestionar el mantenimiento del sistema de riego.
- Desarrollar proyectos de inversión en infraestructura de riego.
- Programar y controlar el fertirriego.

Logros

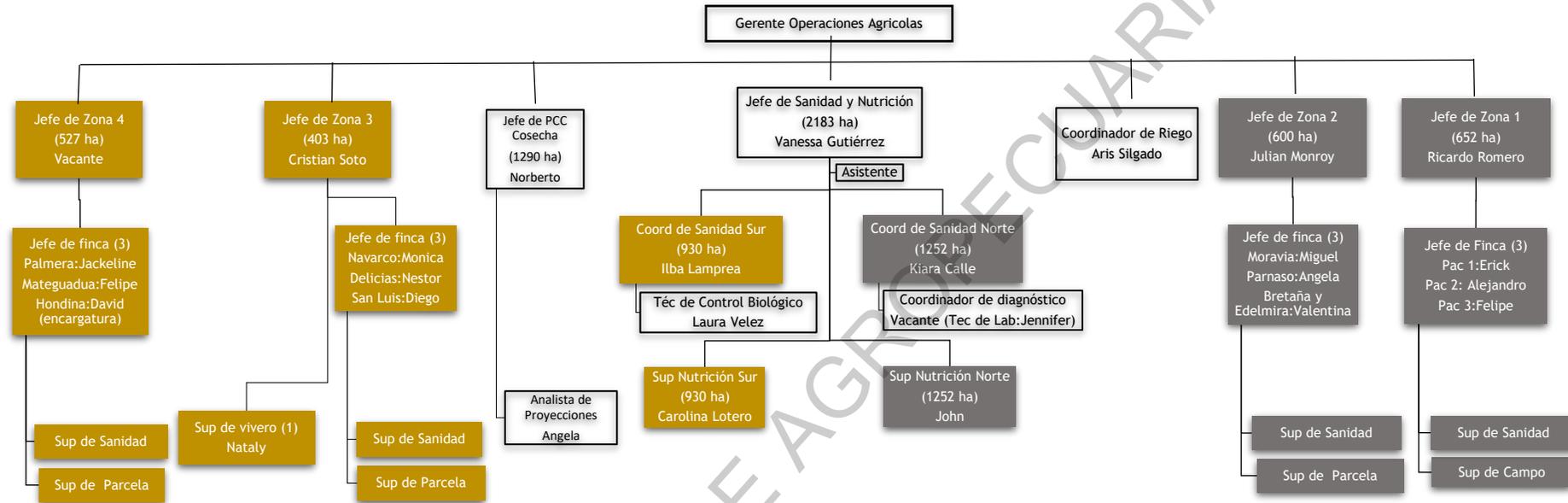
- Implementación de 220ha con sistema de riego.
- Mejorar del sistema e infraestructura de riego mayor (tuberías aductoras) y menor (tuberías matrices, distribuidoras y mangueras de riego).

Supervisor de Riego – Producción (de agosto del 2006 a junio del 2007)

Responsabilidades

- Supervisar la correcta ejecución del fertirriego y liderar a los regadores de campo.

Figura 2. Organigrama de la gerencia de Operaciones Agrícola-Camposol



BIBLIOTECA DE AGRICULTURARIAS

IV. Resultados y Discusión

Plan de nutrición

Es un conjunto de estrategias y metodologías que tienen la finalidad de suplir la demanda de nutrientes y agua de un cultivo, además puede servir de herramienta para alcanzar objetivos especiales que se desarrollan luego de conocer las condiciones del entorno y de la reacción del cultivo a ellas.

El Plan de Nutrición abarca tres procedimientos:

Determinación de las Cantidades, Distribución y Fuentes de Nutrientes

Determinación de la Lámina y Módulo de Riego

Determinación de Soluciones del Fertirriego

El proceso de fertirriego y nutrición en palto, En la empresa Agroindustrial Camposol, se desarrolla de acuerdo a la Figura 1

Figura 3

Proceso de fertirriego y nutrición

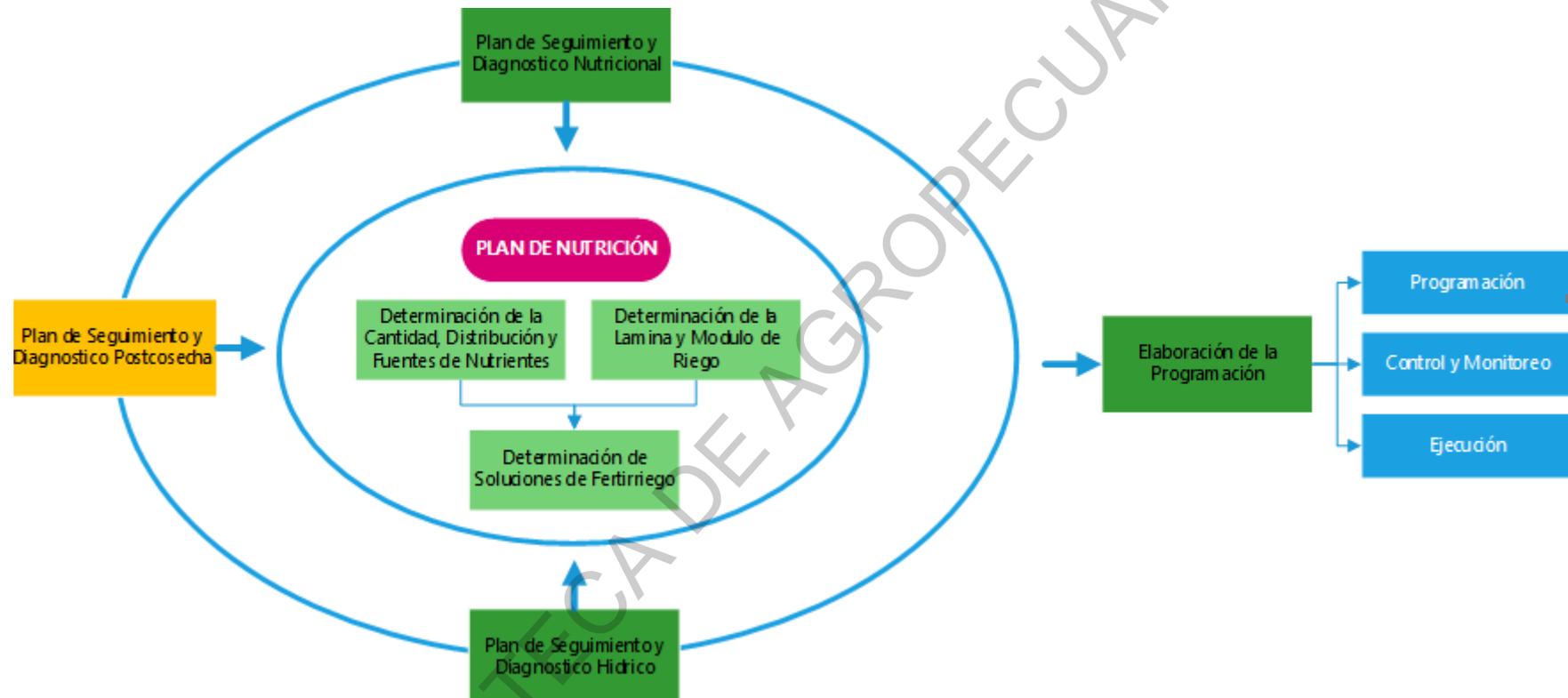
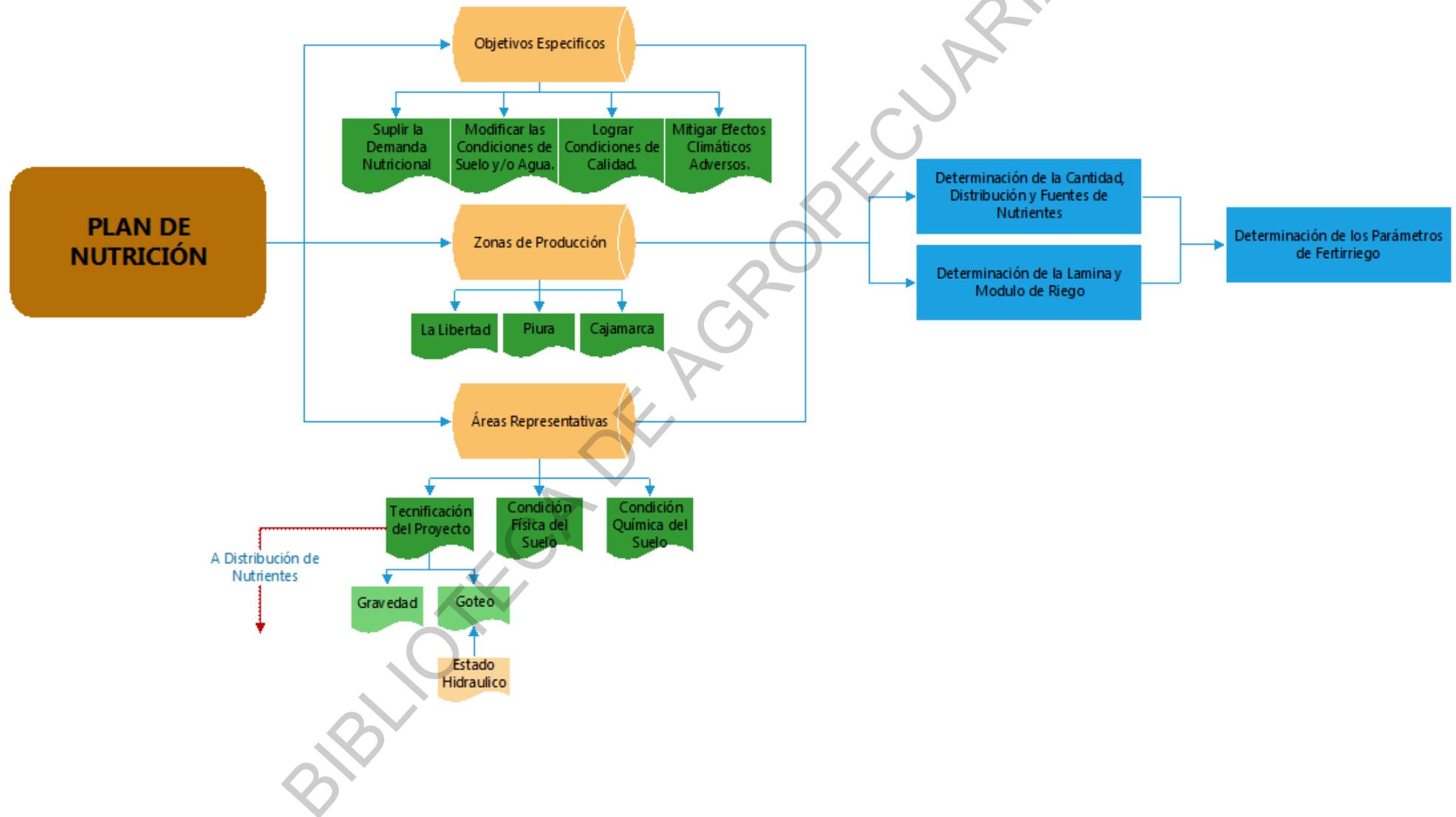


Figura 4

Plan de fertirriego y nutrición desarrollado en la empresa Agroindustrial Campsol



De acuerdo a la figura 1 y 2, se debe indicar que al desarrollar un Plan de Nutrición es necesario definir los **objetivos específicos** del mismo:

Suplir la demanda nutricional.

Modificar (paulatinamente) las condiciones de suelo y/o agua.

Lograr condiciones de calidad especiales.

Mitigar efectos climáticos adversos.

Así como definir las **zonas de producción** de palto Hass. La Operación se tiene tres zonas de producción:

Virú-Chao, La Libertad

Curumuy, Piura

Magdalena, Cajamarca

Seguidamente se debe sectorizar las **áreas representativas** donde se ejecutará un Plan independiente y exclusivo para sus condiciones.

Estas áreas corresponden a las parcelas, por defecto.

La implementación de un Plan de Nutrición en un Área representativa se denomina Plantilla de Nutrición.

De existir un área menor con características diferentes se considera para la asignación de una Plantilla de Nutrición independiente.

Las características diferenciales pueden ser del siguiente orden

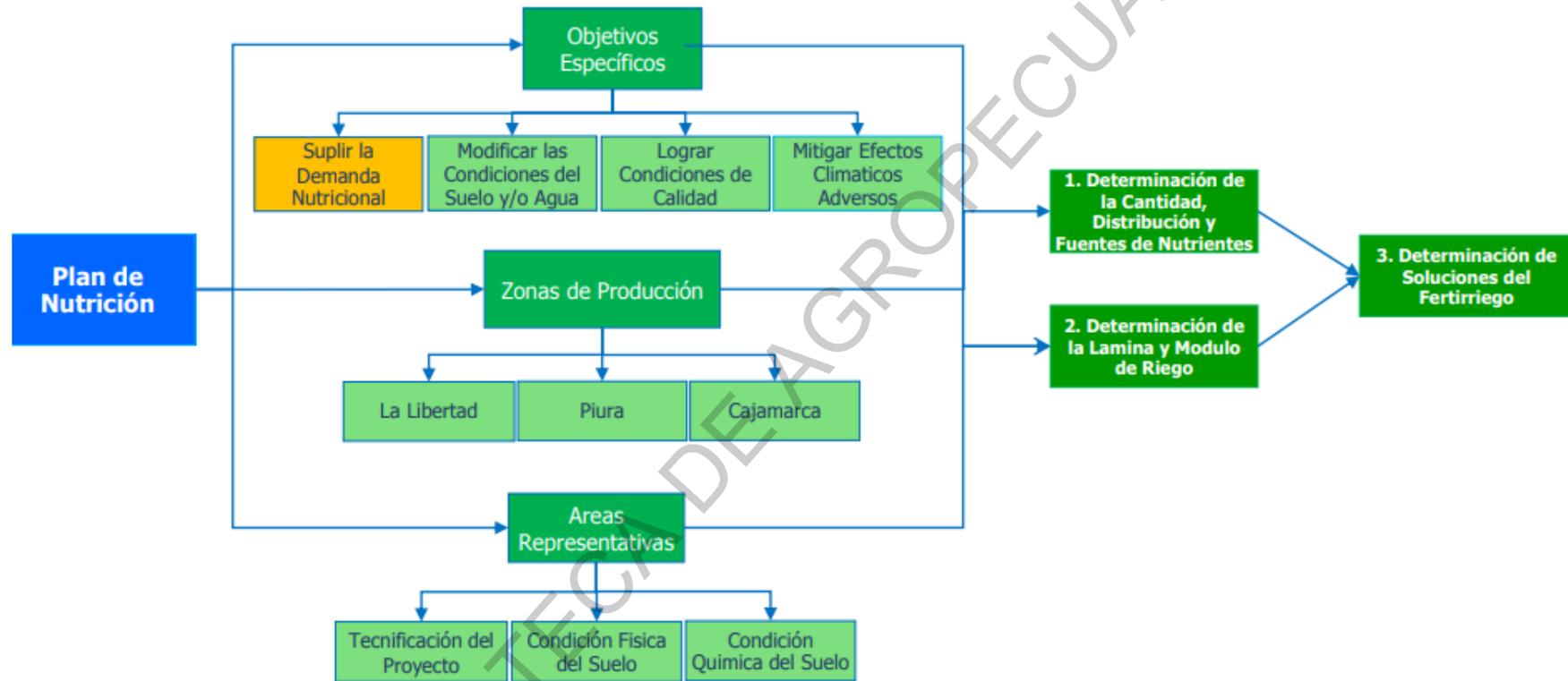
Nivel de tecnificación manejado en la empresa son: Zonas con Riego a Gravedad (Magdalena) y Zonas con Fertirriego (Virú-Chao y Piura), donde aplica el Diseño Agronómico que deriva en un estado hidráulico para el cultivo.

Condición Física del Suelo: Movimiento y retención de humedad.

Condición Química del Suelo: Nivel de salinidad y pH.

Figura 5

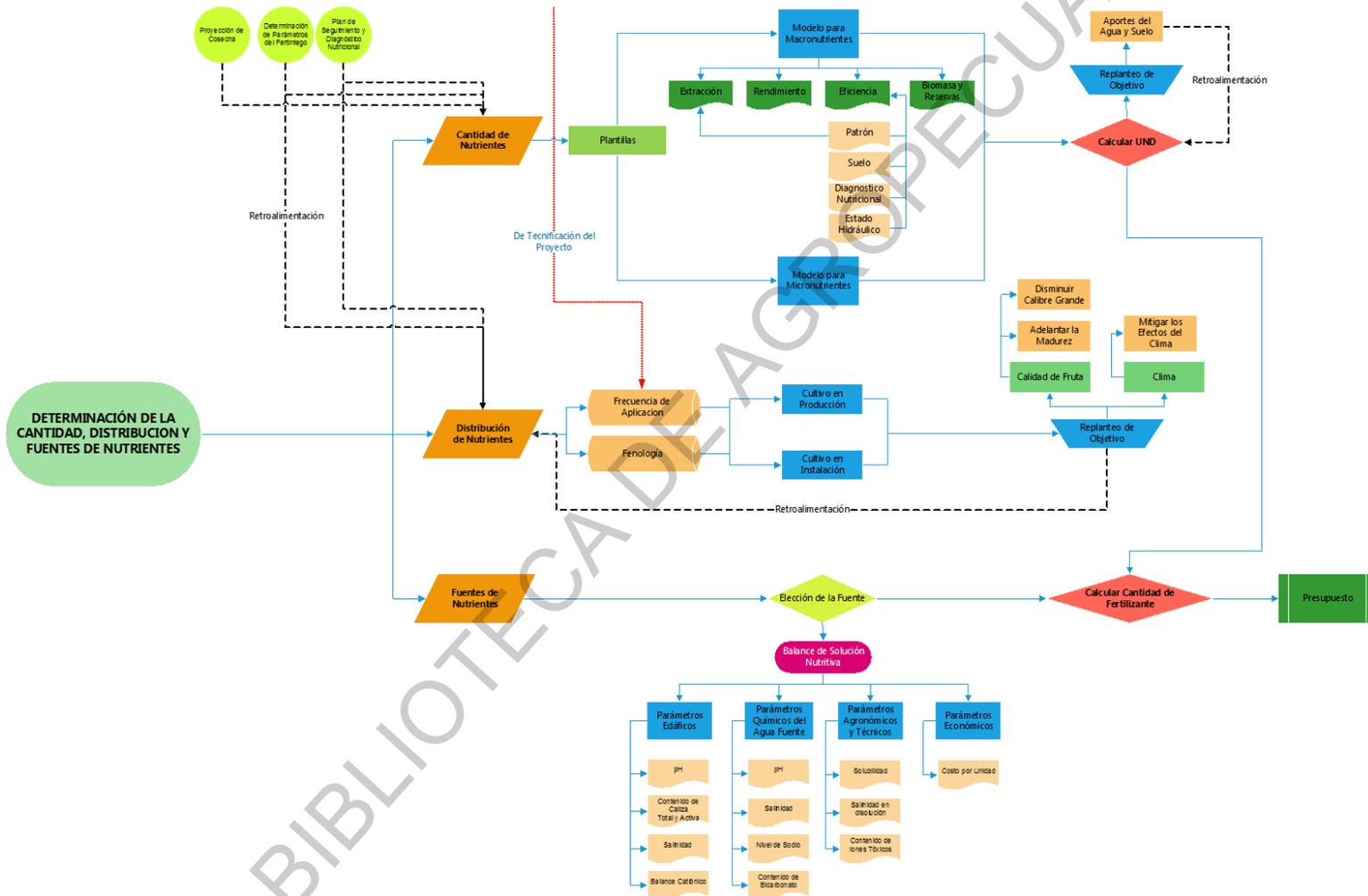
Objetivos específicos, zona de producción y áreas representativas en un plan de fertirriego y nutrición en la empresa Agroindustrial Camposol



4.1. Determinación de la cantidad, distribución y cantidad de nutrientes

Figura 6

Organigrama aplicado para la determinación, distribución y cantidad de nutrientes en la empresa Agroindustrial Camposol

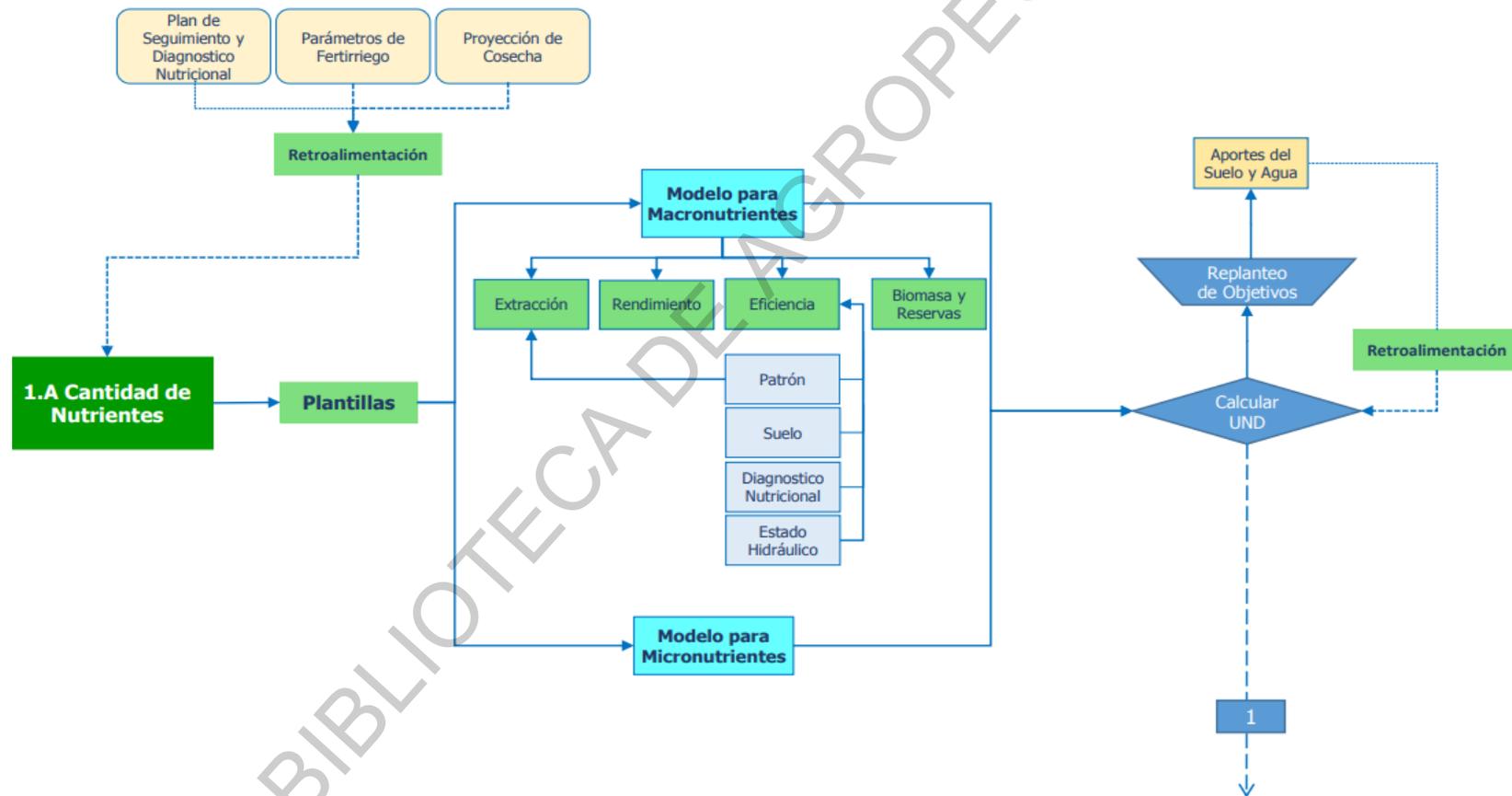


De acuerdo a la figura 4, se detalla de manera secuencial, la cantidad de nutrientes, distribución de nutrientes y fuentes de nutrientes

4.1.1. Cantidad de nutrientes

Figura 7

Cantidad de nutrientes en un plan de nutrición y fertirriego



El Tipo de Nutrientes

Se define de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas, plan de seguimiento nutricional, recomendaciones del asesor y referencias bibliográficas. Los nutrientes utilizados en palto son los siguientes:

Nitrógeno

Fósforo

Potasio

Calcio: Sólo en campos en Producción a excepción de Cajamarca*

Zinc

Boro

Magnesio: Sólo en el caso de Cajamarca**

Manganeso: Sólo en el caso de Piura***

* En Cajamarca, los suelos son del tipo calcáreo y existen niveles de Calcio en exceso.

** En Cajamarca, los suelos son del tipo calcáreo y el nivel de Calcio es tan alto que deprime al Magnesio. En el resto de áreas no existe esta condición edáfica y el agua supe la demanda de este nutriente.

*** En Piura, a partir de la campaña 2015 – 2016 se identificó un nivel debajo de lo normal en tejidos de este nutriente de acuerdo al Plan de Seguimiento y Diagnóstico Nutricional.

Modelos de Plantilla para Macronutrientes

Utilizado solo para los nutrientes Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio.

Se debe construir Modelos de demanda de nutrientes en base a los siguientes criterios:

Extracción Nutricional del Fruto de Palto Hass (E). Cantidad de nutrientes que se extrae en la cosecha basada en un trabajo de investigación bajo las condiciones edafoclimáticas locales en tres razas de portainjerto: Antillano, Mexicano y Guatemalteco (Lula).

Rendimiento (R). Cantidad de fruta proyectada a la cosecha por unidad de área. Este parámetro es variables y se ajusta con cada Reporte del área de Proyecciones.

Eficiencia (Ef). Porcentaje de corrección que se sustenta en que el sistema necesita un aporte adicional para abastecer los nutrientes necesarios. Este parámetro se ajusta de acuerdo al cálculo inverso de las cantidades aplicadas y el rendimiento obtenido en las campañas pasadas, y buscando no salirse de los rangos recomendados por referencias bibliográficas.

Los niveles de Eficiencia son tres: Bajo, Medio y Alto.

Biomasa y Reservas (B). Aporte adicional considerado para cubrir la demanda de otros órganos de la planta aparte del fruto, así como el sostenimiento de las reservas para las siguientes campañas productivas. Este parámetro es variable según el nivel de rendimiento y se ajusta para que la Eficiencia (Ef) tenga relación con referencias e información histórica. La variación de acuerdo al rendimiento busca a su vez manejar la Relación entre el Nitrógeno y el Potasio de acuerdo a la juvenilidad o senescencia del cultivo.

Aplicando todos los criterios, los Modelos de demanda de nutrientes se presentan en la Tabla:

Tabla 11*Modelos de demanda de nutrientes de la operación del palto*

Modelo de Demanda de Nutrientes	Extracción	Eficiencia	
		N	K
Mex Ef Baja	Mexicano	59 %	52 %
Mex Ef Alta	Mexicano	66 %	58 %
Mex Ef Media	Mexicano	63 %	55 %
Ant Ef Baja	Antilano	59 %	52 %
Ant Ef Alta	Antilano	66 %	58 %
Ant Ef Media	Antilano	63 %	55 %
Gua Ef Baja	Guatemalteco	56 %	49 %
Zut Ef Alta	Guatemalteco	66 %	58 %
Zut Ef Media	Guatemalteco	61 %	54 %

Nota. Para el caso de Áreas representativas de patrón Zutano, se tomó la Extracción de la raza Guatemalteca.

Elegir el Modelo de Demanda más adecuado. al verificar la lista de parcelas o de áreas representativas, se analiza el portainjerto con la mayor proporción de área y se elige el tipo de Extracción, luego se define la Eficiencia a utilizar en base al siguiente criterio:

Patrón o portainjerto. Los portainjertos de raza Antillana son los más eficientes en las condiciones edafoclimáticas de la Costa (Virú Chao y Piura), mientras que los de raza Mexicana los menos eficientes. En las condiciones de la Sierra (Magdalena) ocurre lo inverso, con el aliciente de que el portainjerto híbrido (Zutano) posee la mayor eficiencia.

Suelo. Dentro de todas las variables se considera un suelo con mayor eficiencia aquel que se acerque más a las condiciones óptimas del centro de origen del palto Hass.

Diagnóstico Nutricional. Basado en el Plan de Seguimiento y Diagnóstico Nutricional, se deben revisar los Diagnósticos más actuales para determinar la Condición Nutricional del Cultivo antes del inicio de la campaña. Mientras el Diagnóstico esté más cerca de lo Normal la eficiencia será mayor.

Estado Hidráulico. Se considera la Última Evaluación del estado hidráulico para considerar una mayor eficiencia de acuerdo al cumplimiento de todas las variables de evaluadas.

Calcular las Unidades de Nutriente en base a las ecuaciones del Modelo de Demanda de **Nutrientes elegido** (Modelos de Plantilla para Macronutrientes)

Modelos de Plantilla para Micronutrientes

Los micronutrientes zinc, boro y manganeso. Son aplicados de acuerdo al esquema de concentraciones en las zonas donde se utiliza el Fertirriego. De esta forma dependen de la Lámina de Riego por ciclo (**Ver Procedimiento Determinación de la Lámina y Módulo de Riego**) y el cálculo exacto puede ser consultado en el **Procedimiento determinación de soluciones del Fertirriego**. Los criterios para establecer niveles de concentración máximos se derivan de referencias de aplicación histórica y analizando los niveles de contenido del Diagnóstico Nutricional de tejidos.

Nota. En las zonas donde el nivel de tecnificación es **riego a gravedad** se determinan las cantidades en base a unidades históricas aplicadas al cultivo en la zona de Virú-Chao relacionando la edad de los árboles.

Replanteo de Objetivo: Modificación de Condiciones de Suelo y Agua. Considerar la necesidad de modificar las condiciones del suelo y/o del agua de riego. Para ello se debe revisar la información de los Análisis de Agua y de Suelo.

En el caso de las condiciones Edáficas

Alcalinidad (pH y Contenido de Caliza Total y Activa)

Para un desarrollo óptimo del cultivo de palto Hass, el suelo debe poseer un pH entre moderadamente y débilmente ácido, Ver tabla 12. En base a ello para lograr llevar el cultivo a esta condición se define utilizar el tipo de fuentes adecuadas que aporten los nutrientes Las fuentes pueden ser ácidas o alcalinas de acuerdo a lo concluido en el análisis. Asimismo, el contenido de caliza total y activa deben analizarse en conjunto al pH, el primero debe ser menor a 10 % y el segundo menor a 5 %

Tabla 12

Niveles y descripción de los valores de pH del suelo

pH (Compo)			
Fuertemente Ácido	5,10	5,55	Exceso de Co, Cu, Fe, Mn, y Zn. Deficit de Ca K, N, Mg, Mo, P y S. Baja Actividad Bacteriana
Moderadamente Ácido	5,55	6,05	Adecuado para la Mayoría de Cultivos
Débilmente Ácido	6,05	6,55	Máxima Disponibilidad de los Nutrientes
Neutro	5,55	7,35	Mínimos Efectos Tóxicos
Débilmente Alcalino	7,35	7,85	Suelos con Pequeños Contenidos de Caliza
Moderadamente Alcalino	7,85	8,45	Disminuye la Disponibilidad de P. Deficiencia de Co, Cu, Fe, Mn y Zn
Fuertemente Alcalino	8,45	9,00	En Suelos no Sódicos Puede Haber Carbonato de Magnesio. Problemas Crecientes de Clorosis Ferrica
Muy Fuertemente Alcalino	9,00		Suelos Sódico. Presencia de Na ₂ CO ₃ . Baja Actividad Microbiana. Condiciones muy Desfavorables

Tabla 13

Niveles y descripción de los valores de contenido de caliza total y caliza activa del suelo

Descripción	% CaCO ₃ (Compo)			
	Total		Caliz Activa	
Muy Bajo	0	5		
Bajo	5	10	0	5
Moderadamente Bajo				
Normal	10	20	5	10
Moderadamente Alto				
Alto	20	40	10	
Muy Alto	40			

Salinidad. Para un desarrollo óptimo del cultivo de palto Hass, el suelo debe ser NO salino Ver Tabla 14. En base a ello para lograr llevar el cultivo a esta condición se define utilizar el tipo de fuentes adecuadas que aporten los nutrientes. Las fuentes deben ser las de menor aporte salino. Esto debe analizarse en conjunto con el Procedimiento Determinación de la Lámina y Módulo de Riego.

Tabla 14

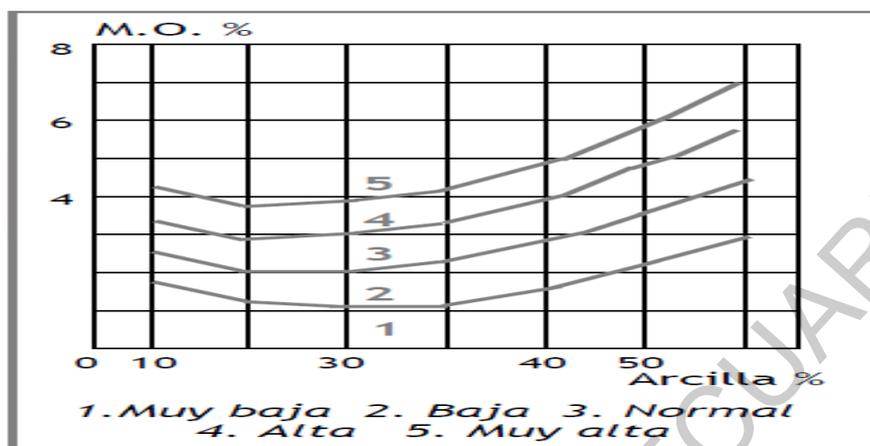
Niveles y descripción de los valores de C.E. (Conductividad eléctrica) del suelo

C. E ds/m 25° C (50% Compo Ext Sat)		
No Salino	0	1
Ligeramente Salino	1	2
Salino	2	4
Muy Salino	2	

Contenido de Materia Orgánica. Para un desarrollo óptimo del cultivo de palto Hass, mientras el suelo contenga mayor cantidad de Materia Orgánica resultará más favorable. Ver Gráfico 6. En base a ello para lograr llevar el cultivo a esta condición se define utilizar enmiendas o sustancias que mejoren esta condición en el largo plazo.

Figura 8

Niveles y descripción de los valores de Materia orgánica en base a la textura del suelo



Balance Catiónico. Para un desarrollo óptimo del cultivo de palto Hass, el balance de los cationes Calcio, Magnesio y Potasio deben estar en equilibrio, mientras que el contenido de Sodio debe estar deprimido. Ver Tabla 5. De existir un desbalance es necesario considerar el uso de enmiendas correctoras, verificando además el nivel de pH:

- Si el Nivel de Calcio está desfavorecido y el suelo es alcalino, es necesario considerar aplicaciones Sulfato de Calcio u otra fuente neutra o ácida de calcio.
- Si el Nivel de Calcio está desfavorecido y el suelo es ácido, es necesario considerar aplicaciones Carbonato de Calcio u otra fuente alcalina de calcio.
- Si el Nivel de Magnesio está desfavorecido y el suelo es alcalino, es necesario considerar aplicaciones Sulfato de Magnesio, o Sulfato doble de Magnesio y Potasio si el desbalance es acompañado por niveles de Potasio bajo.
- Si el Nivel de Magnesio está desfavorecido y el suelo es ácido, es necesario considerar aplicaciones Carbonato de Magnesio o Dolomita (Carbonato doble de Calcio y Magnesio) si el desbalance es acompañado por niveles de Calcio bajo.
- Si el Nivel de Potasio está desfavorecido, se debe considerar que el aporte para suplir la demanda de este nutriente bajo el Modelo elegido en el punto 6.4. puede modificar esta condición en

el mediano plazo y que de ser necesario se puede recurrir a considerar enmiendas de Sulfato de Potasio tanto en suelos alcalinos como ácidos sólo en un caso extremo (Potasio extremadamente bajo).

- Si el Nivel de Sodio es alto es necesario equilibrar el balance con las consideraciones utilizadas para el Calcio y luego con las de Magnesio y Potasio.

Tabla 15

Niveles y descripción de los valores de balance catiónico y relaciones entre cationes

	% Relativo de cationes cambiables del suelo (Intagri)								Ca/Mg		K/Mg			
	Ca	Mg	K	Na										
Muy Bajo	00 %	25 %	00 %	03 %	00 %	01 %	00 %	01 %	0	4	Carencia Ca	0,2	0,2	Carencia K
Bajo	25 %	40 %	03 %	06 %	01 %	02 %	01 %	02 %						
Moderadamente Bajo	40 %	60 %	06 %	10 %	02 %	03 %	02 %	03 %						
Normal	60 %	75 %	10 %	15 %	03 %	04 %	03 %	05 %	4	7,5		0,2	0,4	
Moderadamente Alto	75 %	80 %	15 %	20 %	04 %	06 %	05 %	10 %						
Alto	80 %	85 %	20 %	30 %	06 %	10 %	10 %	20 %						
Muy Alto	85 %	100 %	30 %	100 %	10 %	100 %	20 %	100 %	8		Carencia Mg	0,4		Carencia Mg

Nota: Para determinar la cantidad de enmiendas a utilizar para equilibrar el suelo, es necesario verificar que los porcentajes de cada ion entren en el rango “Normal”. Es posible que para alcanzar esta situación se requiera más de un año pudiendo llegar a realizarse en un largo plazo.

En el caso de las condiciones del Agua Fuente. Para justificar cambios químicos en el Agua Fuente, se debe contar con un sistema de riego tecnificado; es decir, que este punto aplica solo en las Zonas con Fertirriego. En general está referido al Diseño de la Solución Nutritiva (Ver Procedimiento Determinación de Soluciones del Fertirriego).

pH: Para un desarrollo óptimo del cultivo de palto Hass, el agua debe poseer un pH entre 6,5 y 7,5; e incluso para garantizar una optimización en el largo plazo el pH debe estar alrededor de 6,0 a 6,5. El agua de riego normalmente viene con pH mayor a 7, a menos que exista una contaminación severa en la cuenca. El análisis debe complementarse con los datos de suelo.

En base a ello para lograr darle la condición adecuada al cultivo se define acidificar el agua si el pH del agua promedio anual supera 7,7 y el pH del suelo es mayor a moderadamente alcalino. Asimismo las fuentes fertilizantes deben ser ácidas. Este parámetro puede cambiar con pH menor, si las condiciones visuales del campo denotan deficiencias por bloqueos nutricionales causados por

condiciones alcalinas, por ejemplo: Clorosis férrica. Para determinar el Programa de acidificación, este debe partir del contenido de bicarbonato del Agua Fuente.

Salinidad. Para un desarrollo óptimo del cultivo de palto Hass, el suelo no debe superar el valor de 1,00 dS/m, de acuerdo a las referencias consultadas, correspondiendo a un valor entre C2 y C3 de la Escala Riverside. Ver Tabla 6 En base a ello para lograr llevar el cultivo a esta condición se define utilizar el tipo de fuentes adecuadas que aporten los nutrientes definidos anteriormente. Las fuentes deben ser las de menor aporte salino. Esto debe analizarse en conjunto con el Plan de Gestión del Agua y Riego. Además, el uso de una u otra fuente debe evaluarse en base al resultado del Procedimiento Determinación Soluciones del Fertirriego.

Tabla 16

Niveles y descripción de los valores de Conductividad Eléctrica (CE) del agua

Salinidad		
CE (dS/m)		
C1	0,10 - 0,25	Baja Salinidad
C2	0,25 - 0,75	Media Salinidad
C3	0,75 - 2,25	Alta Salinidad
C4	2,25 - 4,00	Muy Alta Salinidad
C5	4,00 - 6,00	Excesiva Salinidad
C6	6,00 - 10,00	Tóxica

Nivel de Sodio. Para un desarrollo óptimo del cultivo de palto Hass, el agua debe aportar la menor cantidad de sodio. Para ello es necesario analizar el contenido de este ion en el Agua Fuente y contrastarla con la Escala Riverside. Ver Tabla 17. Una manera de mitigar a este ion es la utilización de fuentes fertilizantes sulfatadas.

Tabla 17

Niveles y descripción de los valores de RAS (Relación de absorción de sodio) del agua

Nivel de Sodio		Utilidad agrícola
RAS		
S1	0 a 10	Bajo sodio Sin riesgos
S2	10 a 18	Medio sodio Uso con precaución
S3	18 a 26	Alto sodio No utilizable
S4	>26	Muy alto sodio

Contenido de Bicarbonato. Para un desarrollo óptimo del cultivo de palto Hass, el agua debe ajustarse a los rangos de pH establecidos anteriormente. De este modo, si es necesario modificar el pH del Agua Fuente se debe considerar que el ion bicarbonato (HCO_3^-) actúa como un “tampón” e impide que el pH varíe bruscamente de acuerdo a su contenido. Entonces, es necesario analizar la clasificación del Agua Fuente en cuanto a contenido de bicarbonato. Ver Tabla 18. Para acidificar el Agua Fuente es necesario aportar ácido (H^+) para bloquear el bicarbonato (HCO_3^-) considerando como máximo reducir hasta 0,60 meq/L de HCO_3^- debido a que debajo de 0,50 meq/L pierde el poder “tampón”, de acuerdo a las referencias internacionales. Además, la aplicación de un Programa de acidificación debe evaluarse en base al resultado del Procedimiento Determinación de Soluciones del Fertirriego.

Tabla 18Niveles y descripción de los valores de bicarbonato (HCO_3^-) del agua.

Bicarbonatos (meq/L)	
<1,5	Bajo
1,5 a 4,5	Moderado
4,5 a 8,0	Alto
> 8,0	Muy Alto

Otros Parámetros. El análisis de Agua Fuente tiene otros parámetros que deben considerarse previamente al inicio de un proyecto agrícola. Este procedimiento no se basa en la instalación de un proyecto pero detalla cuáles son las condiciones más adecuadas:

El nivel de cloruro (Cl⁻) no debe superar 1,00 meq/L; el de sulfato es indistinto; el nivel de boro no debe superar la condición “Media” de acuerdo al tipo de cultivo. Los niveles de cobre y manganeso deben ser menores a 0,2 mg/L; el de zinc menor a 2 mg/L; el de hierro menor a 5 mg/L y el de cadmio menor a 0,01 mg/L. Ver Tabla 19 y 20. Estos parámetros se utilizan con mayor detalle en el Procedimiento Determinación de Soluciones del Fertirriego. Asimismo, para la determinación de fuentes.

Tabla 19

Niveles y descripción de los valores de otros elementos contenidos en el agua

	Elemento						
	Cloro (meq/L)	Sulfato (meq/L)	Cobre (meq/L)	Zinc (meq/L)	Manganeso (meq/L)	Hierro (meq/L)	Cadmio (meq/L)
Bajo	<4	<10					
Medio	4 a 10	10 a 15					
Alto	>10	>15	>0,2	>2	>0,2	>5	>0,01

Tabla 20

Niveles y descripción de los valores de boro del agua

Boro (mg/L)			
Sensibles	Semi Tolerantes	Tolerantes	
<0,3	>0,7	<1,0	Bajo
0,3 a 0,7	0,7 a 1,3	1,0 a 2,0	Medio Bajo
0,7 a 1,0	1,3 a 2,0	2,0 a 3,0	Medio Bajo
1,0 a 1,3	2,0 a 2,5	3,0 a 3,8	Medio Alto
>1,3	>2,5	>3,8	Alto

Aporte del Agua y del Suelo

Considerar el aporte de nutrientes por parte del Suelo y/o Agua Fuente. Para ello se debe revisar la información de los Análisis de Agua y de Suelo.

En el caso de las condiciones Edáficas

Antes de considerar el aporte de algún nutriente primero se debe calcular el Peso Efectivo del Suelo donde se desarrolla el sistema radicular, así como la Zona de Crecimiento Radicular Efectivo y la Eficiencia de Uso de cada Nutriente. Para ello:

- **Se calcula el Peso Efectivo de Suelo por Área (kg/m^2) al multiplicar:**

La Densidad Aparente del Suelo que se calcula al pesar un volumen conocido de suelo a capacidad de campo. También se puede considerar de manera referencial tablas validadas internacionalmente.

La profundidad de Suelo que se define hasta donde se presenta el crecimiento radicular efectivo. En el caso del palto, por defecto, se considera 0.40 m.

- Se calcula la Zona de Crecimiento Radicular Efectivo (%), al dividir el producto de Distancias de exploración radicular sobre el producto de las Distancias entre Hileras y entre Plantas (Ver Instructivo Medición de la Zona de Crecimiento Radicular Efectivo).
- Se definen Eficiencias de Uso para cada nutriente utilizando referencias validadas internacionalmente.

Nutrientes Disponibles: Para considerar un Aporte de los nutrientes disponibles del suelo estos deben encontrarse en un nivel de Moderadamente Alto o superior (Tabla 21). Además, se debe considerar que el pH del suelo debe ser óptimo. Ver Tabla 21

Tabla 21*Niveles y descripción de los valores de nutrientes disponibles del suelo*

Disponible o Asimilable - mg/kg										
	K (Intagri)		Ca (Intagri)		Mg (Intagri)		N (Ag Serv Int)		P (Olsen: Intagri)	
Muy Bajo	0	100	0	500	0	50	0	50	0	4
Bajo	100	150	500	750	50	100	50	100	4	10
Moderadamente Bajo	150	200	750	1 500	100	200			10	15
Normal	200	300	1 500	2 500	200	400	100	300	15	20
Moderadamente Alto	300	600	2 500	4 000	400	800			20	25
Alto	600	1000	4 000	6 000	800	1 200			25	35
Muy Alto	1000		6 000		1 200				35	

Disponible o Asimilable - mg/Kg												
	SO ₄		B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	(Ag Serv Int)		(Ag Serv Int)		(Ag Serv Int)		(Ag Serv Int)		(Ag Serv Int)		(Ag Serv Int)	
Muy Bajo	0	36	0,00	0,30	0,00	1,50	0	12	0	3,00	0	1,50
Bajo	36	74	0,30	0,60	1,50	3,00	12	24	3,00	6,00	1,50	3,00
Moderadamente Bajo			0,60		3,00						3,00	30,00
Normal	74	612		8,00		25	24	300	6,00	150,00		
Moderadamente Alto												
Alto												
Muy Alto	612		8,00		25		300		150,00		30,00	

Nota: Para el caso del Fósforo en la Zonas donde el Contenido de Carbonato del Suelo sea menor a 2 % se debe utilizar la siguiente referencia (Tabla 22):

Tabla 22*Niveles y descripción de los valores de fósforo disponible del suelo*

P (Compo)	
Muy Bajo	0 10
Bajo	10 20
Moderadamente Bajo	
Normal	20 30
Moderadamente Alto	
Alto	30 50
Muy Alto	50 80

El cálculo del aporte se realiza utilizando los anteriores puntos. Por ejemplo:

Considerando que:

- pH del Suelo: 6,5
- Densidad del suelo (DA): 1,45 g/cm³ - Suelo Arenoso.
- Zona de Crecimiento Radicular Efectivo (ZC):

Distancia entre plantas, 5 metros

Distancia entre hileras, 5 metros

Distancia explorada entre plantas, 3,5 metros

Distancia explorada entre hileras, 3,5 metros

$$(3,5 \times 3,5) / (5,0 \times 5,0) = 49 \%$$

- Eficiencia del Fósforo (Ef): 20 %
- Cantidad de Fósforo disponible (P): 35,30 ppm
- Unidades de P₂O₅ (kg/ha) a considerar:

$$P \times 2,29 \times F / Ef \times F$$

$$((35,30 \text{ mg/kg} \times 2,29 \times 1,45 \text{ g/cm}^3 / 100) / 20 \%) \times 49 \% = \mathbf{46,0 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 / \text{ha}}$$

Nota: 2,29 factor de conversión de P a P₂O₅.

En el caso de las condiciones del Agua Fuente:

Para considerar aportes nutricionales del Agua Fuente es necesario relacionarlo con las concentraciones iónicas de cada nutriente, para ello se debe revisar el procedimiento Determinación de Parámetros del Fertirriego en donde se establecen rangos óptimos de concentración de cada nutriente.

Retroalimentación de la Determinación de la Cantidad de Nutrientes

La cantidad de cada nutriente hasta ahora definida, según los puntos anteriores puede cambiar en base al resultado de la ejecución del Procedimiento Plan de Seguimiento y Diagnóstico Nutricional así como también variaciones en la Proyección de Cosecha definida por el Área de Proyecciones.

Además es posible modificarla en base al análisis de las concentraciones y relaciones iónicas derivadas en la Solución Nutritiva (Ver Procedimiento de Determinación de Soluciones del Fertirriego).

Ejemplo de cálculo de nutrientes aportados por el suelo

Aportes del Agua y Suelo

$$\text{Peso Efectivo de Suelo por Área (kg/m}^2\text{)} = Da \times Pfs$$

Donde:

Da =Densidad Aparente del Suelo

Pfs= Profundidad de suelo (que se define hasta donde se presenta el crecimiento radicular efectivo) En el caso del palto, por defecto, se considera 0.40 m

$$\text{ZCRE (\%)} = \text{Distancia de exploración radicular/ Dist entre Hileras X Dist. entre Plantas}$$

Donde:

ZCRE= Zona de Crecimiento Radicular Efectivo

Se definen Eficiencias de Uso para cada nutriente utilizando referencias validadas internacionalmente.

El cálculo del aporte se realiza utilizando los anteriores puntos. Por ejemplo: Considerando que:

- pH del Suelo: 6,5
- Densidad del suelo (DA): 1.45 g/cm³ - Suelo Arenoso.
- Zona de Crecimiento Radicular Efectivo (ZC):

Distancia entre plantas, 5 metros

Distancia entre hileras, 5 metros

Distancia explorada entre plantas, 3,5 metros

Distancia explorada entre hileras, 3,5 metros

$$(3,5 \times 3,5)/(5,0 \times 5,0) = 49\%$$

- Eficiencia del Fósforo (Ef): 20%

- Cantidad de Fósforo disponible (P): 35,30 ppm

- Unidades de P₂O₅ (kg/ha) a considerar:

$$P \times 2,29 \times F / Ef \times F$$

$$((35,30 \text{ mg/kg} \times 2,29 \times 1,45 \text{ g/cm}^3 / 100) / 20 \%) \times 49 \% = 46,0 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 / \text{ha}$$

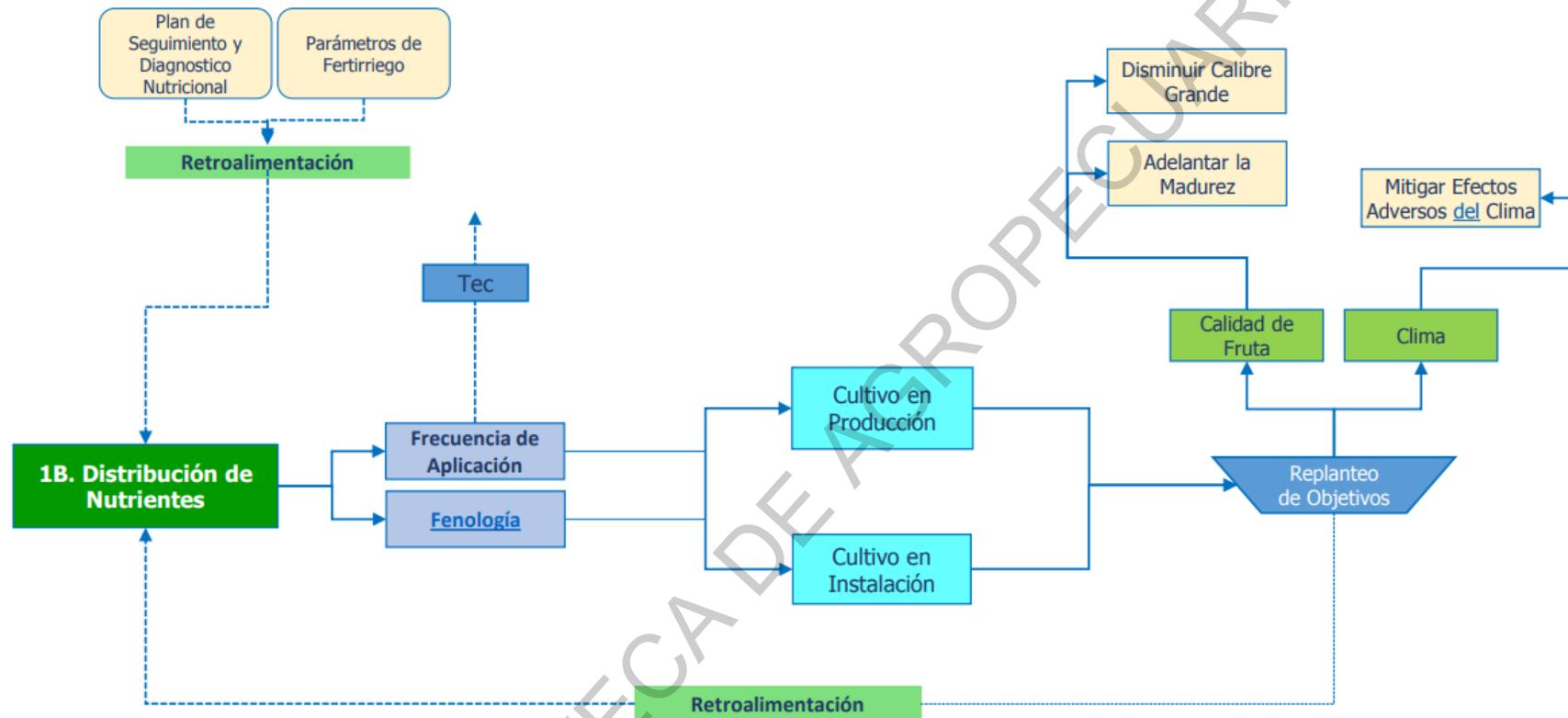
Nota: 2,29 factor de conversión de P a P₂O₅.

4.1.2. Distribución de nutrientes

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Figura 9

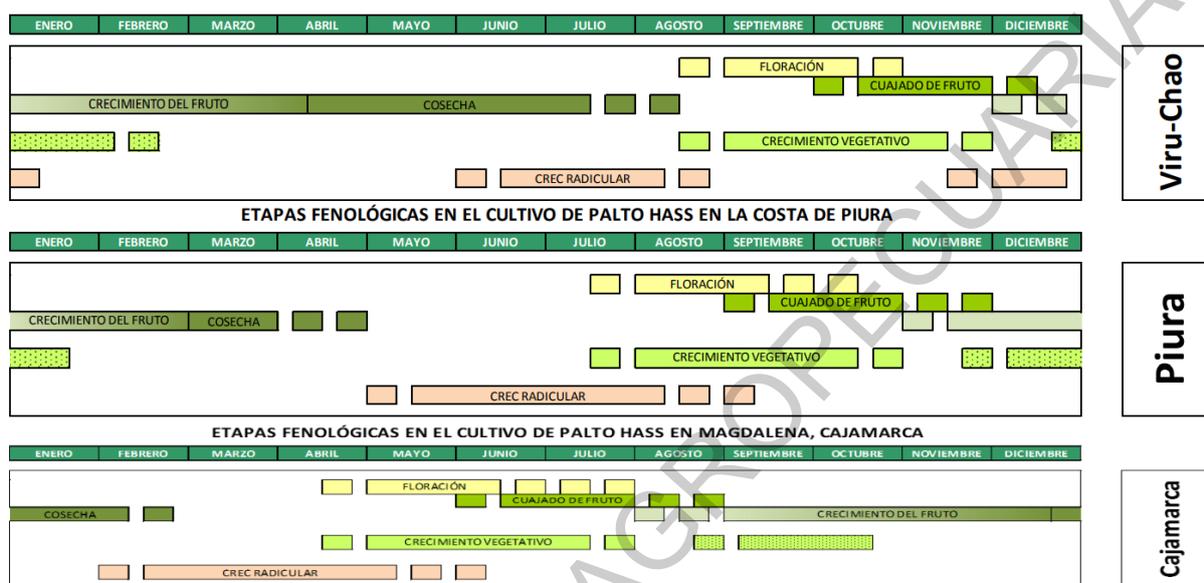
Secuencia de la distribución de nutrientes



Fenología del Cultivo. Definir los procesos fenológicos más importantes del palto Hass de acuerdo a la zona de producción. La Operación Palto tiene las siguientes curvas de fenología en cada una de las tres zonas de producción. Ver Figura 10.

Figura 10

Principales Etapas Fenológicas del palto Hass en las Zonas de Producción de la Operación Palto.



Frecuencia de Aplicación. Definir la frecuencia de aplicación basándose en el Nivel de Tecnificación del Proyecto. Así, el nutriente se distribuye de forma semanal en las Zonas de Producción con Fertirriego y en un periodo amplio para las Zonas con Riego a Gravedad (3, 4 o 6 veces al año). La distribución semanal está en función al Calendario Juliano y Numeración de Semanas del año (Código CSOL-AC10-004-CT).

Distribución de cada Nutriente. Distribuir la cantidad total de cada nutriente en porcentaje siguiendo el periodo de tiempo adecuado según el ítem anterior. Los porcentajes de distribución utilizados para cada nutriente, en cada etapa fenológica, han sido definidos en base a recomendaciones de Asesores con amplia experiencia de manejo y estudios fisiológicos del cultivo, además se han consultado diversas referencias bibliográficas e información histórica de manejos previos. A continuación se presentan las distribuciones utilizadas en Zonas de Producción con Fertirriego.

Nota. Para el caso de las Zonas de Producción a Gravedad, cada vez que se fertiliza (definido en el ítem anterior) abarca la suma de los porcentajes semanales que corresponderían al mismo periodo en una Zona de Producción con Fertirriego.

Para plantas a partir del primer año de producción. Ver figuras del 11 al 18.

Figura 11

Distribución del Nitrógeno en Palto Hass en producción

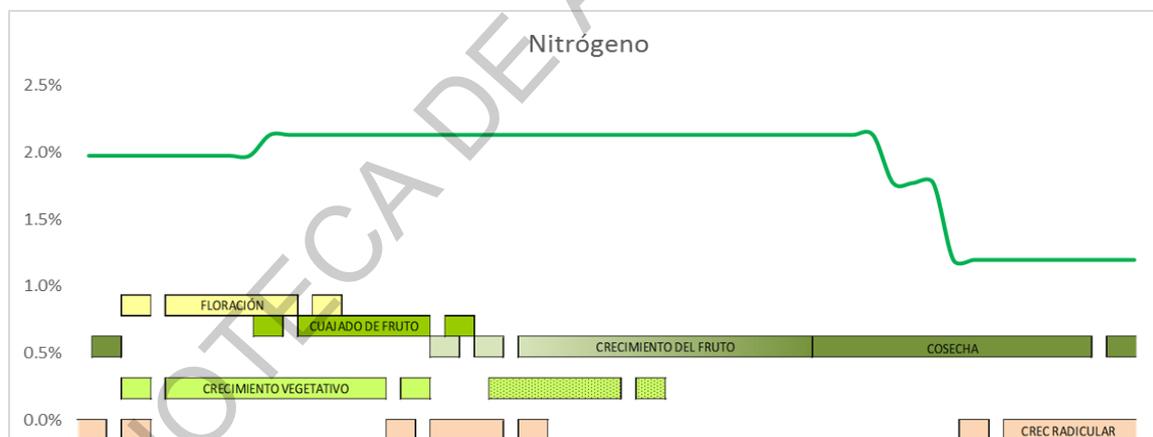


Figura 12

Distribución del Fósforo en Palto Hass en producción

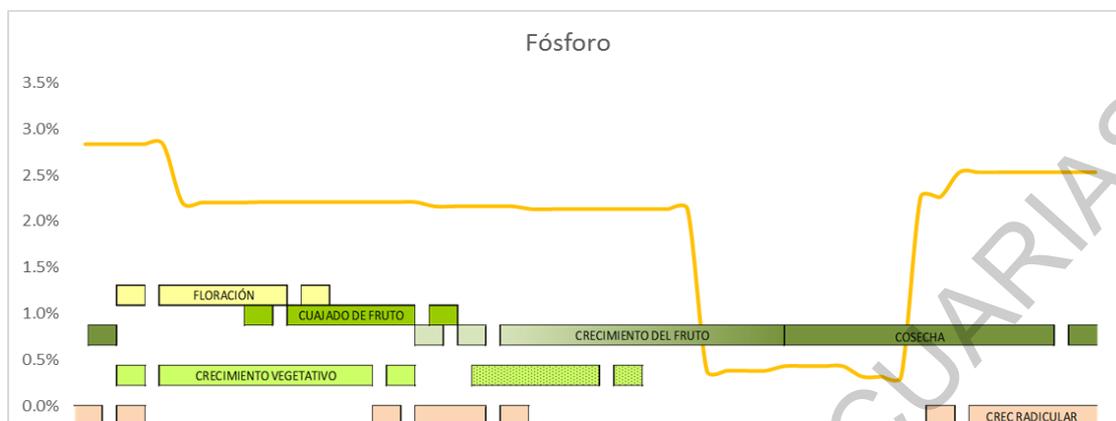


Figura 13

Distribución del Potasio en Palto Hass en producción

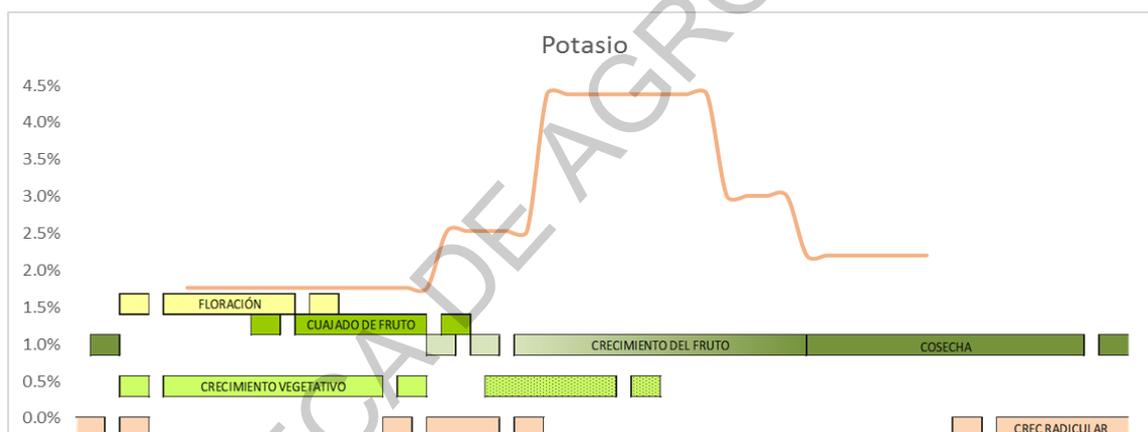


Figura 14

*Distribución del Calcio en Palto Hass en producción. *No usado en Magdalena.*

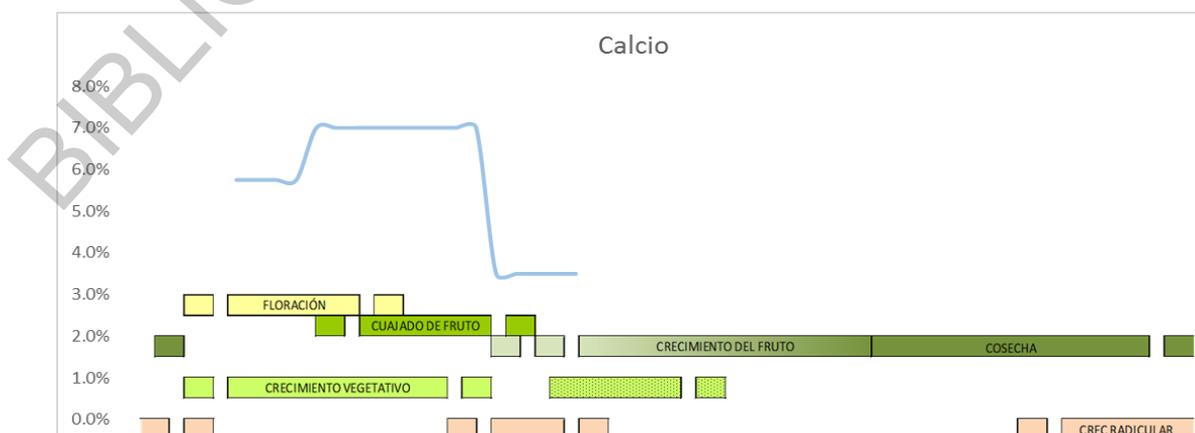


Figura 15

*Distribución del Magnesio en Palto Hass en producción. *No usado en Magdalena*

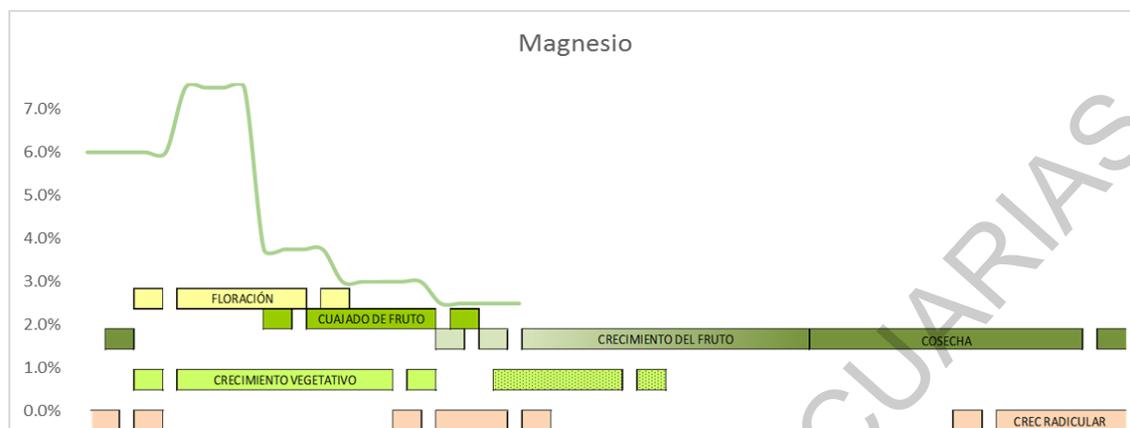


Figura 16

Distribución del Boro en Palto Hass en producción

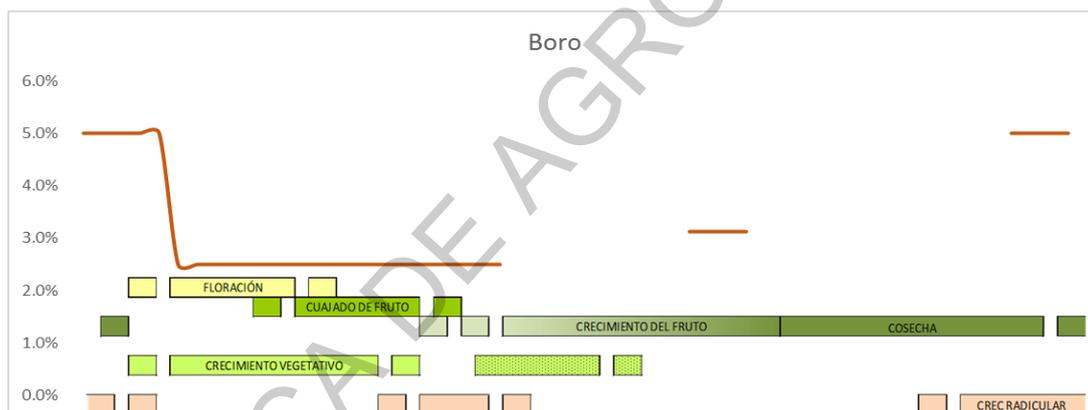


Figura 17

Distribución del Zinc en Palto Hass en producción

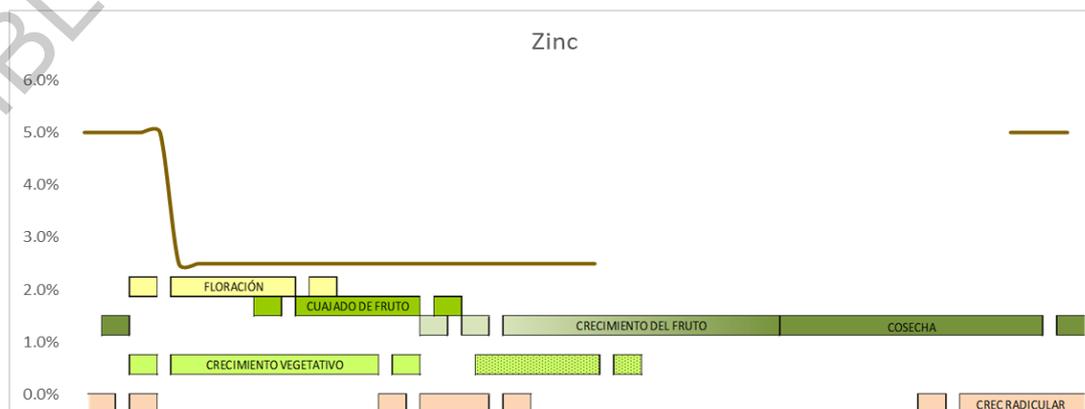
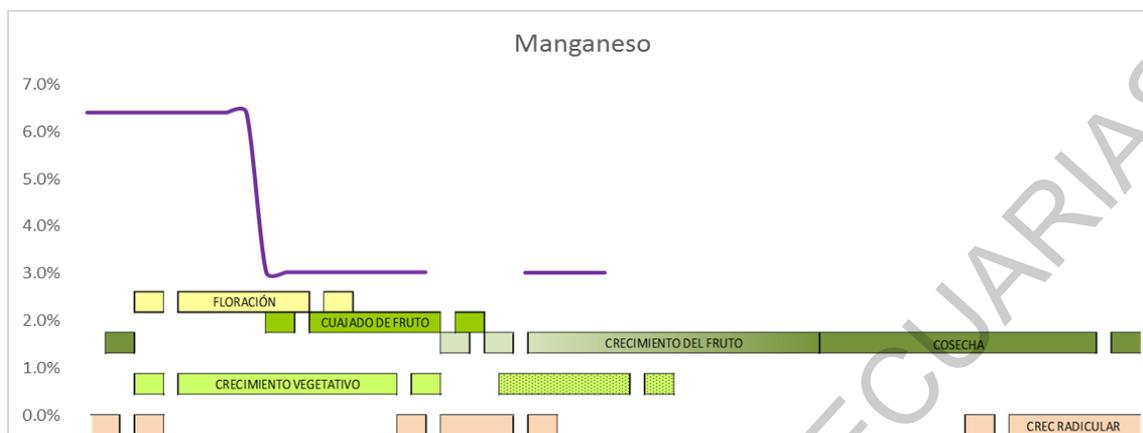


Figura 18

*Distribución del Manganeso en Palto Hass en producción. *Usado sólo en Terra*



Para plantas en instalación. Ver gráficos del 19 al 26.

Figura 19

Distribución del Nitrógeno en Palto Hass en instalación

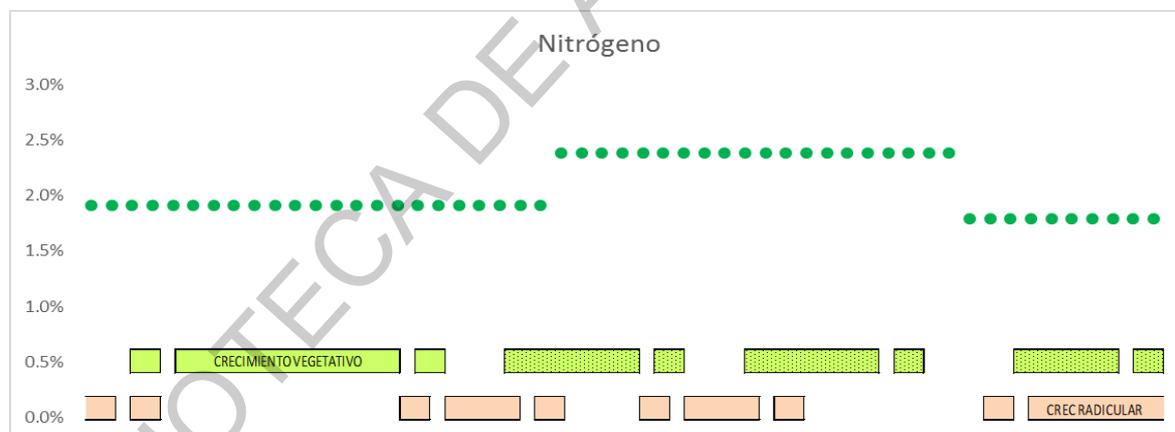


Figura 20

Distribución del Fósforo en Palto Hass en instalación

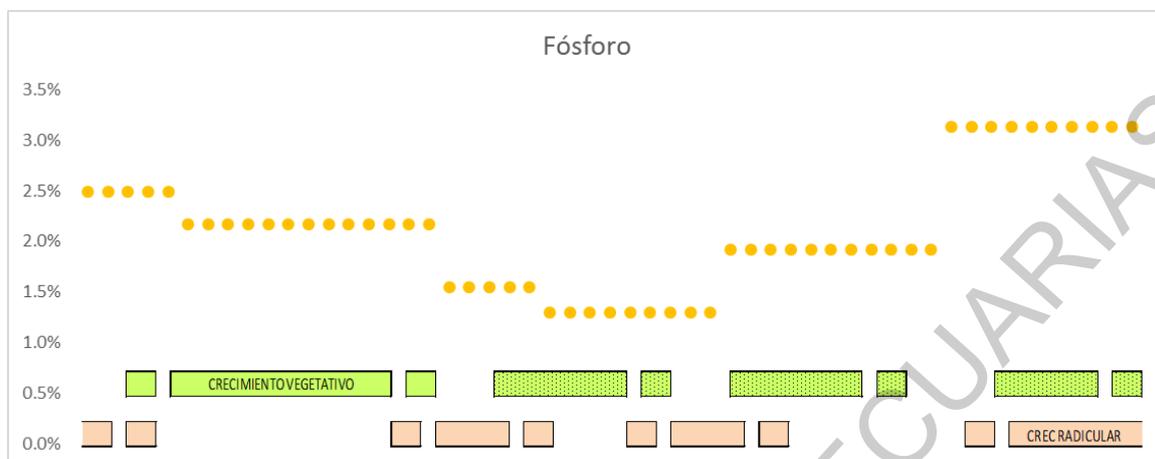


Figura 21

Distribución del Potasio en Palto Hass en instalación

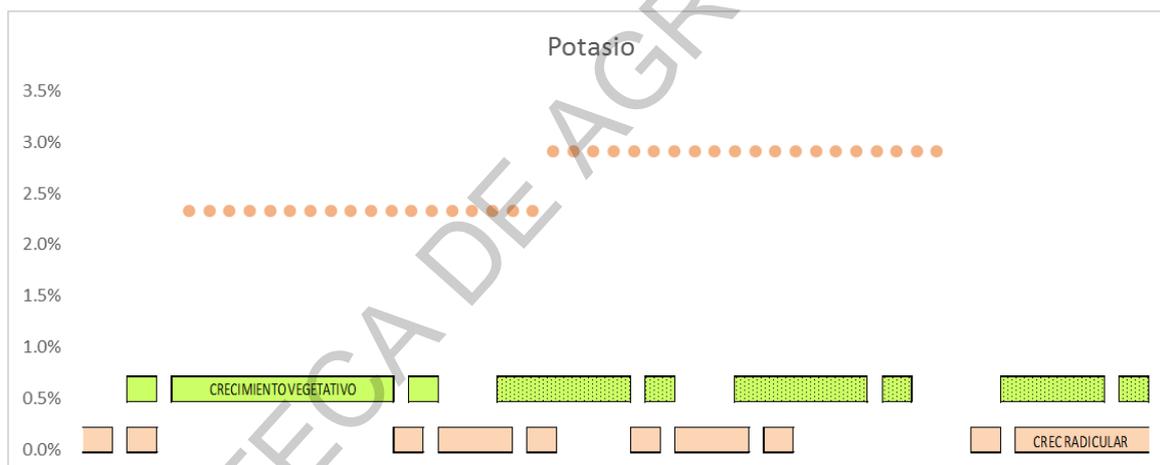


Figura 22

Distribución del Calcio en Palto Hass en instalación. Distribución Hipotética porque no se utiliza en las condiciones de Virú-Chao (alto contenido de Calcio en Agua), ni en Piura (Programa de acidificación), ni en Magdalena (alto contenido de Calcio en

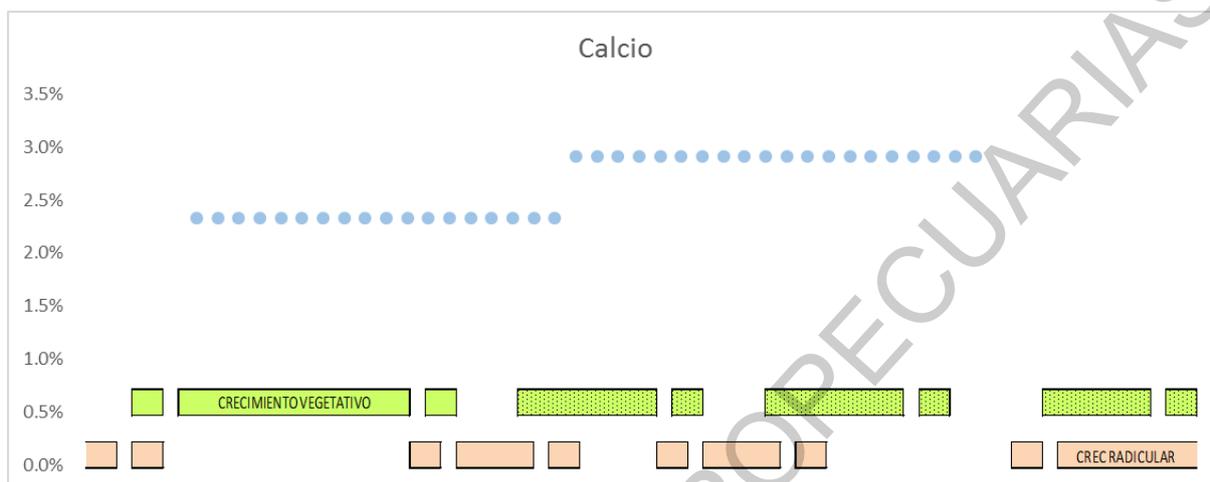


Figura 23

*Distribución del Magnesio en Palto Hass en instalación. *Usado sólo en Magdalena debido a que el Suelo tiene desbalance de este nutriente. No se utiliza en las condiciones de Virú-Chao (alto contenido de Magnesio en Agua), ni en Piura (Programa de acidificación)*

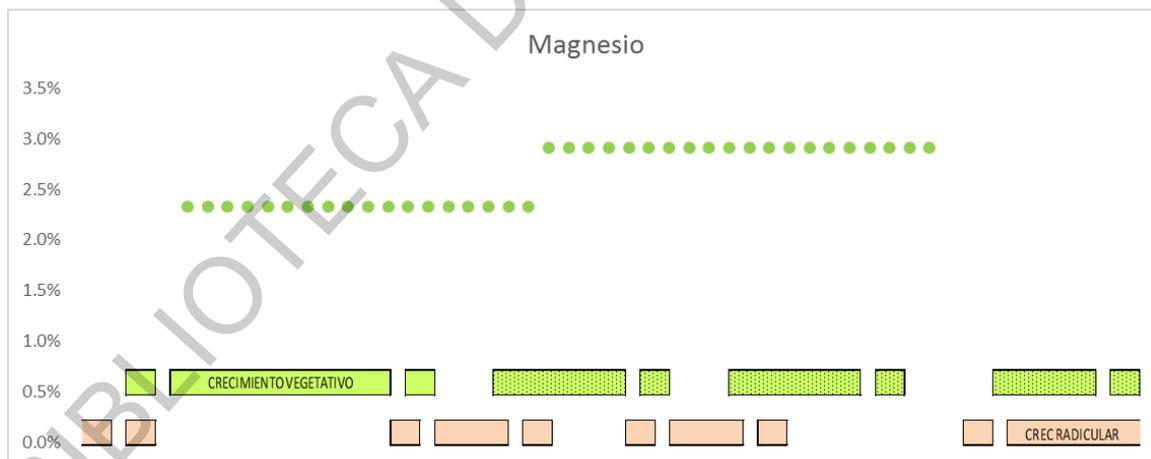


Figura 24

Distribución del Boro en Palto Hass en instalación

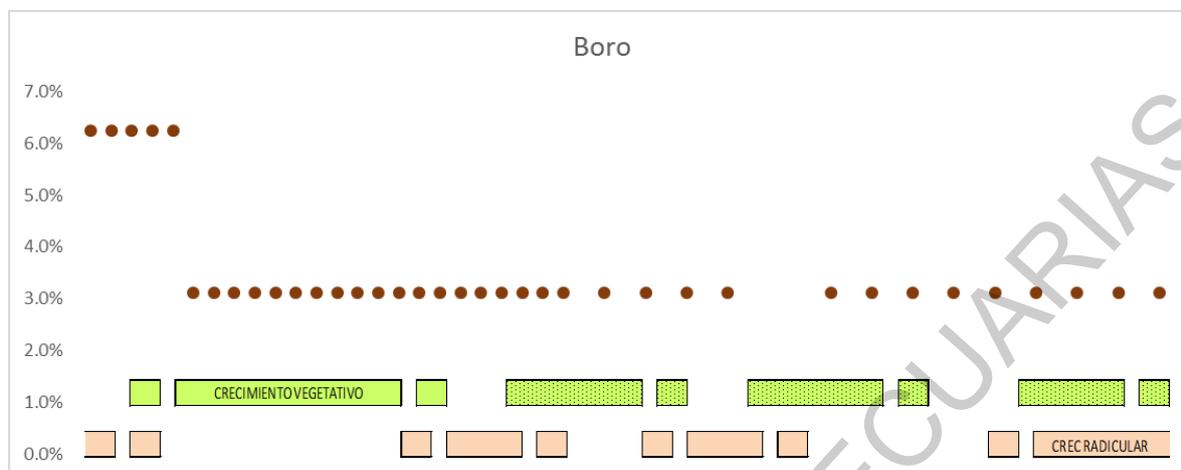


Figura 25

Distribución del Zinc en Palto Hass en instalación

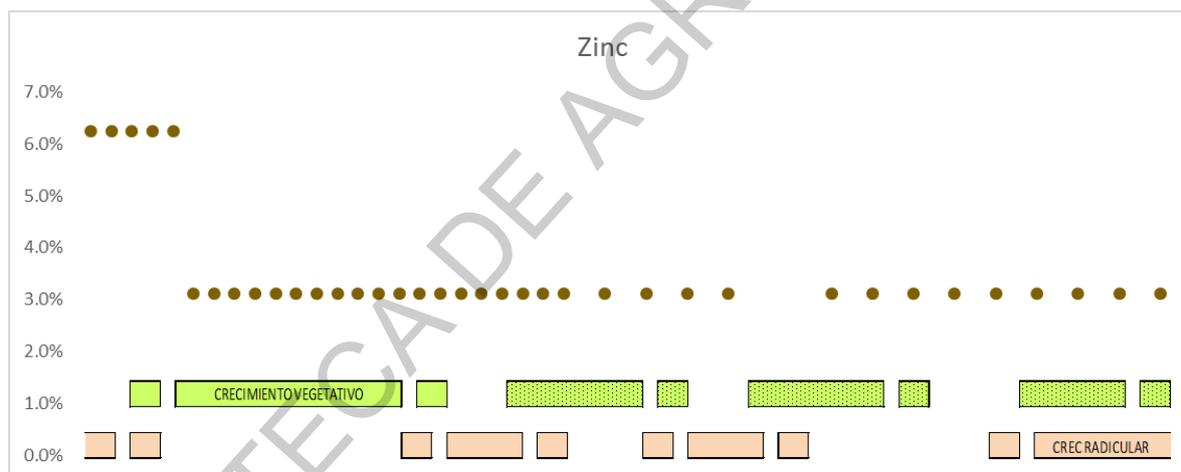
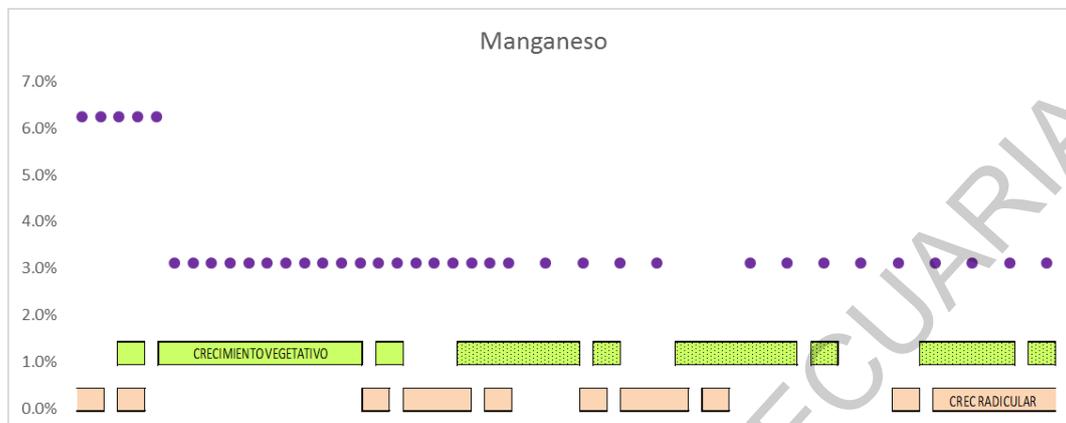


Figura 26

*Distribución del Manganeso en Palto Hass en instalación. *Usado sólo en Terra*



Retroalimentación de la Determinación de la Distribución de Nutrientes

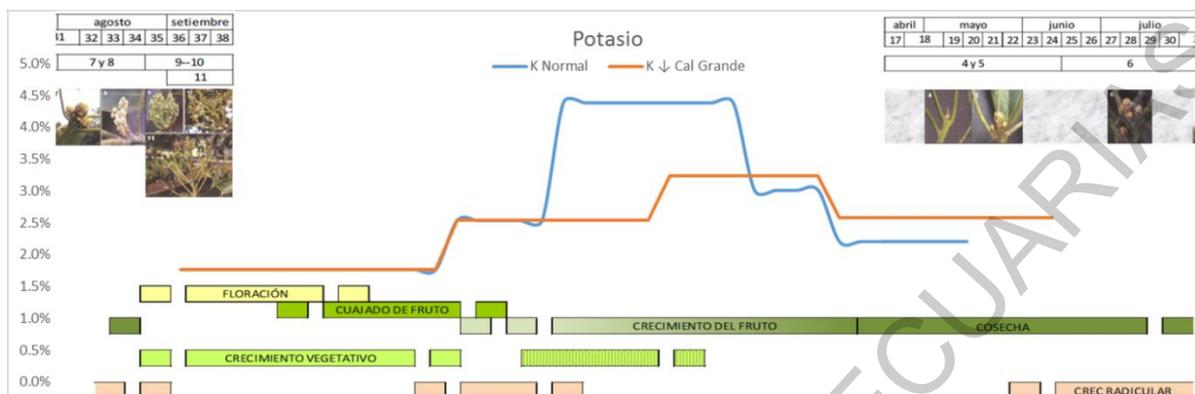
La distribución de cada nutriente hasta ahora definida según los puntos anteriores puede cambiar en base a los reportes del Procedimiento Plan de Seguimiento y Diagnóstico Nutricional. Además es posible modificarla en base al análisis de las concentraciones iónicas derivadas en la Solución Nutritiva (Ver Procedimiento de Determinación de Soluciones del Fertirriego).

Replanteo de Objetivo: Lograr condiciones de calidad especiales. Considerar la necesidad de modificar la distribución para lograr efectos específicos en la calidad de la fruta o para mitigar efectos adversos del clima. En base a esto se tienen los siguientes escenarios:

Modificar la calidad de la fruta. Disminución del porcentaje de calibre grande. El potasio está directamente relacionado a la acumulación de fotoasimilados en el fruto y mientras se mantenga un aporte elevado en las fases previas a la maduración del fruto, este puede tener la tendencia a aumentar de peso. Para lograr que los frutos no ganen un peso excesivo se puede aplanar la distribución del potasio durante la fase de crecimiento activo de la fruta. De esta forma la relación entre el potasio y el nitrógeno se torna más favorable para el segundo, siendo menos generativa (Ver Procedimiento Determinación de Parámetros del Fertirriego, Diseño de Solución Nutritiva). Ver Figura 27.

Figura 27

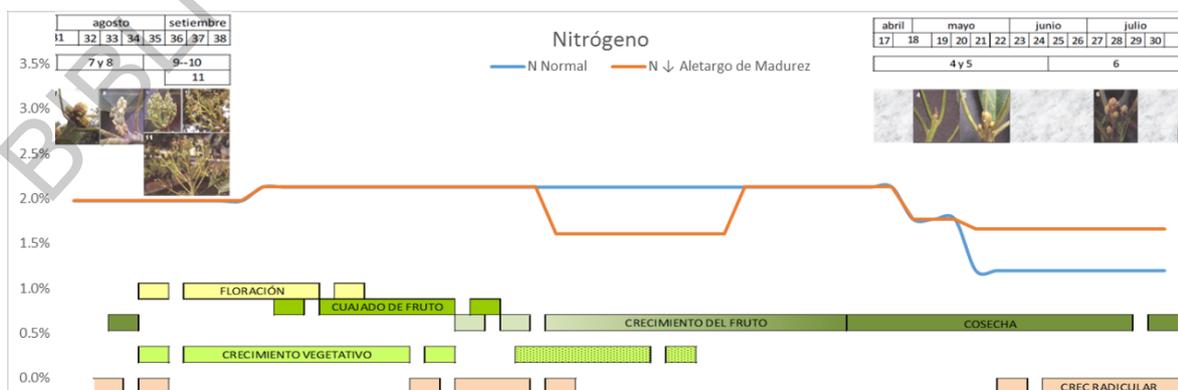
Distribución del Potasio en Palto Hass para lograr reducir el porcentaje de calibres grandes en frutos de palta Hass



Reducción de una tendencia a aletargar la tasa de madurez: El nitrógeno está relacionado a los procesos vegetativos y en cierta medida su aporte contribuye a que la madurez de los frutos sea más lenta. El indicador de madurez de la palta Hass es el porcentaje de materia seca (%MS) y para lograr contribuir a que la tasa de aumento no sea lenta el aporte de nitrógeno puede reducirse ligeramente en la fase previa a la maduración de la fruta. De esta forma la relación entre el potasio y el nitrógeno se torna más favorable para el primero, siendo más generativa (Ver Procedimiento Determinación de Parámetros del Fertirriego, Diseño de Solución Nutritiva). Ver Figura 26.

Figura 28

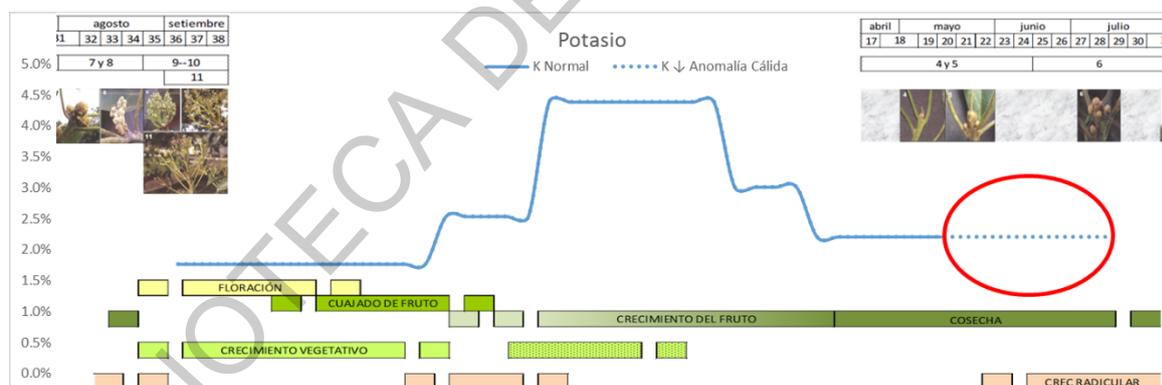
Distribución del Nitrógeno en Palto Hass para lograr reducir la tendencia a aletargar la tasa de madurez en frutos de palta Hass



Mitigar efectos adversos del clima. Así como el potasio está directamente relacionado a la acumulación de fotoasimilados al fruto también fomenta la acumulación de estos en estructuras de reservas tales como brotes (principalmente), tronco y raíces. Cuando ocurre una Anomalía Cálida durante la fase previa a la floración (en otoño) y los árboles se encuentran con fruta colgada, las reservas empiezan a desgastarse a niveles peligrosos y es posible que la campaña siguiente se vea afectada. Para lograr un efecto mitigador a esta condición climática es posible prolongar la aplicación del potasio durante el otoño e invierno. De esta forma la relación entre el potasio y el nitrógeno se torna más favorable para el primero, siendo más generativa en los momentos donde la yema está en los Estadios 4 a 6. (Ver Procedimiento Determinación de Parámetros del Fertirriego, Diseño de Solución Nutritiva). Ver Figura 29. Normalmente esta ampliación de la distribución del potasio modifica la cantidad de nutriente.

Figura 29

Distribución del Potasio en Palto Hass para mitigar los efectos adversos de una Anomalía Cálida en palta Hass.

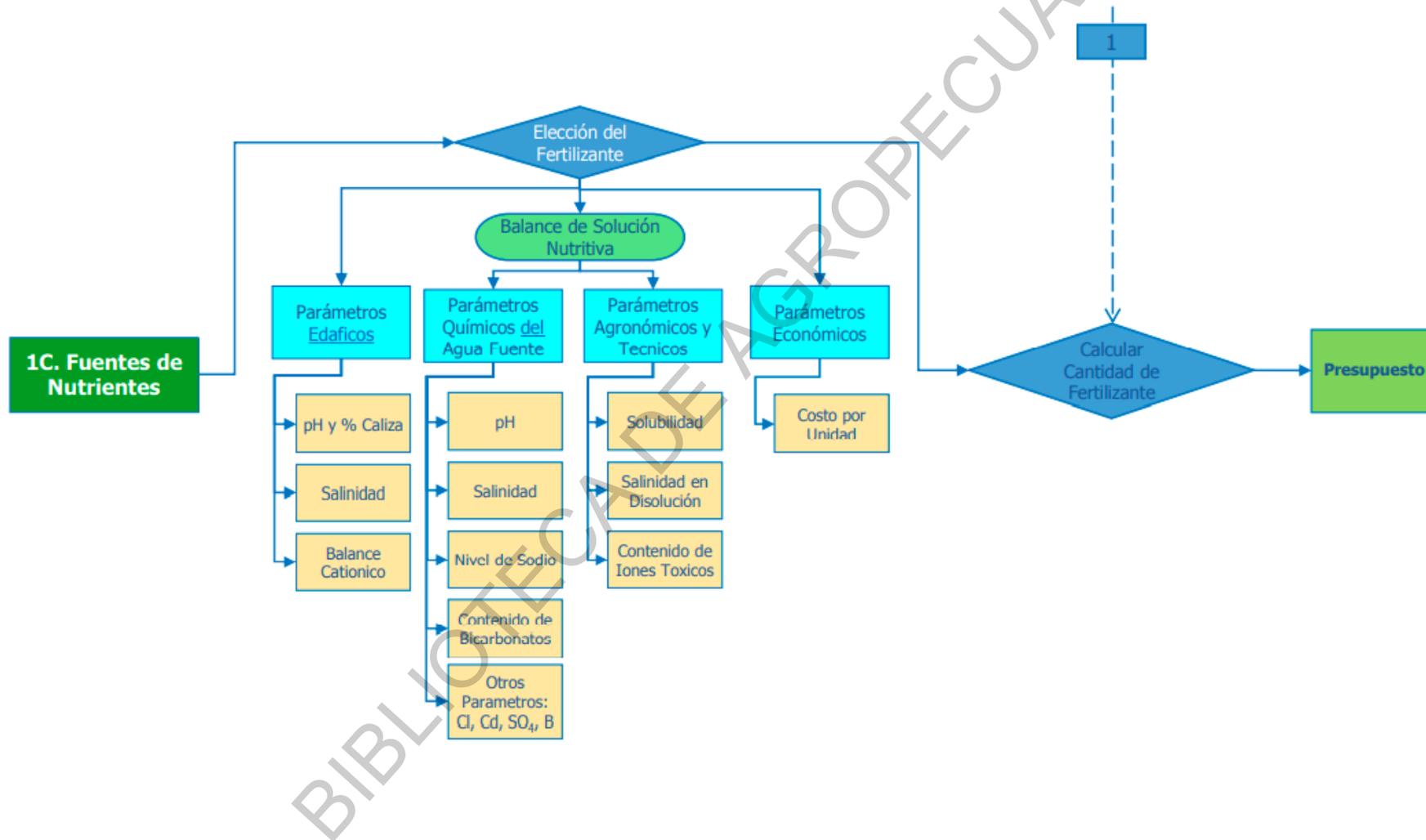


*Nota: Si la Anomalía Cálida persiste la aplicación de Potasio debe continuar.

4.1.3 Fuentes de nutrientes

Figura 30

Fuentes de nutrientes



Fertilizantes utilizados para cada nutriente. Seleccionar la(s) fuente(s) adecuadas para la aplicación de los nutrientes definidos. Para ello es importante seguir ciertos criterios:

Parámetros Edáficos.

pH y Contenido de Caliza Total y Activa: Las fuentes deben ser ácidas si el pH del suelo es superior a 6,55 o alcalinas si el pH del suelo es inferior a 5,10. Ver Tabla 2. Asimismo, si el contenido de caliza total y activa son mayores a 10 % y 5 % respectivamente se debe optar por fuentes ácidas. Ver Tabla 3.

Salinidad: Se deben utilizar las fuentes con menor Índice de Salinidad (Ver Cuadro 3). Para el caso de Zonas con Fertirriego, este parámetro se describe independientemente: se integra a los Procedimientos de Plan de Gestión del Agua y Riego y de Determinación de Parámetros del Fertirriego (Ver más adelante)

Balance Catiónico: De existir un desbalance entre los cationes del suelo es necesario considerar el uso de enmiendas correctoras, pero adicionalmente al uso de enmiendas, las fuentes a utilizar deben seguir el siguiente patrón:

- Si el Nivel de Sodio es mayor a lo normal y el pH del suelo es superior a 6.55, se deben utilizar fuentes sulfatadas, preferentemente.

Parámetros Químicos del Agua Fuente. punto aplica solo en las Zonas con Fertirriego.

pH: Si el pH del agua promedio anual supera 7.0 y el pH del suelo es mayor a 6.55, las fuentes deben ser ácidas.

Salinidad: Se deben utilizar las fuentes con menor Índice de Salinidad (Ver Cuadro 3). Este parámetro se describe independientemente: se integra a los Procedimientos de Plan de Gestión del Agua y Riego y de Determinación de Soluciones del Fertirriego (Ver más adelante)

Nivel de Sodio: Si el nivel de RAS es mayor a S1 (Ver Gráfico 7), se deben utilizar fuentes sulfatadas preferentemente.

Contenido de Bicarbonato: Si el ion bicarbonato es superior a 1.5 (Ver Gráfico 8) se deben utilizar fuentes sulfatadas preferentemente.

Otros Parámetros: Ver tablas 24 y 24

- Si el Contenido de Cloro es mayor a 1 meq/L no se debe considerar la utilización de fuentes cloruradas, a excepción de zonas donde el régimen pluviométrico sea alto (>1,000 mm de precipitación acumulada) que garanticen el correcto lavado de suelos. Además se debe primar el uso de fuentes nítricas debido a que el ion Nitrato (NO_3^-) bloquea al ion Cloruro (Cl^-).

- Si el Contenido de Cadmio es superior a 0.01 mg/L, no se debe considerar la aplicación de la fuente Sulfato de Zinc Heptahidratado, y la aplicación de este nutriente debe ser vía foliar, utilizando quelatos.

- Si el Contenido de Sulfato es bajo se debe considerar utilizar fuentes sulfatadas preferentemente.

- Si el Contenido de Boro es alto no se debe considerar la aplicación de fuentes bóricas. De existir alguna necesidad de utilización de este nutriente, se debe considerar la utilización de la vía foliar.

- Si el sulfato es el anión predominante y el agua es medianamente dura o mayor, no se debe restringir la aplicación de fuentes nítricas o basarse exclusivamente en fuentes sulfatadas porque podría ocasionarse precipitaciones y taponamientos

Parámetros Agronómicos y Técnicos. Este punto aplica solo en las Zonas con Fertirriego y es derivado del “Plan K”.

Solubilidad: La solubilidad de un fertilizante es la máxima cantidad que puede disolverse en un volumen determinado de agua, en general se considera la cantidad (gramos) a disolver en un litro de agua a 20 °C. Este parámetro es muy importante porque es indispensable para la utilización de un producto en un sistema de fertirrigación que demanda el uso de soluciones nutritivas líquidas (disueltas).

Tabla 23

Solubilidad de los fertilizantes utilizados

Solubilidad Entre Fertilizantes Utilizados		
Fertilizante	Formula	Solubilidad (g/L a 20 °C)
Nitrato de Amonio	NH_4NO_3	150
Sulfato de Potasio Cristalizado	K_2SO_4	110
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	710
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	960
Ácido Fosfórico	H_3PO_4	Líquido
Sulfato de Manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	760
Ácido Borico	H_3BO_3	48
Sulfato de Calcio (Calmax)	$\text{CaSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	10
Nitrato de Potasio	KNO_3	310
Cloruro de Potasio Blanco Soluble	KCl	330
Ácido Nítrico	HNO_3	Líquido
Ácido Cítrico	$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COOH})_3$	
Ácido Sulfúrico	H_2SO_4	Líquido
Sulfato Doble de Potasio y Amonio (Amiorgan)	$9(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot 11((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \cdot 46(\text{H}_2\text{O})$	40
Monocarbamida de Potasio (Aquaharvest)	NH_2COOK	40
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1 290
Nitrato de Calcio Amonio	$5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	1 220

Salinidad en Solución Nutritiva: El nivel de salinidad del Agua Fuente se incrementa por la incorporación de alguna fuente y en general por el aporte de cualquier fertilizante. Es importante por ello conocer el cálculo del aporte salino de cada fertilizante. Este cálculo se realiza a detalle en el Procedimiento Determinación de Soluciones del Fertirriego. Ver Tabla 24

Tabla 24

Salinidad aportada por cada fertilizante en una concentración de 1 g.L-1 utilizados

Parámetros Químicos de los Fertilizantes						
Fertilizante	Fórmula	C.E (µS/cm)	Peso Molecular	Peso Equivalente	meq/L	Pureza
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	1 605	80,04	80,04	12,49	94%
Sulfato de Potasio Cristalizado	K ₂ SO ₄	1 596	174,26	87,13	11,48	92%
Sulfato de Magnesio	MgSO ₄ .7H ₂ O	830	246,47	123,24	8,11	98%
Sulfato de Zinc	ZnSO ₄ .7H ₂ O	641	287,56	143,78	6,96	99%
Ácido Fosfórico	H ₃ PO ₄	1,922	97,99	97,99	10,20	84%
Sulfato de Manganeso	MnSO ₄ .H ₂ O	990	169,01	84,51	11,83	98%
Ácido Bórico	H ₃ BO ₃	43	61,83	61,83	16,17	97%
Sulfato de Calcio (Calmax)	CaSO ₄ .4H ₂ O	986	208,20	104,10	9,61	95%
Nitrato de Potasio	KNO ₃	1 347	101,10	101,10	9,89	99%
Cloruro de Potasio Blanco Soluble	KCl	1 910	74,55	74,55	13,41	97%
Ácido Nítrico	HNO ₃		63,01	63,01	15,87	70%
Ácido Cítrico	C ₃ H ₅ O(COOH) ₃		192,12	64,04	15,62	98%
Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄		98,08	49,04	20,39	100%
Sulfato Doble de Potasio y Amonio	9(K ₂ SO ₄).11((NH ₄) ₂ SO ₄).46(H ₂ O)	1 688	3 850,53	427,84	2,34	95%
Monocarbamida de Potasio	NH ₂ COOK		99,13	99,13	10,09	97%
Nitrato de Calcio	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1 110	236,15	118,07	8,47	99%
Nitrato de Calcio Amonio	5(Ca(NO ₃) ₂ .2H ₂ O).NH ₄ NO ₃	1 256	1 080,62	98,24	10,18	100%

Contenido de Iones Tóxicos: De acuerdo a las referencias bibliográficas el cultivo de palto es sensible a la acumulación excesiva de cloro en sus tejidos, causándole un deterioro sistemático y disminución de su productividad.

Por ello es sumamente importante conocer si la fuente a utilizar aporta algún ion tóxico para el cultivo del palto. Específicamente este tópico hace referencia al contenido de Cloro de las fuentes. Ver ítem 6.15.b. Otros Parámetros.

Es preciso que el contenido de Cloro no supere 1.00 meq/L mediante el uso de alguna fuente clorurada más el aporte del Agua Fuente.

Parámetros Económicos. Para todas las zonas y casos se deben utilizar las fuentes con el menor Costo por Unidad para cada nutriente, siempre y cuando se hayan considerado todos los parámetros anteriores.

Cantidad de fertilizante

Calcular la cantidad de cada fertilizante (kg.) en base al contenido de nutrientes que posee cada uno y la necesidad de nutriente (Ver Cantidad de Nutriente) que se demanda para un período específico (Ver Distribución de Nutriente). Para ello es necesario utilizar la lista de fertilizantes utilizados. Se debe descontar el aporte de las fuentes ya utilizadas (aquellas que aportan más de un nutriente). Ver Tabla 25.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

Tabla 25

Lista de Fertilizantes y Enmiendas

Tipo (Elemento)		Composición		Presentación	
Nitrogenados	Nitrato de Amonio	Compuesto	Nitrógeno (N) 33 %	Granulado:	
			Fósforo (P ₂ O ₅) 3 %	Sacos x 50 kg.	
Fosfatados	Ácido Fosfórico	Simple	Fósforo (P ₂ O ₅) 61%	Líquido:	
				Bidón x 50 kg.	
				Bidón x 30 kg.	
Potásicos	Nitrato de Potasio	Compuesto	Nitrógeno (N) 13 %	Cristalizado:	
			Potasio (K ₂ O) 46 %	Sacos x 50 Kg.	
	Sulfato de Potasio	Simple	Potasio (K ₂ O) 50 %	Cristalizado:	Sacos x 25 Kg.
					Cloruro de Potasio
	Amiorgan	Compuesto	Nitrógeno (N) 9 %	Cristalizado:	
			Potasio (K ₂ O) 21 %	Sacos x 25 Kg	
	AquaHarvest	Compuesto	Nitrógeno (N) 10 %	Cristalizado:	
			Potasio (K ₂ O) 46 %	Sacos x 25 Kg	
	Cálcicos	Nitrato de Calcio Decahidratado / Tetrahidratado	Compuesto	Nitrógeno (N) 15.55 % / 11.76%	Cristalizado:
				Calcio (Ca) 25.94 % / 23.53%	Sacos de 50 Kg.
Micronutrientes y Elementos Menores	Sulfato de Zinc Heptahidratado	Simple	Zinc (Zn) 21 %	Cristalizado:	
	Ácido Bórico	Simple	Boro (B) 17 %	Sacos x 25 Kg.	
				Sulfato de Manganeso	Compuesto
	Sulfato de Magnesio	Compuesto	Magnesio (MgO) 16 %	Cristalizado:	
			Azufre (S) 13 %	Sacos x 50 Kg	
Acidificantes	Ácido Sulfúrico	Simple	Azufre (S) 32.7 %	Líquido:	
	Ácido Nítrico	Simple	Nitrógeno (N) 15 %	Bidón x 35 Kg.	
				Líquido:	
Ácido Cítrico	Simple	-	Bidón x 50 Kg.		
Enmiendas	Sulfato de Calcio	Simple	Calcio (CaO) 32.5%	Cristalizado:	
			Azufre (S) 18%	Bolsa x 25 Kg.	
				Polvo (no soluble):	
				Sacos x 25 Kg.	

Presupuesto

Calcular el monto económico que implica la utilización de cada fuente, multiplicando la cantidad de cada fertilizante (kg) por el costo (US\$) por kilogramo de cada fuente.

Determinar la corrida de cantidades de nutrientes (unidades), de cantidades de todas las fuentes (Kg de fertilizante) y del monto a gastar (US\$) de cada una de manera semanal, por campaña de producción y por año.

Plantilla Modelo (Ejemplo)

A continuación, se detalla el procedimiento para una parcela cualquiera:

Parcela 100: Ubicada en el fundo Frusol 1

Modelo de Plan para Macronutrientes:

Mexicano de Baja Eficiencia.

- Portainjerto: mexicano
- Rendimiento proyectado: 19,39 t/ha
- Eficiencia:
 - Por patrón: baja (patrón más sensible en las condiciones locales)
 - Por estado hidráulico: alta (sistema de riego relativamente nuevo con baja incidencia de problemas de taponamiento)
 - Por suelo: baja (suelo sin cultivo previo y aplicación de materia orgánica muy antigua: año de siembra, 1998)
 - Por diagnóstico nutricional: baja (último análisis Foliar de 175 días con niveles debajo de lo normal)
- Biomasa y reservas: 19,39 t/ha

Nitrógeno: 240 Und N; Potasio: 380 Und K₂O; Fósforo: 79 Und P₂O₅; Calcio: 65 Und CaO;

Magnesio: No es necesario (ver más adelante); Azufre: No es necesario (ver más adelante).

Modelo de Plantilla para Micronutrientes:

Zinc: 16.9 Und Zn; Boro: 1.7 Und B (Ver Procedimiento de Determinación de Parámetros del Fertilirriego: con ello se alcanza las concentraciones deseadas: 15 ppm de Zn y 1.5 ppm de B con una Lámina de Fertilización de 27,50 m³/ha); resto de nutrientes (Hierro, Manganeso, Cobre, Molibdeno, Cloro): No es necesario (ver más adelante).

Análisis de Suelo:

											Granulometria				
Fundo	Parcela	Lote	Año	Zona	Prof	pH	CE dS/m	CaCO3 %	MO %	%Ao	%Ar	%L	Clase Textural	Grupo Textural	
Frusol 1	P100	L2102	2015	Humeda	0-30	6.79	0.72	0.29	0.07	100%	0%	0%	A	Grueso	

Cambiables															
Fundo	Parcela	Lote	Año	Zona	Ca-Camb meq/100n	Mg-Camb meq/100n	K-Camb meq/100n	Na-Camb meq/100n	CIC meq/100g	K %	Ca %	Mg %	PSI %	Ca/Mg	K/Mg
Frusol 1	P100	L2102	2015	Humeda	1.68	0.50	0.24	0.17	2.59	9%	65%	19%	7%	3.4	0.5

Disponibles															
Fundo	Parcela	Lote	Año	Zona	P-Disp ppm	Ca-Disp ppm	Mg-Disp ppm	K-Disp ppm	Na-Disp ppm	SO4-Disp ppm	B-Disp ppm	Cu-Disp ppm	Fe-Disp ppm	Mn-Disp ppm	Zn-Disp ppm
Frusol 1	P100	L2102	2015	Humeda	13.91	429	65.76	83.18		43.52	0.54	1.15	5.43	1.37	16.13

pH: Suelo neutro, no es necesario un Programa de acidificación.

Contenido de Carbonatos: Bajo.

Salinidad: Suelo no salino.

Contenido de Materia Orgánica: Bajo

Balance iónico. Contenido de Sodio es ligeramente alto y cierto desbalance de calcio, es necesario utilizar enmiendas: para este caso Sulfato de Calcio.

Aporte de nutrientes. En todos los casos de bajo a muy bajo, no es posible considerar aporte del suelo a la Plantilla.

Análisis de Agua:

Promedio Histórico PECH																
MESES	pH	C.E.	mg/L								ppm B	Dureza	RAS	Clasificación Riverside	Clasificación Piper	
			NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca+2	Mg+2	Na+	K+						
Enero	7.68	0.24	0.16	1.18	0.83	0.30	1.28	0.47	0.32	0.05	0.17	8.82	0.34	C1-S1	Sulfatada Cálctica	
Febrero	7.50	0.24	0.13	1.24	0.95	0.25	1.38	0.49	0.29	0.05	0.15	9.43	0.30	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Marzo	7.73	0.26	0.16	1.35	1.00	0.26	1.55	0.50	0.33	0.05	0.15	10.25	0.33	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Abril	7.69	0.27	0.16	1.38	0.80	0.26	1.44	0.55	0.34	0.05	0.17	9.97	0.33	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Mayo	7.66	0.34	0.10	1.79	1.01	0.40	1.65	0.70	0.50	0.07	0.23	11.78	0.46	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Junio	7.66	0.43	0.16	2.69	1.10	0.50	2.28	1.07	0.81	0.07	0.39	16.79	0.63	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Julio	7.63	0.48	0.16	3.15	1.15	0.62	2.53	1.26	0.92	0.08	0.53	18.99	0.67	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Agosto	7.75	0.50	0.16	3.19	1.08	0.55	2.60	1.26	0.93	0.10	0.50	19.33	0.67	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Septiembre	7.69	0.48	0.16	3.11	1.11	0.58	2.48	1.24	0.96	0.08	0.54	18.63	0.70	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Octubre	7.60	0.38	0.12	2.51	0.93	0.38	2.02	0.98	0.70	0.07	0.39	15.05	0.56	C2-S1	Sulfatada Cálctica	
Noviembre	7.66	0.33	0.15	1.97	0.83	0.35	1.60	0.74	0.54	0.05	0.26	11.75	0.49	C1-S1	Sulfatada Cálctica	
Diciembre	7.42	0.25	0.12	1.32	0.88	0.33	1.40	0.51	0.34	0.05	0.22	9.66	0.35	C1-S1	Sulfatada Cálctica	

Nota: Fe, Mn, Cu, Zn, Cd: indetectable en la mayoría del tiempo.

pH: Ligeramente alcalina, no supera 7,7 como promedio anual por tanto no es necesario un Programa de acidificación, pero si el uso de fuentes ácidas.

Salinidad: Agua de Clase C1 a C2.

Contenido de Sodio: RAS: Bajo

Contenido de Bicarbonato: Bajo

Otros parámetros: Resto de elementos en niveles indetectables.

Aporte de nutrientes: Se puede considerar el aporte de Azufre, Calcio (debido al Balance Iónico: iones predominantes) y Boro (contenido medio en cierto momento). El magnesio puede considerarse si en el Diagnóstico no aparecen niveles bajo de lo normal.

Retroalimentación. Al contrastar las cantidades con el Plan de Determinación de Parámetros del Fertirriego, las concentraciones de nitrógeno y calcio con la aplicación de Nitrato de Calcio superan los rangos óptimos. De acuerdo a ello, es posible reducir 30% de Calcio (de 65 a 45 UND de CaO).

En la semana 44 la Parcela 100:

- Tiene la siguiente distribución y aporte de nutrientes. Ver Tabla 26.

Tabla 26

Porcentaje de distribución y Cantidad de nutriente demandada para la semana 44. Nótese que algunos nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) tienen descuentos del aporte de fuentes que ya han aportado otro nutriente previamente: Potasio (Nitrato de Potasio, aporta K y N), por ello se considera su aporte indirecto de Nitrógeno y se descuenta

Semana	44
Fecha	26-Oct-18
	1-Nov-18
Potasio	
Distribucion	1,80%
K ₂ O - Unidad	6,54
Calcio	
Distribucion	7,00%
CaO - Unidad	3,01
Nitrogeno	
Distribución	2,10%
KNO ₃	1,29
Nitrato de Calcio	1,81
HNO ₃	0,00
NH ₄ NO ₃	1,97
N -Unidad	5,07
Fosforo	
Distribución	2,20%
NH ₄ NO ₃	0,18
K ₂ HPO ₄	0,00
KH ₂ PO ₄	0,00
H ₃ PO ₄	1,54
P ₂ O ₅ - Unid	0,02
Boro	
Distribución	2,50%
B - Unid	0,04
Zinc	
Distribución	2,50%
Zn - Unid	0,41

- Para cubrir la demanda de estos nutrientes se utilizan las siguientes fuentes. Ver Tabla 26.

Tabla 27

Aporte de cada fuente (fertilizante). Aquí se determinan las cantidades de fertilizantes a aportar en la semana 4, ejemplo 3,92 de sulfato de potasio, 9,95 kg de nitrato de potasio.

Semana	44
Fecha	26-Oct-18 1-Nov-18
Potasio	
Distribucion	101,80%
K ₂ O - Unidad	7,54
K ₂ SO ₄	
K ₂ O - Unidad	50%
S	10%
KNO ₃	
K ₂ O - Unidad	46%
N	13%
Calcio	
Distribucion	7,00%
CaO - Unidad	3,01
Fuentes - Und	
5 (Ca(NO ₃) ₂ ·2H ₂ O) · NH ₄ NO ₃ ó Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	11,62
CaO(25,34 + 0 23)	25,94%
N(15,55 ó 11,76%)	15,55%
Nitrogeno	
Distribución	2,10%
KNO ₃	1,29
Nitrato de Calcio	1,81
NH ₄ NO ₃	1,97
N -Unidad	5,07
Fuentes - Und	
NH ₄ NO ₃	5,96
N	33,00%
P ₂ O ₅	3,00%
Fosforo	
Distribución	2,20%
NH ₄ NO ₃	0,18
H ₃ PO ₄	1,54
P ₂ O ₅ - Unid	1,72
Fuentes - Und	
H ₃ PO ₄	2,53
P ₂ O ₅	61,00%
Boro	
Distribución	2,50%
B - Unid	0,04
Fuentes - Und	
H ₃ BO ₂	0,24
B	17,00%
Zinc	
Distribución	2,50%
Zn - Unid	0,41
Fuentes - Und	
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	1,83
Zn	22,50%
S	11,00%

4.2. Determinación de la lámina y módulo de riego

Figura 31

Determinación de la lámina y módulo de riego

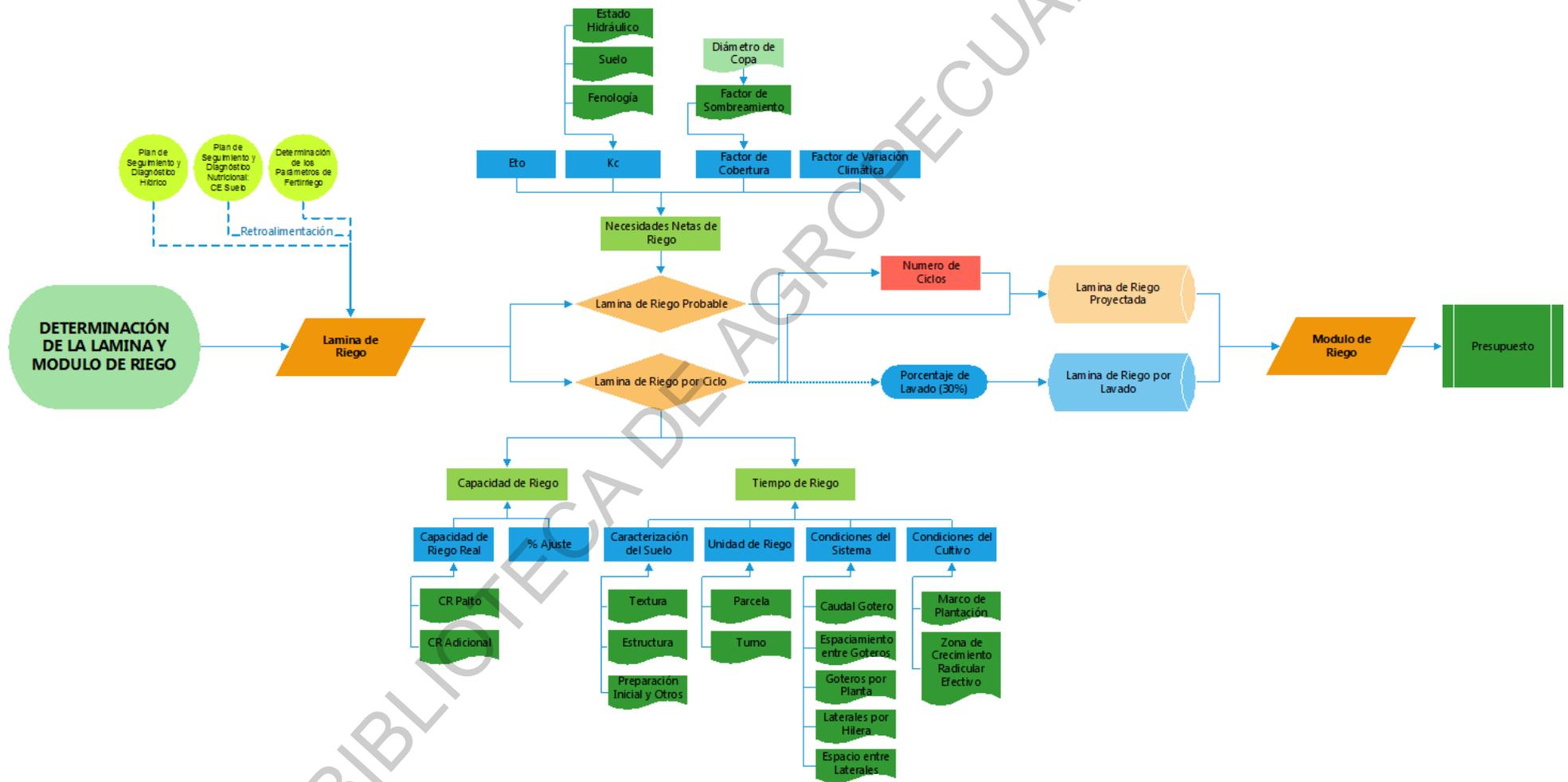


Lámina de riego

Zonas de Producción. Definidas en el Procedimiento Determinación de la cantidad, distribución y fuentes de nutrientes.

Áreas Representativas. En base a los lineamientos definidos en el Procedimiento Determinación de la cantidad, distribución y fuentes de nutrientes, este Procedimiento es válido solo para las Zonas de producción de Virú-Chao (La Libertad) y Curumuy (Piura) porque su nivel de tecnificación es de Zonas con Fertirriego.

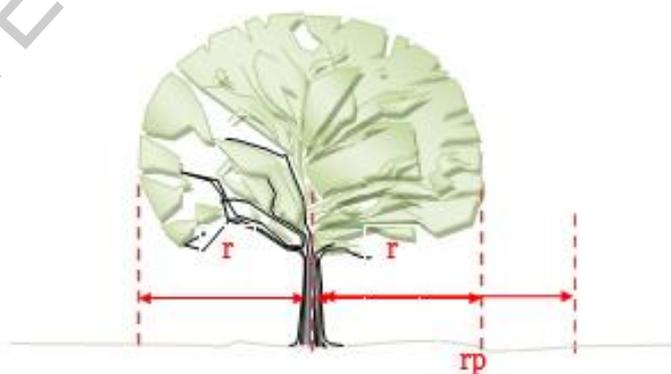
Sin embargo, para continuar la sectorización y definir áreas representativas dentro de las Zonas de Producción definidas es válido tener en cuenta los lineamientos mencionados en ese Procedimiento, tales como: Condición Física y Química del Suelo y Estado Hidráulico.

Lámina de Riego Probable. Tomar como base la evaluación del Instructivo XX Determinación del Diámetro de la Copa (D_c) para determinar:

Diámetro de la Copa (D_c). Se utiliza el promedio de los diámetros todos los datos evaluados. El diámetro promedio se refiere a la medición realizada más una proyección del crecimiento que puede ser definida por el Jefe de Fundo. Ver Figura 32

Figura 32

Diámetro proyectado de la copa



Dónde: r , radio de copa y r_p , radio proyectado.

Para el caso de plantas adultas se establecerá un diámetro constante, obviando flujos vegetativos y podas. Por lo tanto no se asignará porcentaje de proyección.

Para el caso de plantas en desarrollo, considerar:

$$r (m) = \Sigma r / N$$

$$\% P = (r_p / r) \times 100$$

$$D_c (m) = (2r) \times \% P$$

Dónde: D_c , diámetro de copa; $\%P$, porcentaje de proyección del crecimiento de la copa (r_p , radio proyectado: empíricamente el Jefe de Fundo debe estimar un crecimiento de la copa: oscila entre 40 y 60 cm); r , radio; N : N° de plantas muestreadas.

Factor de Sombreamiento (F_s) y Factor de Cobertura (F_c). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

Para el caso de plantas adultas se establecerá un diámetro constante, obviando flujos vegetativos y podas. Por lo tanto no se asignará porcentaje de proyección.

$$F_s = (\pi \times D_c^2) / (4 \times D_h \times D_p)$$

$$F_c = 1,28 F_s + 0,1125$$

Dónde: D_h , Espaciamiento entre hileras (m); D_p , Espaciamiento entre plantas (m); D_c : Diámetro de copa

Tomar como base a la evaluación del Instructivo XX Descarga de Datos de Estación Meteorológica para determinar:

Evapotranspiración (Eto). Para el Plan de Nutrición, referido al presupuesto de una campaña se toma los promedios de la Eto por semana de los últimos 3 años para considerarlo como Eto proyectada y se repite el valor para considerarlo como Eto programada.

- Para el caso del Procedimiento Programación, Control y Ejecución del Fertirriego, se toma el promedio de la Eto de la última semana transcurrida (de jueves a miércoles) para considerarlo como Eto programada. Si la Eto de la semana anterior es superior al promedio histórico de la semana a programar se puede considerar alguna modificación en el Procedimiento Programación del Fertirriego (Para decidir cambiar la Frecuencia del Riego además es necesario verificar la tendencia de la Temperatura y de la Eto en las últimas 2 a 3 semanas.

- Para el caso de Cálculo de Lámina de Riego a ejecutar al día siguiente, se toma el dato de Eto sumatoria de las 17:00 horas del día anterior hasta las 17:00 horas del día actual. Este dato es efectivo en los periodos de verano.

Determinar otros parámetros

- **Coefficiente de Consumo (Kc).** El Kc se determina mediante el establecimiento empírico, siguiendo los siguientes criterios:
- **Fenología del cultivo.** Existen etapa fenológicas donde el cultivo consume mayor cantidad de agua, las cuales son durante la Floración y el Cuajado de Frutos; mientras que existen etapas donde el cultivo es menos sensible al estrés hídrico como lo es la Cosecha, Poscosecha y antes de la Floración.

De esta forma cuando el cultivo está en etapas de mayor consumo el Kc es mayor y cuando está en etapas de menor consumo, el Kc es menor.

- **Suelo.** La mayoría de suelos de las Zonas de producción donde aplica este procedimiento son arenosas y de poca retención de humedad; sin embargo, se puede existen diferencias en el contenido de materia orgánica derivado de aplicaciones previas) cultivos previos). Esta condición resulta en tener suelos con mayor o menor retención. Se puede estimar además mediante el

Instructivo XX de Determinación de la Zona de Crecimiento Radicular Efectivo un parámetro denominado Densidad Aparente del suelo, que puede aportar un criterio adicional

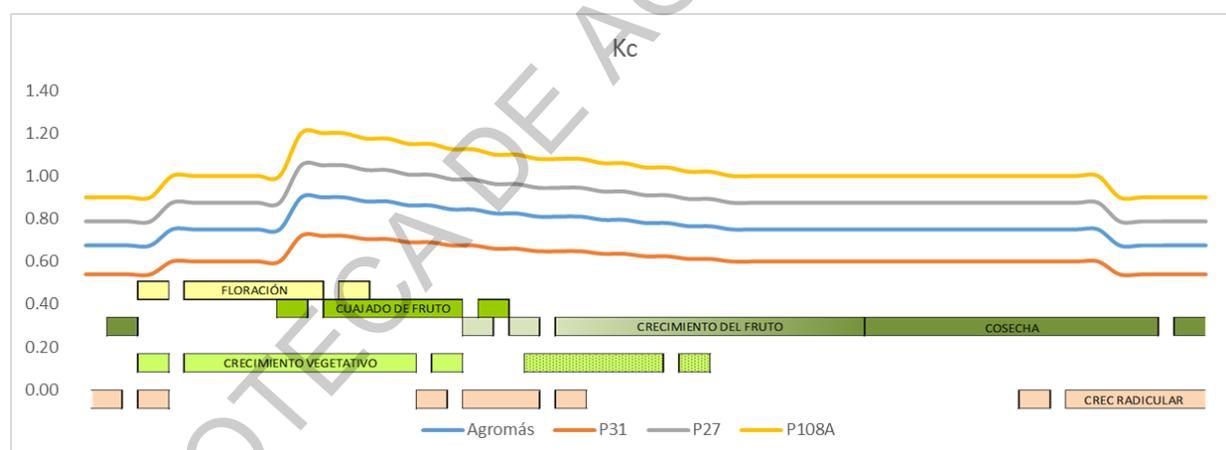
De esta forma cuando el suelo es de mayor retención el Kc es menor y cuando un suelo es de menor retención el Kc es mayor.

- **Estado Hidráulico.** Se considera la Última Evaluación del Estado Hidráulico para considerar una mayor eficiencia de acuerdo al cumplimiento de todas las variables de evaluadas. El sistema con mayor uniformidad, menor taponamiento y mayor densidad de goteros es más eficiente y por lo tanto se le puede asignar un menor Kc.

A continuación se pueden apreciar algunos ejemplos de las curvas de Kc utilizadas en el cultivo de palto. Ver Figura 33.

Figura 33

Curvas de Kc en algunas zonas representativas del palto de la Zona productiva de Virú-Chao



Factor de Variabilidad Climática (Fv)- El Fv se determina en base a datos históricos de Eto y se utiliza sólo para el Plan de Nutrición. La programación semanal y el Cálculo de la Lámina de Riego a ejecutar no utilizan esta variable.

Este factor se refiere a la Desviación Estándar de los datos de Eto para todas las semanas del año, así como para los días dentro de una semana durante varios años en ambos casos. Este factor

oscila entre 1,15 y 1,20, permitiendo contar con un seguro contra la variabilidad del clima día adía y semana a semana.

Determinar las Necesidades Netas de Riego.

$$N_n = E_{to} \times K_c \times F_c \times F_v$$

Dónde: N_n , Necesidades netas de riego (mm); E_{to} , Evapotranspiración (Eto); K_c : Coeficiente de Consumo; F_c : Factor de cobertura; F_v : Factor de variabilidad climática.

Determinar las Necesidades Totales de Riego. Cálculo de la Lámina de Riego Probable.

$$L_rP = N_n / UR * 10$$

Dónde: L_rP , Lámina de riego probable (m^3/ha); N_n , Necesidades netas (mm); UR : Uniformidad de Riego (80% por defecto).

Capacidad de Riego real. Calcular la Capacidad de Riego real, valiéndose de los datos de la Evaluación del Estado Hidráulico:

Capacidad de Riego (CR): Es el volumen de agua que puede abastecer el sistema de Fertirriego de un Área representativa en una hectárea en una hora. Para los fines de este procedimiento se debe calcular la Capacidad de Riego del palto, la Capacidad de Riego de adicional y finalmente la Capacidad de Riego Total.

Capacidad de Riego del palto (CR_p):

$$CR_p = [(N_g \times Q_g) / (D_p \times D_h)] \times 10$$

Dónde: CR_p , Capacidad de Riego del palto ($m^3/ha/H$); Q_g , Caudal gotero promedio (l/H); N_g : N° de goteros por planta; D_p : Distancia entre plantas; D_h : Distancia entre hileras.

Capacidad de Riego adicional (CR_a)

$$Cra = \{[(\sum l\langle a \rangle / Dg\langle a \rangle) \times Qg\langle a \rangle] + [(\sum l\langle b \rangle / Dg\langle b \rangle) \times Qg\langle b \rangle] + \dots + [(\sum l\langle n \rangle / Dg\langle n \rangle) \times Qg\langle n \rangle]\} / 1000$$

Donde:

$\sum l\langle a, b, \dots, n \rangle$, sumatoria de metros lineales (m) que hay en una hectárea de la manguera con características a, b, n (todas las que están conectadas al sistema)

$Qg\langle a, b, \dots, n \rangle$, caudal de gotero (lph) de la manguera con características a,

$$CR \text{ total} = CR \text{ palto} + CR \text{ adicional}$$

Capacidad de Riego Total (CR).

Porcentaje de ajuste de la Capacidad de Riego (%A): El sistema no puede ser medido en toda su magnitud, por ello luego del Cálculo de la Capacidad de Riego es preciso que se ejecute unas dos semanas a un Tiempo de Riego conocido y mediante la Medición de los caudales (Ver Instructivo XX Medición de caudales) ejecutados en ese periodo se determina la Capacidad de Riego ejecutada.

$$CR \text{ ej} = [(Lr \text{ ej} / Nc \text{ ej}) / (Tr \text{ ej} / 60)]$$

Donde:

CR ej: Capacidad de Riego ejecutada.

Lr ej: Lámina de riego ejecutada promedio semanal.

Nc ej: Número de ciclos ejecutados promedio semanal.

Tr ej: Tiempo de riego por ciclo ejecutado en promedio durante la semana.

Nota: No se toma en cuenta el tiempo y lámina de los días de lavado.

$$\% A = [CR / CR_{ej}]$$

Donde:

% A: Porcentaje de ajuste

Luego se calcula la Capacidad de Riego Real:

Capacidad de Riego real (CR real). Es el volumen de agua que puede abastecer el sistema de Fertirriego de un Área representativa en una hectárea en una hora y ha sido verificado mediante la ejecución del mismo.

$$CR_{real} = CR \times \% A$$

Dónde: CR real, Capacidad de Riego real (m³/ha/H); CR, Capacidad de riego total (m³/ha/H); %A: Porcentaje de ajuste.

Tiempo de Riego. El establecimiento del Tiempo de Riego corresponde al tiempo necesario para que el agua alcance la Zona de Traslape más alejada: Punto Crítico, definido como el punto entre dos mangueras y cuatro goteros entre 20 y 30 centímetros.

En el caso de los suelos de las Zonas de producción donde tiene vigencia este Procedimiento, los suelos son arenosos y el movimiento del agua tarda más en horizontal que en vertical, refiriéndose al perfil del suelo; a diferencia de un suelo arcilloso donde ocurre lo contrario, por ello el punto crítico se definió en ese lugar.

Determinar el Tiempo de Riego a utilizar por Zona representativa en base a los resultados de la evaluación realizada con el Instructivo Determinación del Tiempo de Riego.

Primero se definen Unidades Representativas, que son áreas donde se puede utilizar un rango de tiempo de riego común, generalmente corresponde a la agrupación de parcelas, pero podría darse el caso de establecer unidades menores, se basa de lo siguiente:

Caracterización del suelo:

- Textura y estructura.
- Estratificación.
- Preparación inicial / enmiendas aplicadas / cultivo anterior.

Unidad de Riego:

- Turno
- Parcela

Condiciones del sistema de riego:

- Caudal de gotero (Ver Evaluación del Estado Hidráulico)
- Espacio entre goteros.
- Goteros por planta.
- Laterales por hilera.
- Espacio entre laterales

Condiciones del cultivo:

- Marco de plantación.
- Zona de Crecimiento Radicular Efectivo (Ver Instructivo).

Lámina de Riego por Ciclo

El criterio definido en base a las referencias bibliográficas y de consulta con Asesores especialistas en Fertirriego es que el volumen de agua aplicado en cada oportunidad debe ser igual o muy similar (puede existir variación para fomentar un estrés hídrico necesario: cultivos cítricos para romper color). De esta forma el concepto se basa en la definición de Tiempo de Riego fijo (definido en el punto anterior) que permitirá un traslape de la humedad en la zona de crecimiento radicular cada vez que se riegue, y está basado principalmente en las características físicas del suelo y en las características técnicas del sistema de riego.

Determinar la Lámina de Riego por ciclo.

$$LR_{cp} = TR \times CR_{real}$$

Dónde: LR_c , Lámina de riego por ciclo (m^3/ha); TR , Tiempo de Riego (H); CR_{real} : Capacidad de Riego real ($m^3/ha/H$).

Número de ciclos de riego

El criterio de riego se deriva en lo establecido para el Tiempo de Riego y para la Lámina de Riego por ciclo: al obtener un volumen constante de riego, la cantidad de veces que se riega (número de ciclos) dependerá de relacionar la Lámina de Riego por ciclo con la Lámina de Riego Probable (que depende principalmente del clima: E_{to} y del estado fenológico: K_c)

Determinar el número de ciclos de riego.

$$N_c (calc) = LR_p / LR_c$$

Dónde: $N_c (calc)$, Número de ciclos calculados; LR_p , Lámina de Riego Probable (m^3/ha); LR_c : Lámina de Riego por ciclo (m^3/ha)

Nota: El número de ciclos se redondea al número entero próximo: no es posible regar medio ciclo.

Luego, se debe establecer el número de ciclos $N_c (estab)$ analizando el número de ciclos proyectado en las semanas siguientes, modificando este sólo si se observa un patrón repetitivo (cambio de estación: por ejemplo de invierno a primavera se aumenta de 2 a 3 ciclos).

Finalmente definir la Lámina de Riego Proyectada:

$$LR (proy) = LR_c \times N_c (estab)$$

Dónde: $LR (proy)$, Lámina de Riego Proyectada (m^3/ha); LR_c : Lámina de Riego por ciclo (m^3/ha); $N_c (estab)$: Número de ciclos establecido.

Lámina de Riego de Lavado. Un criterio definido en base a las referencias bibliográficas y de consulta con Asesores especialistas en Fertirriego es que se deben realizar “lavados de suelo” periódicamente para evitar la acumulación de sales en el borde de las Zonas de crecimiento radicular efectivo (Ver Instructivo xx). De esta se han establecido los siguientes criterios para considerar un lavado de suelo:

- Se realiza durante la aplicación de la enmienda Sulfato de Calcio con la finalidad de estimular el desplazamiento del sodio fuera de la Zona de Crecimiento Radicular efectivo.
- Se realiza durante el cambio de períodos con número de ciclos fijos durante dos semanas: por ejemplo cuando se pasa de regar 4 ciclos a 3 ciclos.
- Durante las semanas en donde la Eto es la más alta de la campaña (promedio de tres años) y no se realizan 5 ciclos de riego.
- Si se está regando 5 ciclos, el día que corresponde lavar se reduce la frecuencia a 4 ciclos de riego con lámina de riego de lavado).

6.1. Determinar la Lámina de Riego de Lavado. Fórmula de lavado

$$LRI = LRc \times 1.30$$

Dónde: LRI, Lámina de riego de lavado (m³/ha); LRc, Lámina de riego por ciclo (m³/ha).

Nota: Se considera un 30% (1,30) de incremento en la Lámina de riego por ciclo normal.

Retroalimentación de la Determinación de la Lámina de Riego

El volumen de agua hasta ahora definido según los puntos anteriores puede cambiar en base al resultado de la ejecución del Procedimiento Plan de Seguimiento y Diagnóstico Hídrico, orientado principalmente al traslape de bulbos de humedad: Tiempo de Riego; así como al Estado Hídrico de los brotes y hojas: Tensión Xilemática.

Asimismo, en base al resultado de la ejecución del Procedimiento Plan de Seguimiento y Diagnóstico Nutricional, principalmente enfocado al Diagnóstico de Suelos se verifica que la conductividad eléctrica no supere los límites establecidos y el suelo no se salinice en el mediano plazo.

Además, es posible modificarlo en base al análisis de las concentraciones iónicas derivadas en la disolución final (Ver Procedimiento de Determinación de Soluciones del Fertirriego).

Módulo de riego

El módulo de riego de una parcela es la consolidación del consumo de agua para una campaña completa. Abarca la aplicación de agua en una hectárea, sumando todas las semanas de la campaña y en cada una de ellas la lámina de riego proyectada de cada día, así como la lámina de riego de lavado, de las semanas donde sea necesario su establecimiento.

Presupuesto

Calcular el monto económico que implica la aplicación del Módulo de Riego, multiplicando el volumen de agua (m³) por el costo (US\$) por metro cúbico de agua.

Determinar la corrida de volúmenes de agua y del monto a gastar (US\$) de manera semanal, por campaña de producción y por año

Plantilla Modelo (Ejemplo)

A continuación, se detalla el procedimiento para una parcela cualquiera:

Parcela 4: Ubicada en el fundo Agromas:

Lámina de Riego Probable:

- Factor de Cobertura:

Diámetro de copa: Dc (evaluado): 4.20 m

Factor de sombreadamiento

$$F_s = (\pi \times D_c^2) / (4 \times D_h \times D_p)$$

Donde: Dc: 4.20 m; Dh: 6.00 m; Dp: 4.00 m

$$F_s = (\pi \times (4.2)^2) / (4 \times 6 \times 4) = 0.58$$

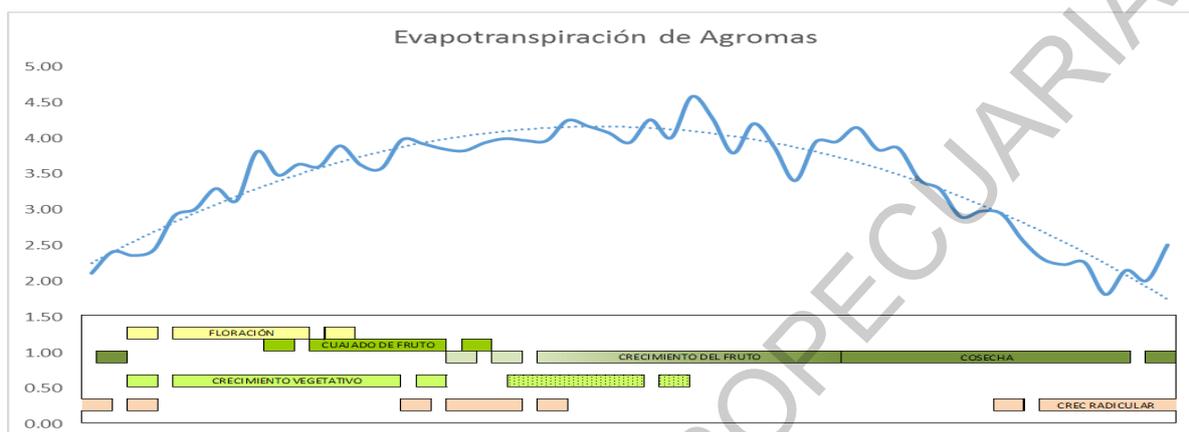
$$F_s = 0.58$$

Factor de cobertura

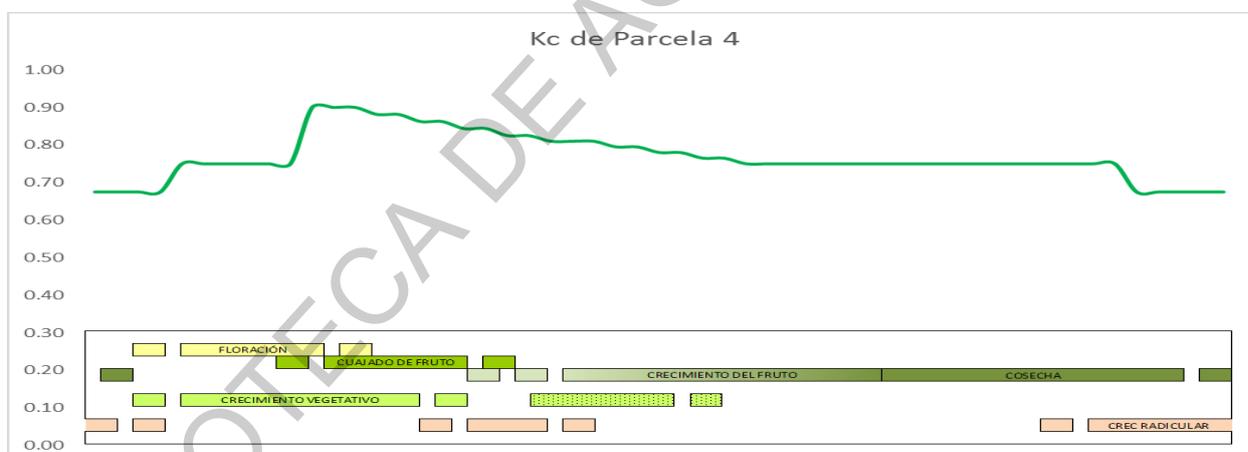
$$F_c = 1.28 F_s + 0.1125$$

$$F_c = 0.85; \rightarrow F_c > 0.70 \rightarrow F_c = 1$$

- Evapotranspiración: Curva promedio de las últimas tres campañas.



- Coeficiente de Consumo:



La parcela 4 tiene las siguientes condiciones de cultivo:

- Fenología del cultivo: El Kc se orienta a las etapas fenológicas.
- Suelo: De acuerdo a las calicatas de campo y análisis de Densidad Aparente y Tiempo de Riego el suelo de esta parcela se mantiene húmedo por más tiempo y en base a las acciones previas: cultivo anterior, aplicaciones de materia orgánica; el Kc designado es menor en todo el período.

- Estado Hidráulico: De acuerdo a la Evaluación, la manguera es relativamente nueva: la densidad de goteros es de 30 goteros/planta y el taponamiento es bajo (<5 %).

Factor de Variabilidad Climática

De acuerdo al resultado del Análisis de variabilidad entre semanas de los últimos tres años y entre días de la misma semana el Factor de Variabilidad Climática es 1,17

De esta forma, por ejemplo para la semana 17, la lámina de riego probable sería:

$$LrP = Nn / UR * 10$$

$$LrP = (Eto \times Kc \times Fc \times Fv) / UR \times 10$$

Tenemos que:

$$Eto = 3,86 \text{ mm}$$

$$Kc = 0,75$$

$$Fc = 1,00$$

$$Fv = 1,17$$

$$UR = 80\%$$

$$LrP = 42,20 \text{ m}^3/\text{ha}$$

La lamina de riego probable para cada día de la semana 17, será 42,20 m³/ha.

Capacidad de Riego real

- Capacidad de Riego Total:
 - Capacidad de Riego Palto:

$$CRp = [(Ng \times Qg) / (Dp \times Dh)] \times 10$$

Ng: El número de goteros por planta en la parcela 4 es de 30 goteros por planta.

Qg: El caudal promedio de estos goteros (evaluados) es de 1.95 litros por hora.

Dh: 6.00 m; Dp: 4.00 m

$$CRp = [(30 \times 1,95) / (6 \times 4)] \times 10$$

$$CR_p = 24,34 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

Capacidad de Riego Adicional:

$$Cra = \{[(\sum ml_{\langle a \rangle} / Dg_{\langle a \rangle}) \times Qg_{\langle a \rangle}] + [(\sum ml_{\langle b \rangle} / Dg_{\langle b \rangle}) \times Qg_{\langle b \rangle}] + \dots + [(\sum ml_{\langle n \rangle} / Dg_{\langle n \rangle}) \times Qg_{\langle n \rangle}]\} / 1000$$

$\sum ml$ (a): La sumatoria de metros lineales (a: Corredor Biológico) es de 2 134 metros por hectárea.

D (a): Los goteros que riegan el Corredor están distanciados a 0,92 metros (probablemente es un ponderado que surge de la mezcla de tipos de manguera que se usan en los adicionales).

Qg (a): El caudal promedio de los goteros (evaluados) que riegan el Corredor es de 2,71 litros por hora.

$\sum ml$ (b): La sumatoria de metros lineales (b: Casuarinas) es de 136,59 metros por hectárea.

D (b): Los goteros que riegan el Corredor están distanciados a 0,63 metros (probablemente es un ponderado que surge de la mezcla de tipos de manguera que se usan en los adicionales).

Qg (b): El caudal promedio de los goteros (evaluados) que riegan el Corredor es de 3,60 litros por hora

$$Cra = \{[(21,34/0,92) \times 2,71] + [(136,59/0,63) \times 3,60]\} / 1000$$

$$Cra = 0,85 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

Capacidad de Riego Total

$$CR_{\text{total}} = CR_{\text{palto}} + CR_{\text{adicional}}$$

$$CR_{\text{total}} = 24,34 + 0,85$$

$$CR_{\text{total}} = 25,19 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

- Porcentaje de Ajuste de la Capacidad de Riego: Para este cálculo se utilizarán datos ejecutados en la semana 16.

Capacidad de Riego Ejecutada:

$$CR_{ej} = [(Lr_{ej} / Nc_{ej}) / (Tr_{ej} / 60)]$$

CR ej: Capacidad de Riego ejecutada, 23,79 m³/H/ha

Lr ej: Lámina de riego ejecutada promedio semanal, 46,00 m³/ha.

Nc ej: Número de ciclos ejecutados promedio semanal, 4.

Tr ej: Tiempo de riego por ciclo ejecutado en promedio durante la semana, 29 minutos

$$CR\ ej = 23,79\ m^3/H/ha$$

Porcentaje de Ajuste:

$$\% A = [CR / CR\ ej]$$

CR: Capacidad de riego total, 23,19 m³/H/ha

CR ej: Capacidad de riego ejecutada (S16), 23,79 m³/H/ha

$$\%A = 94,46\%$$

De esta forma, por ejemplo para la semana 17, la capacidad de riego real sería:

Tenemos que:

$$CR\ real = CR\ total \times \%A$$

$$CR\ real = 25,19 \times 94,46\%$$

$$CR\ real = 23,79\ m^3/H/ha$$

La capacidad de riego real, será 23,79 m³/ha.

Tiempo de Riego

El tiempo de riego (TR) para esta parcela está en el rango de 25 a 30 minutos. En la Plantilla de Fertirriego y Nutrición consideramos como dato fijo 29 minutos, y el control se basa en un rango entre 29 ± 4 minutos.

Lámina de Riego por ciclo:

$$LRcp = TR \times CR\ real$$

Tenemos que:

$$TR = 29\ minutos$$

$$\text{CR real} = 23,79 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

$$\text{LRcp} = 11,50 \text{ m}^3/\text{ha}$$

La lámina de riego por ciclo, será 11,50 m³/ha.

Números de ciclos:

$$\text{Nc (calc)} = \text{LrP} / \text{LRc}$$

Tenemos que para la semana 17:

$$\text{LrP} = 42,20 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{LRcp} = 11,50 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

$$\text{Nc (calc)} = 3,67 \text{ ciclos} \approx 4 \text{ ciclos de riego}$$

La cantidad de ciclos a ejecutar en la semana 17 será 4.

Lámina de Riego Proyectada:

$$\text{LR(proy)} = \text{LRcp} \times \text{Nc (estab)}$$

Tenemos que:

Para las semanas siguientes a la 17, en base a los datos, la Lámina de Riego Probable tiene el siguiente comportamiento:

17	18	19	20	21
42,20	37,40	35,94	31,73	32,59

$$\text{Nc (calc)} = \text{LrP} / \text{LRc}$$

En la semana 18:

$$\text{LrP} = 37,40 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{LRcp} = 11,50 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

$$\text{Nc (calc)} = 3,25 \text{ ciclos} \approx 4 \text{ ciclos de riego}$$

En la semana 19:

$$\text{LrP} = 35,94 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$LR_{cp} = 11,50 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

$$N_c (\text{calc}) = 3,12 \text{ ciclos} \approx 4 \text{ ciclos de riego}$$

En la semana 20:

$$LrP = 31,73 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$LR_{cp} = 11,50 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

$N_c (\text{calc}) = 2,75 \text{ ciclos} \approx 3 \text{ ciclos de riego}$ (aquí ocurre un cambio en la tendencia y el número de ciclos bajaría de 4 a 3)

En la semana 21:

$$LrP = 32,59 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$LR_{cp} = 11,50 \text{ m}^3/\text{H}/\text{ha}$$

$N_c (\text{calc}) = 2,83 \text{ ciclos} \approx 3 \text{ ciclos de riego}$ (la tendencia se mantiene entonces la variable N_c (estab) se define en 3 ciclos desde la semana 20 hasta observar un nuevo cambio en la tendencia)

Entonces:

$$LR(\text{proy}) = LR_{cp} \times N_c (\text{estab})$$

Tenemos que para la semana 17:

$$LR_{cp} = 11,50 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$N_c (\text{estab}) = 4$$

$$LR (\text{proy}) = 46,00 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Mientras que a partir de la semana 20:

$$LR_{cp} = 11,50 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$N_c (\text{estab}) = 3$$

$$LR (\text{proy}) = 34,50 \text{ m}^3/\text{ha}$$

La lámina de riego proyectada, será 46,00 m³/ha hasta la semana 19 y 34,50 m³/ha desde la semana 20.

Lámina de Riego de Lavado:

Siendo la Lámina de Riego por ciclo de 11,50 m³/ha, y conociendo que se ha definido que para lavar se considerará un 30% (FÓRMULA) adicional, entonces la Lámina de Riego de Lavada (LRI) será de 14,95 m³/ha

En la Parcela 4:

- El agua tiene la siguiente distribución de volúmenes en el periodo de la semana 17 a la

20. Ver Figura 34

Figura 34

Datos y volúmenes de agua demandada para la semanas 17 a la 20

Sem		17	18	19	20
Fecha		25-abr-16 01-may-16	02-may-16 08-may-16	09-may-16 15-may-16	16-may-16 22-may-16
Agua					
PALTO	Díametro promedio de copa (m)	4.60	4.60	4.60	4.60
	Distancia entre plantas (m)	4.00	4.00	4.00	4.00
	Distancia entre hileras (m)	6.00	6.00	6.00	6.00
	Factor de sombreado (Fs)	0.69	0.69	0.69	0.69
	Factor de cobertura (Fc)	1.00	1.00	1.00	1.00
	Eto PROY (mm/día)	3.86	3.42	3.29	2.90
	Kc	0.75	0.75	0.75	0.75
	Factor de variación (Fv)	1.17	1.17	1.17	1.17
	Necesidades Netas (mm/día)	3.38	2.99	2.88	2.54
	Uniformidad de aplicación	0.80	0.80	0.80	0.80
	LR probable (m ³ /ha/día)	42.20	37.40	35.94	31.73
	Número de goteros por planta	30.00	30.00	30.00	30.00
	Caudal de gotero (L/H)	1.95	1.95	1.95	1.95
Cr (m ³ /H/ha)	24.34	24.34	24.34	24.34	
ADICIONAL	Metros lineales adicionales (m/ha)	21.34	21.34	21.34	21.34
	Distancia entre goteros (m)	0.92	0.92	0.92	0.92
	Caudal de gotero (L/H)	2.71	2.71	2.71	2.71
KING GRASS	CR adicional(m ³ /H/ha)	0.06	0.06	0.06	0.06
	Metros lineales adicionales (m/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Distancia entre goteros (m)	0.70	0.70	0.70	0.70
CASUARINA	Caudal de gotero (L/H)	3.99	3.99	3.99	3.99
	CR adicional(m ³ /H/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Metros lineales adicionales (m/ha)	136.59	136.59	136.59	136.59
CASUARINA	Distancia entre goteros (m)	0.63	0.63	0.63	0.63
	Caudal de gotero (L/H)	3.64	3.64	3.64	3.64
	CR adicional(m ³ /H/ha)	0.79	0.79	0.79	0.79
Cr (m ³ /H/ha)	Total	25.19	25.19	25.19	25.19
	Real	23.79	23.79	23.79	23.79
	% (+)	94.46%	94.46%	94.46%	94.46%
Tr establecimiento (real)		29.00	29.00	29.00	29.00
Proyectado	Tiempo de riego (H)	0.48	0.48	0.48	0.48
	Lr / cic Palto (m ³ /ha)	11.11	11.11	11.11	11.11
	Nº cic (calc)	4	4	4	3
	Nº cic (Estab)	4	4	4	3
	Lr / cic Total (m ³ /ha)	11.50	11.50	11.50	11.50
	Lr (proy) (m ³ /ha/día)	46.00	46.00	46.00	34.50

- Finalmente se corre un resumen con la cantidad de agua (Volumen), y costo (US\$ por volumen de agua) por semana, mes, campaña y año. Ver Tabla 3. (Sólo se mostrará el dato del periodo comprendido entre las semanas 17 y 20)

Figura 35*Resumen de cantidad de agua, y su costo en una hectárea*

Volumen Agua por semana	17	18	19	20
	25-abr-16	02-may-16	09-may-16	16-may-16
m³	341.3	341.3	341.3	267.0

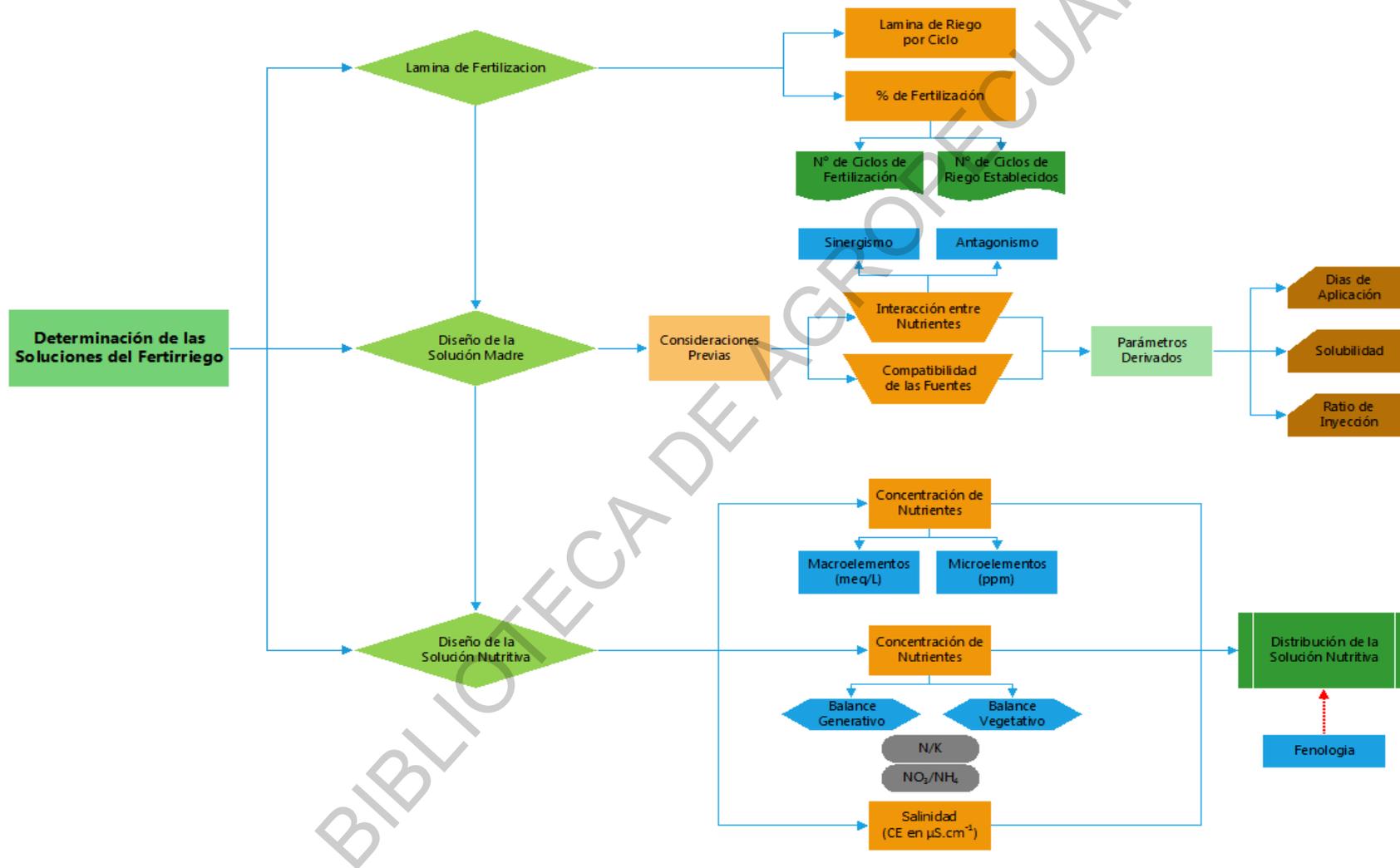
US\$ por semana	17	18	19	20
	25-abr-16	02-may-16	09-may-16	16-may-16
	01-may-16	08-may-16	15-may-16	22-may-16
m³	9.3	9.3	9.3	7.3

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

4.3. Determinación de soluciones del fertirriego

Figura 36

Determinación de soluciones de fertirriego



4.3.1. Diseño de la solución madre

Consideraciones y parámetros previos. La materia prima en la técnica del Fertirriego es la solución madre, que consiste en la disolución de las fuentes de nutrientes establecidos; es decir, los fertilizantes en un volumen determinado de agua de riego.

Esta solución es la matriz de donde parte la aplicación de nutrientes.

Como paso previo al diseño de soluciones madre se debe verificar el Análisis de Agua

Una vez tomadas estas consideraciones, para diseñar cada solución madre es necesario verificar los parámetros de interacción entre nutrientes y de compatibilidad de los fertilizantes:

Interacción **entre nutrientes (iones)**. Es necesario recordar que los cultivos, no “perciben” los elementos por sus cantidades sino más bien por su equilibrio. Es decir, la planta requiere una fertilización completa y bien equilibrada, al igual que el resto de seres vivos. Las interacciones iónicas ocurren cuando el suministro de un nutriente afecta a la absorción, distribución o función de algún otro.

Estos fenómenos pueden ocurrir fuera de la planta por la ocupación de sitios específicos en la capa de intercambio de los coloides del suelo, o también dentro de la planta por la formación de compuestos insolubles en las células de las raíces. Ver Figura 37.

El **antagonismo** consiste en que el aumento por encima de cierto nivel de la concentración de un elemento reduce la absorción de otro. Ejemplos: Na/Ca, K/Mg, Ca/Mg y K, Ca/Fe, Mn, Zn y B, Fe/Mn, N/K.

El **sinergismo** consiste en que el aumento en la concentración de un elemento favorece la absorción de otro. Ejemplo N/Mg, P/Mg. Puede darse el caso de existir **sinergismo negativo**, donde la carencia de un determinado elemento propicia la deficiencia de otro, como el caso B/Ca.

Figura 37

Principales interacciones entre nutrientes

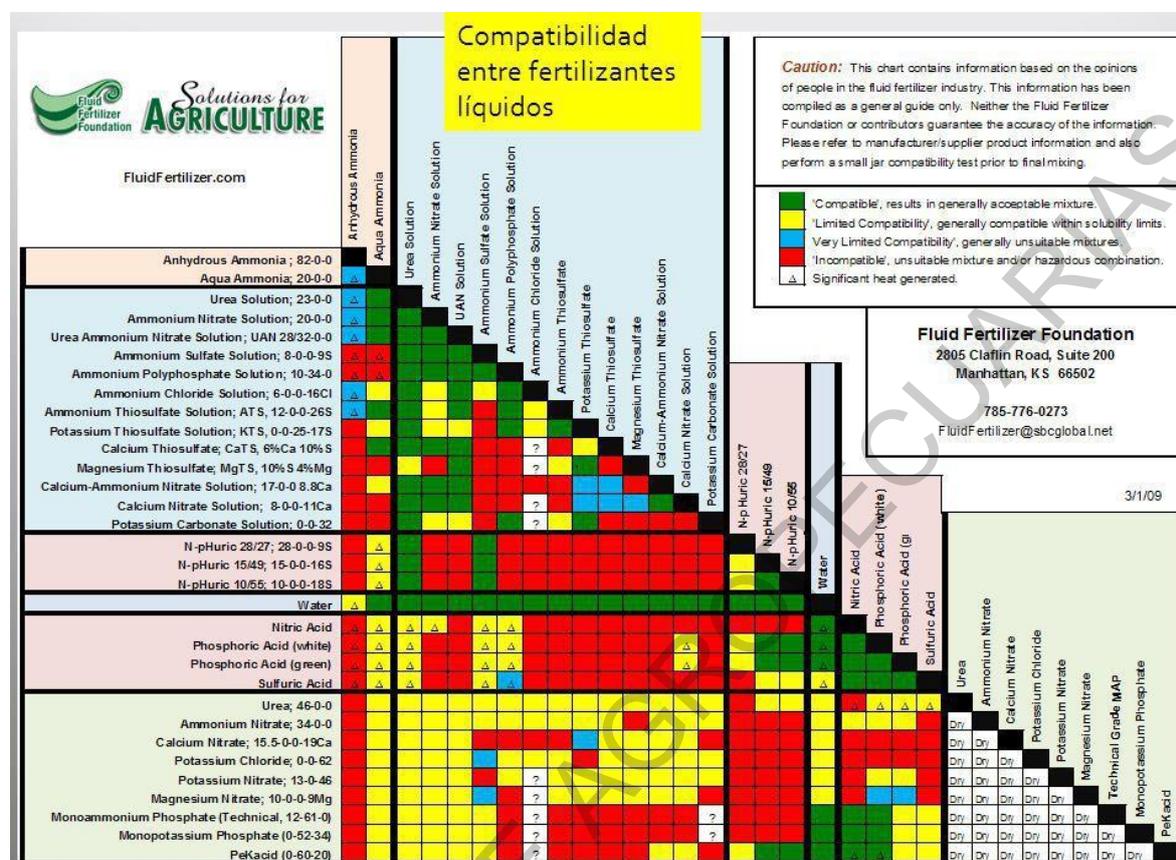
ANTAGONISMOS	SINERGISMOS
POTASIO → BORO	NITRÓGENO → MAGNESIO
MAGNESIO ↔ POTASIO	MAGNESIO → FÓSFORO
MOLIBDENO → COBRE	MOLIBDENO → NITRÓGENO
COBRE → MANGANESO HIERRO	POTASIO → MANGANESE HIERRO
FÓSFORO → ZINC POTASIO COBRE CALCIO HIERRO	ZOLFO → NITRÓGENO POTASIO COBRE MANGANESO MAGNESIO
ZINCO → HIERRO	
BORO → POTASIO	
HIERRO → FÓSFORO	
AZOTO → POTASIO COBRE BORO	
CALCIO ↔ POTASIO MAGNESIO NH ₄ ⁺	
CALCIO → MANGANESO ZINC BORO FÓSFORO HIERRO	

Nota. Imagen tomada de www.cosmoagro.com. Zinco = Zinc; Azoto = Nitrógeno; Zolfo = Azufre

Compatibilidad de las fuentes. La mezcla de dos fertilizantes de distinto tipo puede a veces producir la formación de precipitados, lo cual indica que dichos fertilizantes no son mutuamente compatibles y que se debe tener especial atención de no mezclarlos en el mismo contenedor sino utilizar dos estanques por separado. La interacción de los fertilizantes con el agua de riego, especialmente si son aguas duras y/o alcalinas, también puede ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y provocar la obturación de emisores y filtros. Esto puede evitarse por medio de una elección correcta de los fertilizantes y un manejo adecuado. Ver Figura 38.

Figura 38

Compatibilidad de los fertilizantes



Nota. Imagen tomada de www.sbcglobal.net.

Parámetros derivados. Una vez analizados la interacción entre nutrientes y la compatibilidad entre fertilizantes, se determinan las fuentes (fertilizantes) que formarán parte de la solución madre y se determinan los parámetros de diseño de la solución madre derivados:

- **Días de aplicación (D):** Se determina la cantidad de días por semana en los cuales se aplicará la solución madre al cultivo. De acuerdo a la cantidad de nutrientes y su distribución, existirán variaciones en la cantidad de días de aplicación. Asimismo pueden existir variaciones en base a la revisión posterior de los parámetros de la Solución Nutritiva (Ver más adelante).

- **Solubilidad (S):** Corresponde a la cantidad de fertilizante en gramos a disolver por volumen de agua en litros en el tanque de preparación de la solución madre. Para el diseño de una solución madre se debe verificar la Tabla 28, en el cuál se detalla la solubilidad máxima de los fertilizantes. El

diseño se basa en no superar la solubilidad máxima del fertilizante de más baja solubilidad en el conjunto de fuentes que integran la solución, para evitar problemas de formación de precipitados en la solución madre.

• **Ratio de Inyección (R):** Es el volumen de solución madre en litros que se inyectará en cada metro cúbico de agua de riego dentro del periodo de aplicación de la lámina de fertilización. En este proceso se origina la Solución Nutritiva.

$$\text{Ratio (L/m}^3\text{)} = (C / \text{LFert} \times D) / S$$

Dónde: C, Cantidad de fertilizante de más baja solubilidad (g); LFert, Lámina de Fertilización (m³); D: Días de Aplicación; S: Solubilidad del fertilizante de más baja solubilidad.

Es importante tener definido el ratio máximo que puede inyectarse en base a las condiciones del sistema de riego con las que se cuenta, para evitar fallas en el proceso de inyección de solución madre. En el caso de la Operaciones Palto y Mandarina se tienen definidos los ratios máximos alcanzables en las Líneas de cada Fertiducto. Ver Tabla 29.

Una vez determinado el ratio de inyección, se calcula la solubilidad de las otras fuentes acompañantes a la de solubilidad más baja:

$$\text{Solubilidad (g/L)} = (C / \text{LFert} \times D) / R$$

Dónde: C, Cantidad de fertilizante acompañante (g); LFert, Lámina de Fertilización (m³); D: Días de Aplicación; R: Ratio de Inyección.

Tabla 28

Solubilidad máxima de los fertilizantes utilizados

Solubilidad Entre Fertilizantes		
Fertilizante	Formula	(g/L a 20 °C)
Nitrato de Amonio	NH_4NO_3	150
Sulfato de Amonio Cristalizado	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	730
Sulfato de Potasio Cristalizado	K_2SO_4	110
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	710
Sulfato de Cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	320
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	960
Ácido Fosfórico	H_3PO_4	Líquido
Sulfato de Manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	760
Sulfato de Hierro	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	260
Ácido Borico	H_3BO_3	48
Molibdato de Amonio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	400
Sulfato de Calcio (Calmax)	$\text{CaSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	10
Nitrato de Potasio	KNO_3	310
Cloruro de Potasio Blanco Soluble	KCl	330
Fosfato Monopotásico	KH_2PO_4	33
Fosfato Dipotásico	K_2HPO_4	
Ácido Nítrico	HNO_3	Líquido
Ácido Cítrico	$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COOH})_3$	
Ácido Sulfúrico	H_2SO_4	Líquido
Fosfato Monoamonico (Map)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	410
Nitrato De Magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	710
Urfus 44	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$	960
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	1 060
Sulfato Doble de Potasio y Amonio (Amiorgan)	$9(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot 11((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \cdot 46(\text{H}_2\text{O})$	40
Monocarbamida de Potasio (Aquaharvest)	NH_2COOK	40
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1 290
Nitrato de Calcio Amonio	$5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	1 220

Tabla 29

Ratios máximos de los Fertiductos de las Operaciones Palto y Mandarina

Ratios Máximos Fertiductos		
Fertiducto	Línea	Ratio (L/m ³)
FR01	1	1,04
	2	0,46
	3	1,39
	4	0,47
FR02	1	3,00
	2	3,00
	3	3,00
	4	3,00
AM	1	1,80
	2	1,80
MV Plataforma	1	1,80
	2	1,80
MV Losa 6	1	1,80
	2	1,80
MV Losa 27	1	1,80
	2	1,80
YM	1	1,45
	2	1,45

A continuación se detalla un ejemplo de diseño de soluciones madre en una parcela cualquiera. **Parcela 30:** Ubicada en el fundo Mar Verde, durante la semana 48

Tabla 30

Soluciones Madre de la Parcela 30 durante la semana 48

Semana		48	
Soluciones Nutritivas			
Solución Madre 1	Dias Aplicación	En A	3
		En C	
	Ratio (L/m ²)(max 3.00)	En A	0,90
		En C	100%
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃		75,00
Cloruro de Potasio	KCl		0,00
Ácido Nítrico	HNO ₃	Solubilidad (gr/lt)	0,00
Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄		0,00
Nitrato de Potasio	KNO ₃		0,00
			0%
Solución Madre 2	Dias Aplicación	En A	3
	Ratio (L/m ²)(max 3.00)	En A	1,21
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃		
Acido Fosfórico	H ₃ PO ₄		20,56
Sulfato de Potasio	K ₂ SO ₄	Solubilidad (gr/lt)	60,00
Amiorgan	9(K ₂ SO ₄).11((NH ₄) ₂ SO ₄).22(H ₂ O)		
Aquaharvest	NH ₂ COOK		
Nitrato de Potasio	KNO ₃		43,48
Solución Madre 3	Dias Aplicación	En B	1
	Ratio (L/m ²)(max 3.00)	En B	0,74
Sulfato de Zinc	ZnSO ₄ .7H ₂ O		72,53
Acido Bórico	H ₃ BO ₃		10,00
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	Solubilidad (gr/lt)	0,00
Ácido Nítrico	HNO ₃		0,00
Sulfato de Magnesio	MgSO ₄ .7H ₂ O		
			0%
Solución Madre 4	Dias Aplicación	En D	2
	Ratio (L/m ²)(max 3.00)	En D	1,04
Nitrato de Calcio	5(Ca(NO ₃) ₂ .2H ₂ O).NH ₄ NO ₃ ó		200,00
Ácido Cítrico	C ₃ H ₅ O(COOH) ₃	Solubilidad (gr/lt)	0,00
Ácido Nítrico	HNO ₃		0,00
			0%
Solución Madre 5	Dias Aplicación	En E	
	Ratio (L/m ²)(TMB)	En E	
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	Solubilidad (gr/lt)	
Ácido Nítrico	HNO ₃		
Solución Madre 6	Dias Aplicación	En E	
	Ratio (L/m ²)(TMB)	En E	
Sulfato de Calcio	CaSO ₄ .4H ₂ O	Solubilidad	

4.3.2. Diseño de la solución nutritiva

Parámetros Derivados. El producto final en la técnica del Fertirriego es la solución nutritiva, que consiste en la dosificación de la solución madre en un volumen de agua determinado (Lámina de Fertilización) que será aplicado al cultivo para cumplir con sus demandas nutricionales. Al igual que con la solución madre, existen parámetros derivados del diseño de la solución nutritiva:

- **Concentración del nutriente (ccNut):** Todos los nutrientes son tomados o asimilados en forma de iones estos pueden ser positivos (cationes, NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+) o negativos (aniones, NO_3^- , H_2PO_4^- , HPO_4^- y SO_4^-) los iones solo se encuentran en forma de compuestos (fertilizantes por ejemplo nitrato de potasio KNO_3 el cual nos da iones de nitrato (NO_3^-) y potasio (K^+)). De esta manera la concentración de nutriente es la cantidad de iones disueltos en un volumen de agua. Es importante considerar la concentración iónica del Agua Fuente, para ello es preciso verificar el Resumen Histórico de Calidad Química del Agua Fuente.

- Para el caso de macronutrientes la concentración se expresa en miliequivalentes por litro, de esta manera su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Concentración del nutriente (meq/L)} = (C / \text{LFert} \times D) / (\text{Peq} \times \text{P} \%)$$

Dónde: C, Cantidad de fertilizante acompañante (g); LFert, Lámina de Fertilización (m^3); D: Días de Aplicación; Peq: Peso equivalente del fertilizante (g/eq); P %, pureza del fertilizante (%).

De esta forma, es importante conocer el peso equivalente y la pureza de cada fertilizante para poder calcular la concentración del nutriente. El peso equivalente es igual al peso molecular entre el número de valencia (número de electrones de un compuesto en su último estado de energía). El peso molecular corresponde a la suma de pesos atómicos de cada átomo integrante de la molécula. Ver Tabla 31

- Para el caso de micronutrientes la concentración se expresa en partes por millón (es decir gramos por metro cúbico), de esta manera su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Concentración del nutriente (ppm ó g/m}^3\text{)} = (C / \text{LFert} \times D)$$

Dónde: C, Cantidad de fertilizante acompañante (g); LFert, Lámina de Fertilización (m³); D: Días de Aplicación.

Tabla 31

Pesos moleculares, pesos equivalentes y pureza de los fertilizantes utilizados. Pesos atómicos de los principales elementos

Parámetros Químicos de los Fertilizantes						
Fertilizante	Formula	Fertilizante			Elemento	Peso Atómico
		Peso Molecular	Peso Equivalente	Pureza		
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	80,04	80,04	94%	N	14,01
Sulfato de Amonio Cristalizado	(NH ₄) ₂ SO ₄	132,14	66,07	?	H	1,01
Sulfato de Potasio Cristalizado	K ₂ SO ₄	174,26	87,13	92%	S	32,07
Sulfato de Magnesio	MgSO ₄ .7H ₂ O	246,47	123,24	98%	O	16,00
Sulfato de Cobre	CuSO ₄ .5H ₂ O	249,68	124,84	98%	K	39,10
Sulfato de Zinc	ZnSO ₄ .7H ₂ O	287,56	143,78	99%	Mg	24,31
Ácido Fosfórico	H ₃ PO ₄	97,99	97,99	84%	Cu	63,55
Sulfato de Manganeseo	MnSO ₄ .H ₂ O	169,01	84,51	98%	Mn	54,94
Sulfato de Hierro	FeSO ₄ .7H ₂ O	278,01	139,01	100%	P	30,97
Ácido Borico	H ₃ BO ₃	61,83	61,83	97%	Ca	40,08
Molibdato de Amonio	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ +4H ₂ O	891,87	148,64	72%	Zn	65,39
Sulfato de Calcio (Calmax)	CaSO ₄ .4H ₂ O	208,20	104,10	95%	Fe	55,85
Nitrato de Potasio	KNO ₃	101,10	101,10	99%	Na	22,99
Cloruro de Potasio Blanco Soluble	KCl	74,55	74,55	97%	B	10,81
Fosfato Monopotásico	KH ₂ PO ₄	136,08	136,08	133%	Mo	95,94
Fosfato Dipotásico	K ₂ HPO ₄	174,17	87,09	39%	Cl	35,45
Ácido Nítrico	HNO ₃	63,01	63,01	70%	C	12,01
Ácido Cítrico	C ₃ H ₅ O(COOH) ₃	192,12	64,04	98%		
Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	98,08	49,04	100%		
Fosfato Monoamónico (Map)	NH ₄ H ₂ PO ₄	115,02	115,02	98%		
Nitrato de Magnesio	Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	256,40	128,20	90%		
Urfus 44	CO(NH ₂) ₂ H ₃ PO ₄	158,05	158,05	97%		
Urea	CO(NH ₂) ₂	60,06	60,06	99%		
Sulfato Doble de Potasio y Amonio (Amiorgan)	9(K ₂ SO ₄).11((NH ₄) ₂ SO ₄).46(H ₂ O)	3,850,53	427,84	95%		
Monocarbamida de Potasio (Aquaharvest)	NH ₂ COOK	99,13	99,13	97%		
Nitrato de Calcio	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	236,15	118,07	99%		
Nitrato de Calcio Amonio	5(Ca(NO ₃) ₂ .2H ₂ O).NH ₄ NO ₃	1,081	98,24	100%		

Cada cultivo tiene la mayor tasa de asimilación de nutrientes en un rango determinado de concentración del mismo, si es muy bajo alas raíces no puede tomarlo de manera eficiente y si es muy alto puede perderse gran parte por la lixiviación en el perfil del suelo así como también generar el aumento de la salinización del suelo paulatinamente. En base a ello, de acuerdo a las pruebas

realizadas en hidroponía, cada cultivo posee un rango distinto y está influenciado por su tolerancia a la salinidad. A continuación se detallan los rangos recomendables de concentración de cada nutriente para el cultivo de palto. Ver Tabla 32

Tabla 32

Rangos de concentración de nutrientes

Concentración (meq/L)	Mínimo	Máximo
$\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$	1,00	3,00
K^+	1,10	4,00
Ca^{+2}	2,00	4,00
Mg^{+2}	2,00	4,00
H_2PO_4^-	4% Σ de Aniones	8% Σ de Aniones
$\text{SO}_4^{=}$	2,00	
Cl^-		1,00

Concentración (ppm)	Mínimo	Máximo
Zn	10,00	??
B	1,00	2,00
Mn	10,00	??

A continuación se detalla un ejemplo de diseño de soluciones nutritivas en una parcela cualquiera. **Parcela 30:** Ubicada en el fundo Mar Verde, durante la semana 12, la solución nutritiva

Tabla 33

Soluciones Madre de la Parcela 30 durante la semana 48.

Semana	Solución	A									Total	
		meq/L	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	COO ⁼	BO ₃ ³⁻	Mo ₇ O ₂₄ ⁶⁻		OH ⁻
12	NH ₄ ⁺		0,74	0,02	-		0,45					1,21
	K ⁺		0,29		0,59		-	0,59				1,47
	Ca ⁺²											0
	Mg ⁺²											0
	Na ⁺											0
	Fe ⁺²											0
	Zn ⁺²											0
	Mn ⁺²											0
	Cu ⁺²											0
	H ⁺		-	0,03	-							0,03
	Total		1,03	0,05	0,59			1,04				2,71

• **Relaciones entre nutrientes en la solución nutritiva:** Los iones que demandan las raíces deben estar en completo equilibrio y balance de acuerdo al estado fenológico de la planta, de esta manera los investigadores en Fertirriego han establecido a través de la experimentación relaciones entre nutrientes, principalmente relacionando este balance a dos tipologías distintas: el balance vegetativo/generativo. Una planta generativa es aquella en la que prevalecen los procesos reproductivos (floración, fructificación, maduración de frutos, parada del crecimiento vegetativo, etc.), mientras que una planta vegetativa, es la que muestra la sintomatología contraria.

Una planta vegetativa se caracteriza por tener hojas grandes y succulentas de color verde claro, escasa carga de flores y/o frutos, flores grandes, entrenudos largos, flexibilidad en sus estructuras, brotes vigorosos, procesos reproductivos ralentizados (como floración o maduración), raíz desarrollándose, etc.

Una planta generativa, por el contrario, viene caracterizada por entrenudos cortos, crecimiento vegetativo detenido, hojas pequeñas, quebradizas y de color verde oscuro, estructuras lignificadas, aceleramiento de los procesos reproductivos (floración y maduración), flores pequeñas, raíz en proceso de destrucción, etc.

Existen diversos parámetros que condicionan el balance generativo/vegetativo. Ver Tabla 24.

Tabla 34

Parámetros que influyen en la Relación Generativa/Vegetativa

Parámetro	Generativa	Vegetativa
Temperatura	Alta	Alta
Humedad Relativa	Baja	Alta
DPV	Alto	Bajo
Vientos	Fuertes y	Nulos
Radiación	Intensa	Baja
Densidad	Baja	Alta
Riego	Deficiente	Abundante
Salinidad	Elevada	Baja
Genética / Portainjerto	Poco	Vigorizante
Edad de la planta	Adulta	Juvenil
Poda de hojas	Severa	Escasa o Nula
Aclareo de frutos	Escaso o	Intenso
Relación N/K	Baja	Alta
Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	Alta	Baja

De esta manera, como puede apreciarse al final de la Tabla 24, existen dos parámetros que pueden regularse mediante el Fertirriego. La relación Nitrógeno/Potasio y la Relación Nitrato/Amonio. El correcto manejo de esta relación nos permitirá contrarrestar los factores (fundamentalmente ambientales) antes mencionados y adaptar el cultivo a nuestros intereses de acuerdo a la etapa fenológica en la que nos encontremos.

- Relación N/K: La explicación de por qué la relación N/K es la responsable nutricional en el balance vegetativo / generativo, radica en lo siguiente. Una planta en unas determinadas condiciones tiene un cierto rendimiento fotosintético, es decir, tiene una determinada capacidad de generar glucosa (azúcares, esqueletos carbonados). Estos azúcares poseen dos destinos, el primero de ellos servir de sustrato en el proceso respiratorio para generar energía que es almacenada y transportada fundamentalmente en forma de ATP.

Los azúcares que no son consumidos en la respiración, sirven de unidades estructurales (esqueletos carbonados) para los procesos de crecimiento y reserva de la planta. El rol fisiológico del N en este aspecto, es utilizar esos azúcares (unidades estructurales) para fabricar aminoácidos y

proteínas que constituyen la base de la formación de nuevas células, es decir, la base del crecimiento y desarrollo del vegetal.

El rol fisiológico del K en este aspecto es que estos azúcares se transporten y acumulen como reserva, es decir, acumulación de azúcares en frutos (elevación de °Brix), acumulación en forma de almidón, etc. Lógicamente si se promueve intensamente esta acumulación de azúcares como reserva, se ve detenido el crecimiento vegetativo de la planta, y se inducen los aspectos reproductivos, o sea, la planta tiende a un comportamiento generativo.

En base a la revisión bibliográfica más detallada se ha establecido, el siguiente rango para nuestros cultivos y las condiciones edafoclimáticas donde los manejamos, Ver Tabla 39:

Figura 39

Rangos de la Relación N/K

Relación	N/K
Generativa	<1,80
Media	1,80 - 2,40
Vegetativa	>2,40

- Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$: El porcentaje de N-amónico respecto a N-nítrico que defina el N total tiene gran influencia en el balance de la Relación Generativa / Vegetativa. El ion NH_4^+ es tóxico en forma libre para planta. De este modo todo ion NH_4^+ absorbido debe ser inmediatamente asimilado, combinado con azúcares procedentes de la fotosíntesis, para formar aminoácidos y proteínas, y por tanto, para inducir crecimiento vegetativo. Es decir, el N-amónico induce el efecto de desarrollo vegetativo en la planta.

• **Salinidad de la Solución Nutritiva.** La incorporación de algún fertilizante incrementa la salinidad inicial del Agua Fuente. Es importante por ello conocer el cálculo del aporte salino de cada fertilizante. Para calcular el aporte salino de los fertilizantes, se incorporan la salinidad que aportan (conductividad eléctrica o CE en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) los fertilizantes al preparar una solución de 1 gramo de fertilizante en 1 litro de agua destilada. Ver Tabla 35 Es importante considerar que este parámetro

es retroactivo al Procedimiento de Determinación de la Cantidad, Distribución y Fuentes de Nutrientes, permitiendo cambiar la fuente con el objetivo de no superar niveles de salinidad muy elevados.

Tabla 35

Salinidad aportada por cada fertilizante en una concentración de 1 g.L-1

Fertilizante	Formula	CE ($\mu\text{S/cm}$)
Nitrato de Amonio	NH_4NO_3	1 605
Sulfato de Potasio	K_2SO_4	1 596
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	830
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	641
Ácido Fosfórico	H_3PO_4	1 922
Sulfato de Manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	990
Ácido Borico	H_3BO_3	43
Sulfato de Calcio (Calmax)	$\text{CaSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	986
Nitrato de Potasio	KNO_3	1 347
Cloruro de Potasio	KCl	1 910
Ácido Nítrico	HNO_3	
Ácido Cítrico	$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COOH})_3$	
Ácido Sulfúrico	H_2SO_4	
Sulfato Doble de Potasio y Amonio (Amiorgan)	$9(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot 11((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \cdot 46(\text{H}_2\text{O})$	1 688
Monocarbamida de Potasio (Aquaharvest)	NH_2COOK	
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1 110
Nitrato de Calcio Amonio	$5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	1 256

A continuación, es preciso calcular y diseñar las soluciones nutritivas más exactas que deben recibir las plantas, para ello se toma en cuenta el aporte histórico del Agua Fuente y el aporte de los fertilizantes, logrando concentraciones nutritivas dentro de los rangos referenciales óptimos para la asimilación del cultivo de acuerdo al desarrollo fenológico y a la estrategia buscada.

Finalmente con estas concentraciones se puede calcular el nivel de salinidad final resultante del aporte del Agua Fuente PECH más el aporte de los fertilizantes. Para calcular la salinidad aportada por los fertilizantes se usan las siguientes fórmulas:

$$CE \text{ aport por fert} = \frac{CC \text{ eq de fert en SN}}{CC \text{ eq de fert en } 1 \text{ g.L}^{-1}} \times \frac{CE \text{ de fert en } 1 \text{ g.L}^{-1}}{1000}$$

$$CE \text{ total aport por los fert} = CE \text{ aport por fert}_1 + \dots + CE \text{ aport por fert}_n$$

Donde:

CE aport por fert: Conductividad eléctrica aportada por cada fertilizante en $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

CC eq de fert en SN: Concentración equivalente de cada fertilizante en la solución nutritiva en $\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$

CC de fert en $1\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$: Concentración equivalente de cada fertilizante en la solución de 1 gramo por litro en $\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$

CE de fert en $1\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$: Conductividad eléctrica de cada fertilizante en una solución de 1 gramo por litro en $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

CE total aport por los fert: Conductividad eléctrica aportada por todos los fertilizante a usarse en $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

Consideración. La concentración equivalente de los fertilizantes es igual a la concentración de los iones que aporta. Por ejemplo: la concentración equivalente del nitrato de amonio (NH_4NO_3) es igual a la concentración equivalente del nitrato (NO_3^-) y a su vez, es igual a la del amonio (NH_4^+)

Ejemplo de Cálculo: Se observa en la Tabla 36, que el agua tiene un nivel de salinidad histórico de $0,25 \mu\text{S}/\text{cm}$ y el aporte de los fertilizantes $0,37 \mu\text{S}/\text{cm}$ resultando en una salinidad final de $0.62 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabla 36

Balace químico del agua de fertirriego, aportes previstos y disolución final

Solución Nutritiva X		Agua PECH	Aportes Fertilizantes	Total	
Composición del Agua de Riego, Aportes Previstos y Disolución Final	NO ₃ ⁻	0,18	1,51	1,69	
	H ₂ PO ₄ ⁻		0,08	0,08	
	SO ₄ ⁼	1,28	0,52	1,8	
	HCO ₃ ⁻	1		1,0	
	Cl ⁻	0,26	0,54	0,8	
	NH ₄ ⁺		0,87	0,87	
	K ⁺	0,05	1,74	1,79	
	Na ⁺	0,31		0,31	
	Ca ⁺²	1,48		1,48	
	Mg ⁺²	0,49		0,49	
	Relación (NH ₄ ⁺ + NO ₃ ⁻)/K ⁺				0
	CE (μS/cm)		0,25	0,37	0,62
	pH		7,72		7,72
meq/L H ⁺ para Neutralizar HCO ₃ ⁻			0,06	0,06	

• De esta forma, se verifica que el nivel de salinidad no llegue a ser mayor de 1.00 μS/cm en la solución de los goteros

Distribución de la Solución Nutritiva. La fenología del cultivo establecida en el Procedimiento de Determinación de la Cantidad, Distribución y Fuentes de Nutrientes, origina una distribución de las concentraciones y relaciones iónicas de cada nutriente y también de otros iones y de la misma salinidad derivada de la mezcla de todos los nutrientes en una solución nutritiva, tal como se realiza para la distribución de nutrientes en unidades. Ver Figuras del 38 al 48.

Soluciones Nutritivas

Ejemplo de Soluciones Nutritivas (meq/L)

Figura 40

Distribución de las Concentraciones (Amonio + Nitrato) y relaciones iónicas (Relación Nitrato/Amonio) del Nitrógeno en Palto Hass.

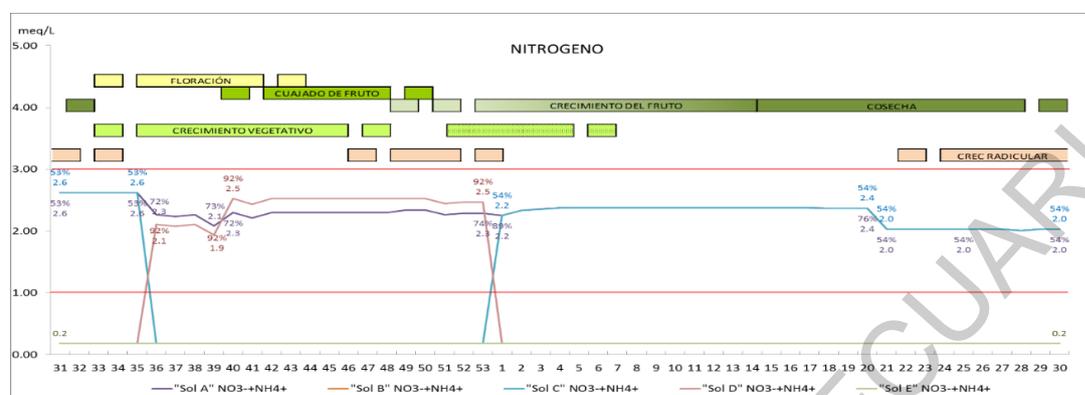


Figura 41

Distribución de las Concentraciones de Potasio en Palto Hass

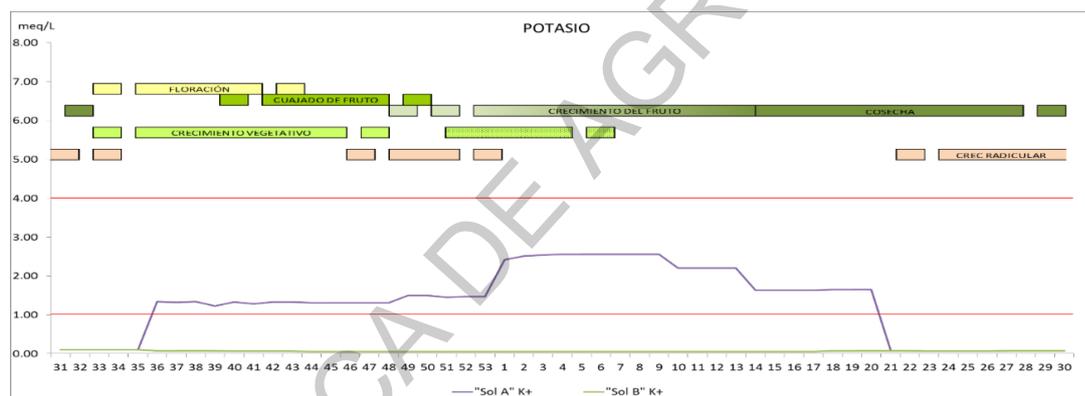


Figura 42

Distribución de la Relación Iónica Nitrógeno/Potasio en Palto Hass

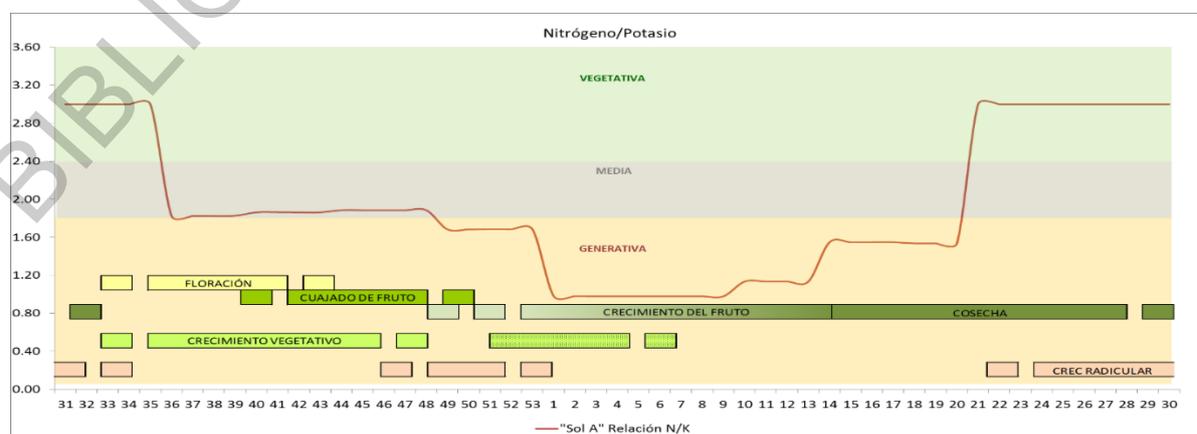


Figura 43

Distribución de las Concentraciones (Fosfato) de Fósforo en Palto Hass.

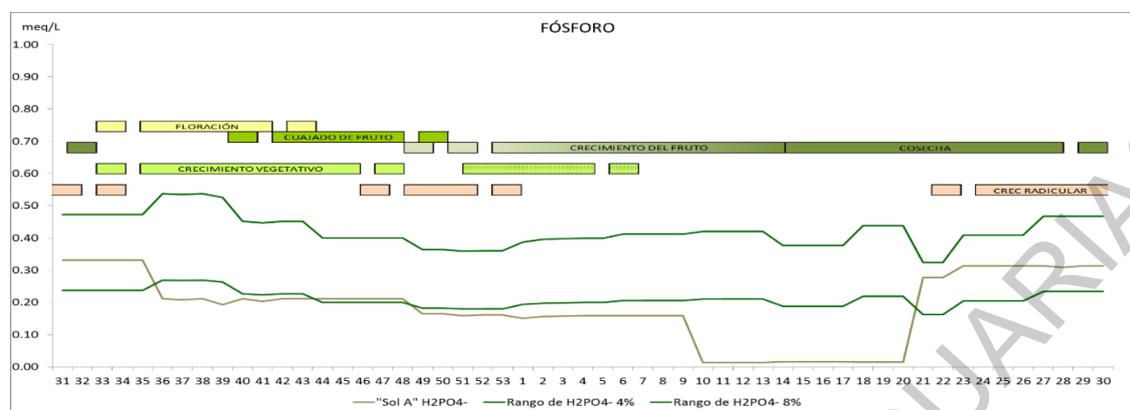


Figura 44

*Distribución de las Concentraciones de Calcio en Palto Hass. *Condiciones del PECH*

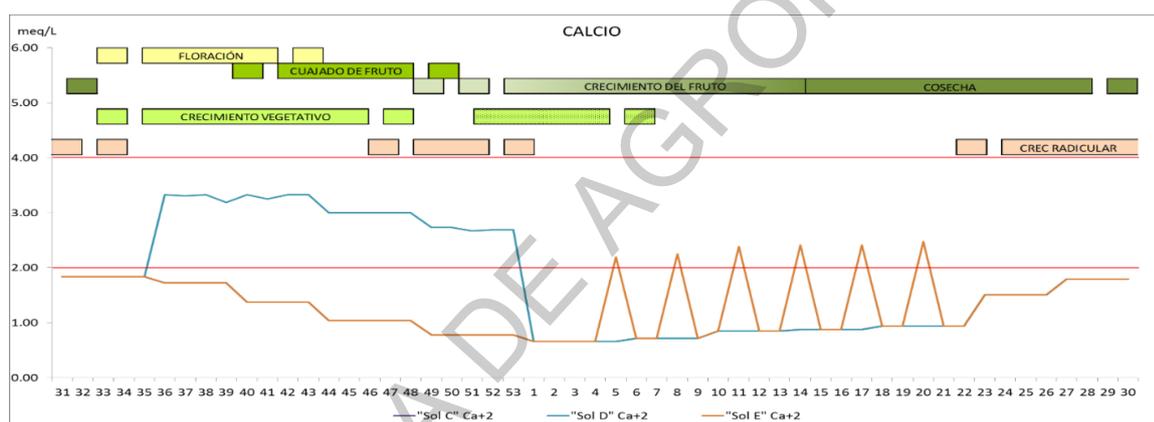


Figura 45

*Distribución de las Concentraciones (Sulfato) de Azufre en Palto Hass. *Condiciones del PECH*

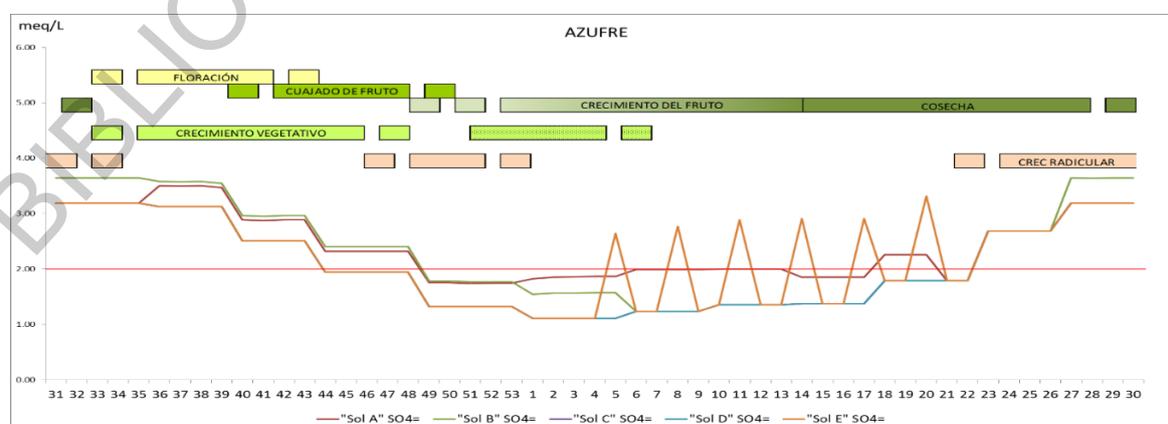


Figura 46

*Distribución de las Concentraciones (Cloruro) de Cloro en Palto Hass. *Condiciones del PECH*

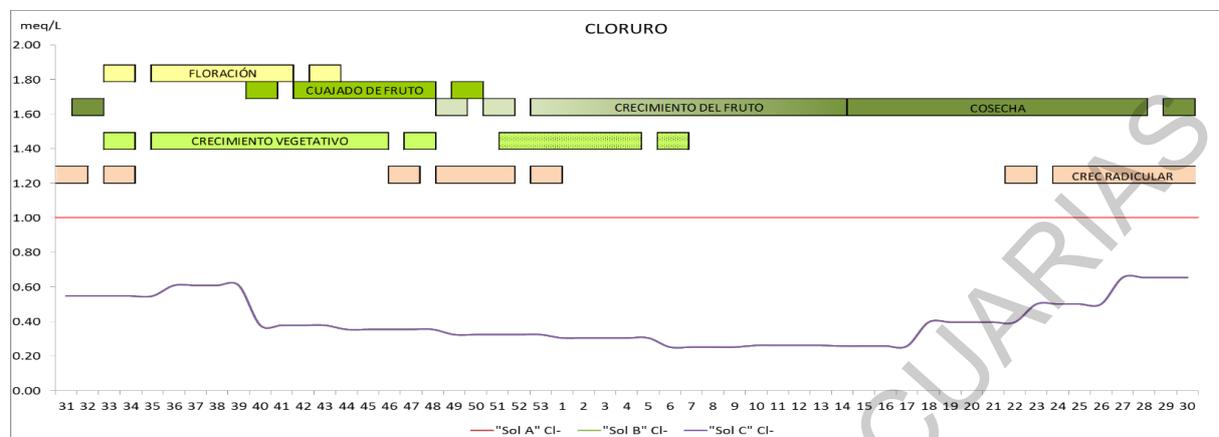


Figura 47

*Distribución de las Concentraciones de Bicarbonato en Palto Hass. *Condiciones del PECH*

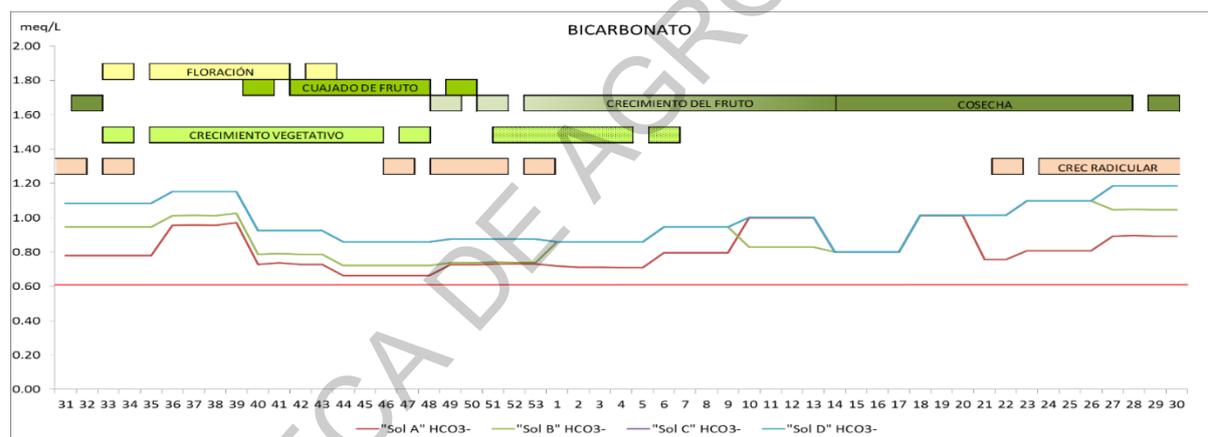


Figura 48

*Distribución de las Concentraciones de Zinc en Palto Hass. *Condiciones del PECH*

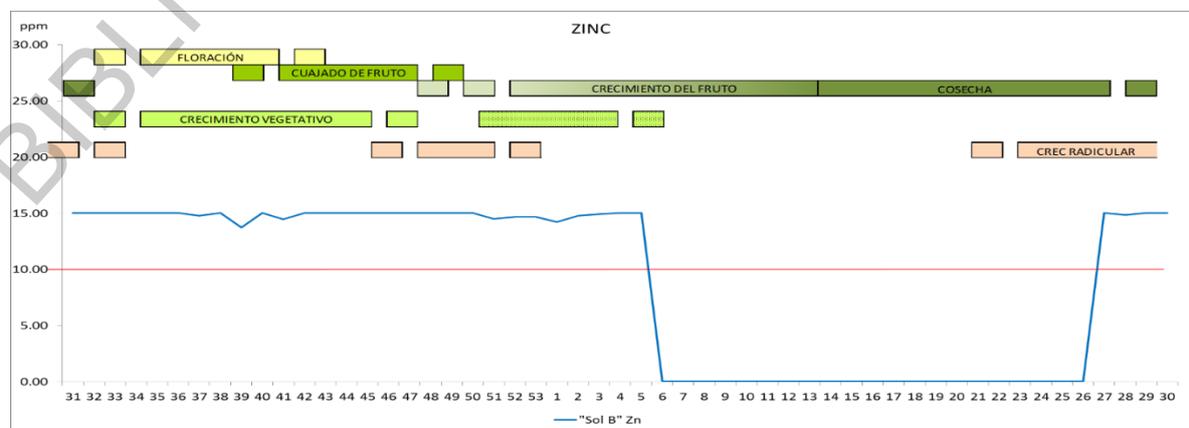
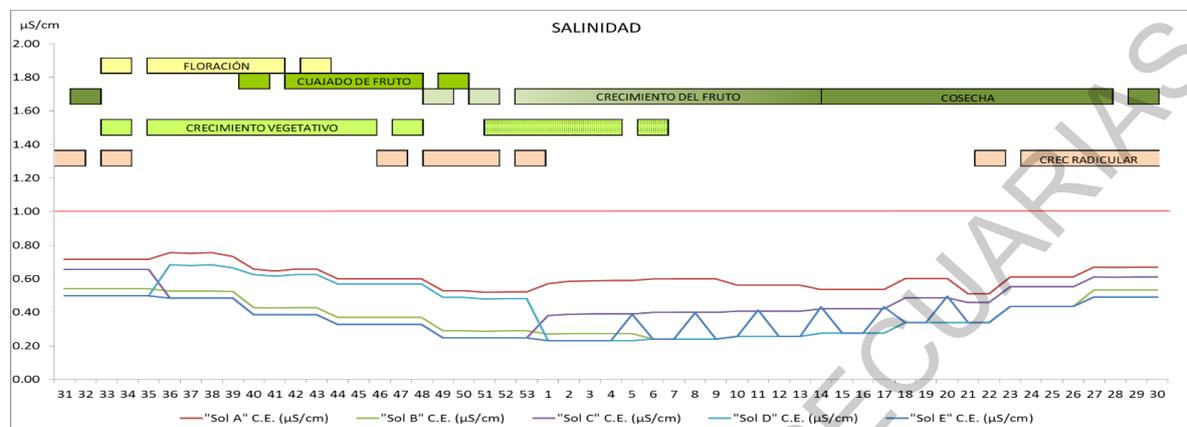


Figura 49

Distribución de las Conductividad Eléctrica (Salinidad) en la Soluciones Nutritivas en Palto Hass.

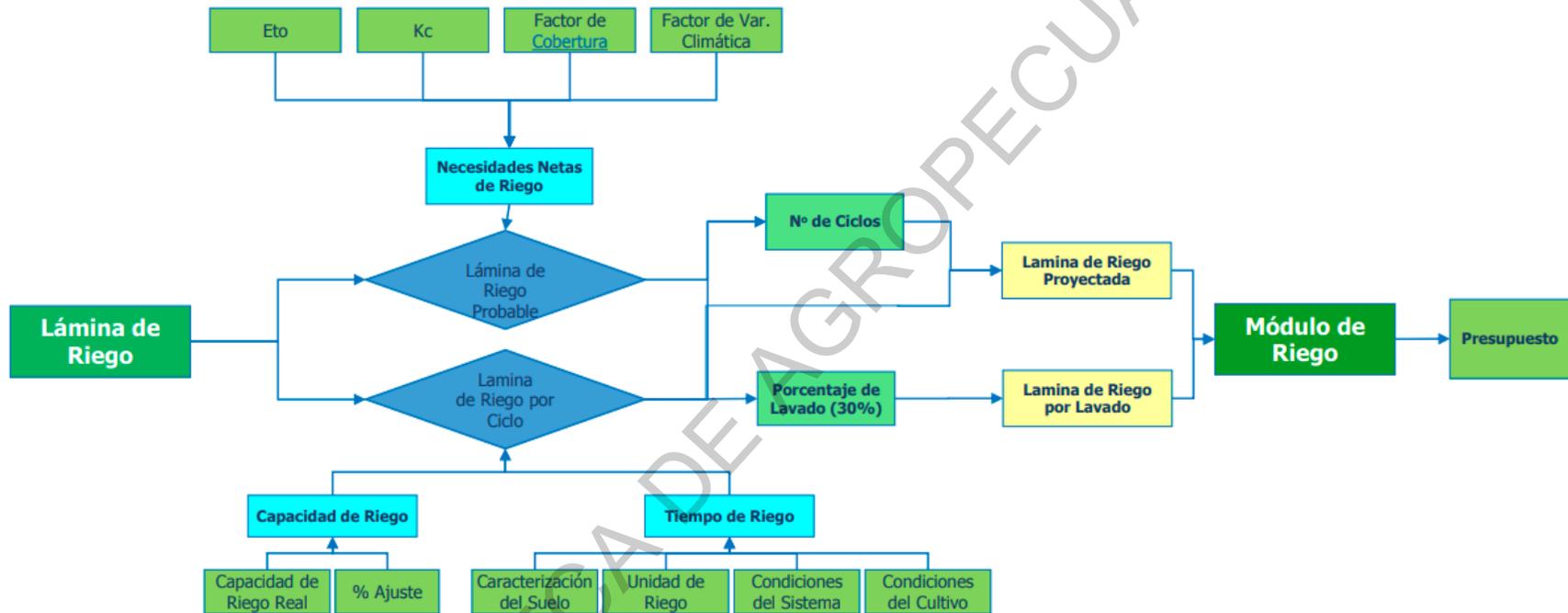
**Condiciones del PECH*



4.3.3 Determinación de la lámina y módulo de riego

Figura 50

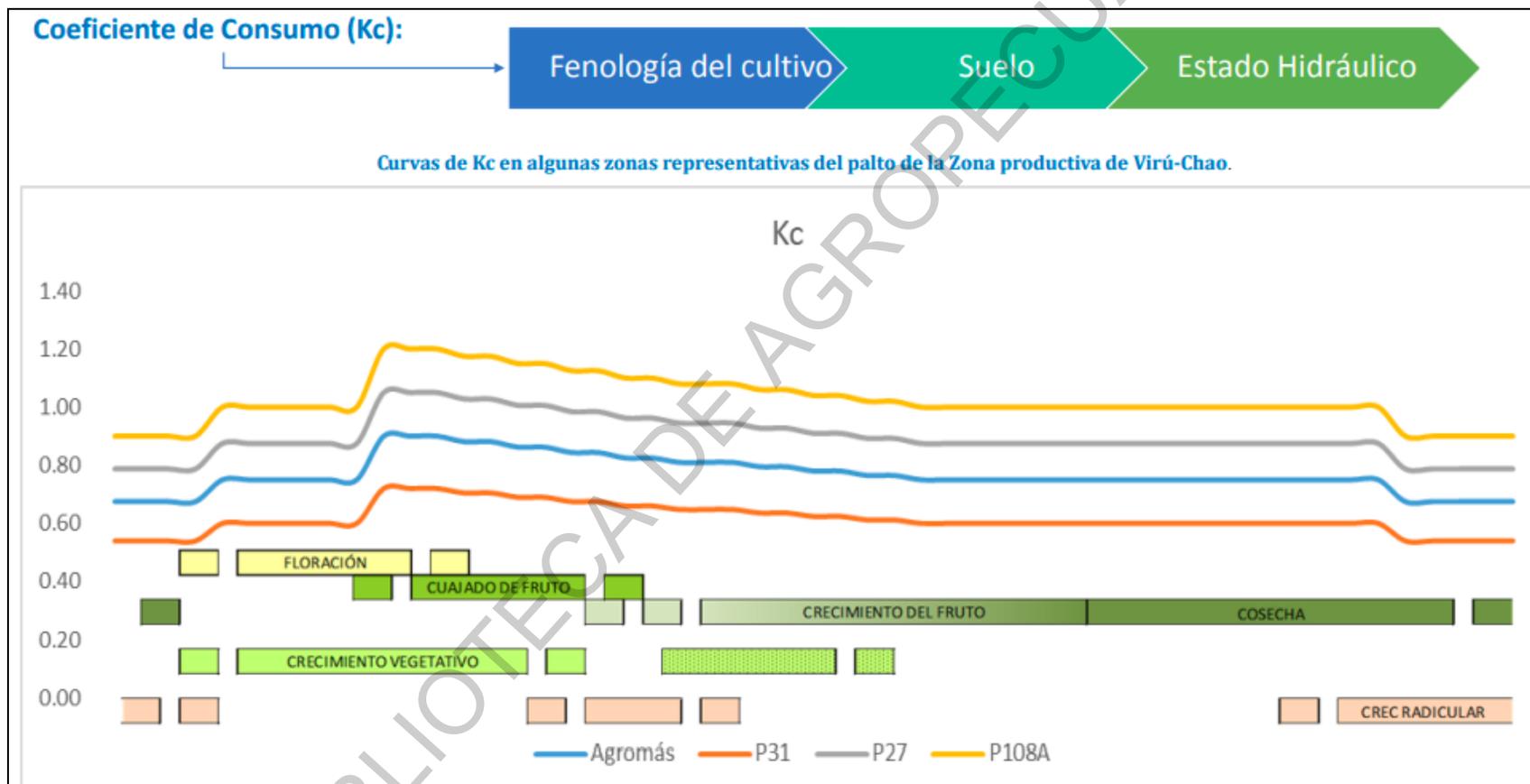
Determinación de la lámina y módulo de riego



Coefficiente de Consumo (Kc)

Figura 51

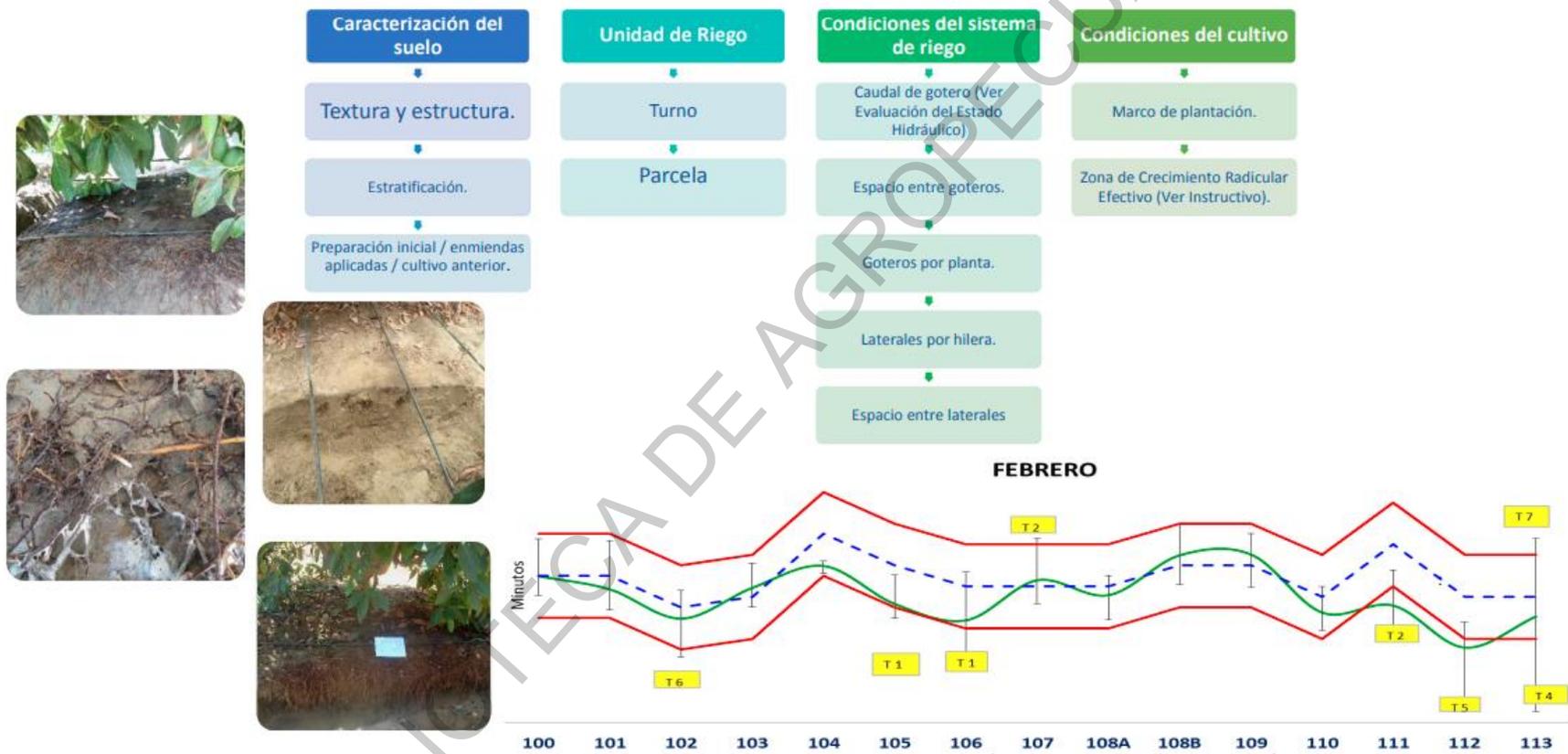
Coefficiente de consumo



Tiempo de riego

Figura 52

Tiempo de riego



4.4. Monitoreo de campo

Evaluación de Raíces

La evaluación es por lote. Evaluar todos los lotes de cada parcela

Ubicar dos puntos por lote en donde se ubiquen dos plantas contiguas que sean representativas*.

*Plantas representativas: aquellas cuyas condiciones visuales (grado de foliación, estructura, tamaño, color, carga de frutos, etc.) sean como la mayoría del lote. Que el espacio de suelo en donde se desarrolla, tenga las mismas condiciones que el de la mayoría de las plantas del lote (mulch, desniveles, textura, color, etc.). Y que las características y ubicación de sus mangueras, también sean como en la de la mayoría de plantas del lote.

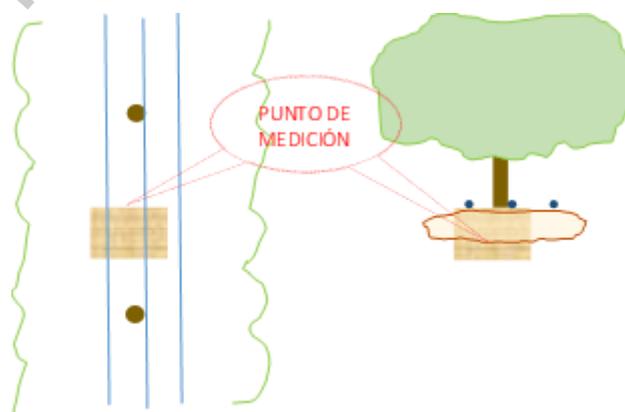
De preferencia los dos puntos deben estar bien distribuidos en el lote.

Profundidad de Raíces. Esta evaluación se hace solo una vez por año.

Cavar una calicata (1m de largo x 0.8m de ancho x 0.8m de profundidad) en cada uno de los dos puntos por lote (dos calicatas por lote). Estas deberán ser ubicadas como se muestra en la imagen. EL punto de medición considera que la profundidad de raíces se mida en la zona en donde esta sea la menor o la más crítica, que se da en la zona más alejada de la planta (centro entre dos plantas) y en la zona de traslape de bulbos de los goteros.

Figura 53

Puntos de medición



Una vez que se alcanzó la profundidad de 0.8m, a la altura del punto de medición, escarbar de abajo hacia arriba hasta alcanzar las raíces más profundas, tomar la distancia entre la raíz más profunda y el nivel del suelo y anotar en la libreta de campo.

Figura 54

Profundidad de raíces



Promediar las dos medidas de profundidad (de los dos puntos por lote de las dos calicatas) y considerarlo como la profundidad de raíces de ese lote.

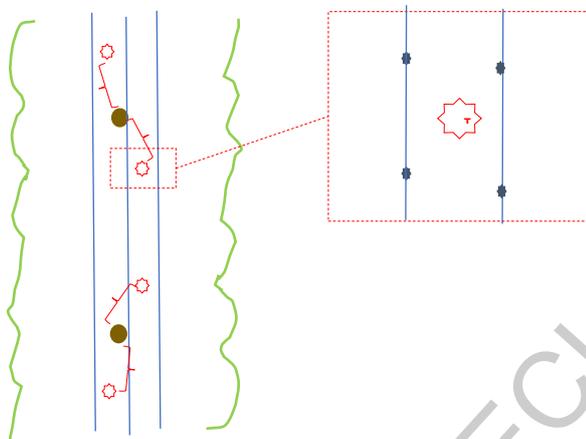
Densidad de Raíces. Esta evaluación se hace antes y después de cada flujo radicular y cada vez que se ensayan mejoras en el desarrollo radicular. Las fechas para estas evaluaciones serán en mayo, agosto, noviembre y febrero.

En cada una de las plantas de los dos puntos por lote (4 plantas, 2 plantas por punto), tomar 2 sub muestras. Esto hace que por lote se tengan 8 sub muestras.

La ubicación para la colección de cada sub muestras será en la zona de traslape de bulbos a 1m (aprox.) de distancia del tronco.

Figura 55

Colección de las submuestras



Para la colectar de la muestra, usar el muestreado tal como se muestra en la figura. Primero se debe limpiar la zona, inclusive algo de suelo. Luego, introducir el “muestreador de densidad” (girándolo) hasta una profundidad de 0.2m.

Figura 56

Recolección de las muestras



Colectar en volumen de las 8 sub muestras en una sola bolsa o costal y llevarlos a la zona de evaluación.

En la zona de evaluación. Pesar el volumen de suelo total húmedo y anotar en la libreta.

Lavar todo el suelo hasta dejar solo las raíces de palto existentes en la muestra.

Seleccionar las raíces en nuevas, suberizadas y turba.

Pesar por separado las raíces nuevas, las suberizadas y la turba y anotar en la libreta

En una PC:

Transcribir la información colectada en las libretas de campo en un archivo Excel “Prof

Dens_Raices”, y en este:

Calcular la densidad de raíces por lote (g/m^3). El volumen de suelo es del muestreador (considerando 0.2m de largo) por el número de sub muestras (8). Considerar detallar densidad de raíces nuevas, suberizadas, de la turba y el total.

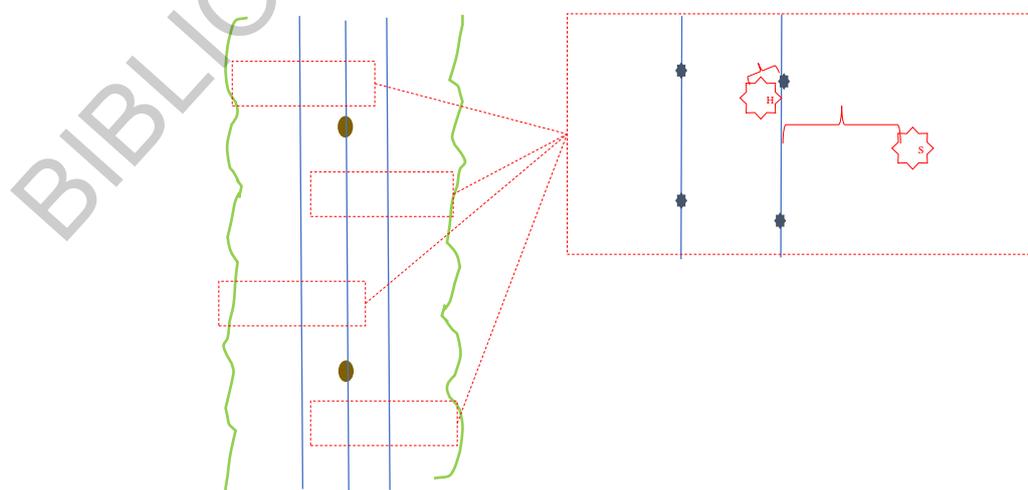
pH y CE de suelos. EL objetivo de esta evaluación o monitoreo, es conducir y mantener en condiciones óptimas de pH y salinidad a la franja húmeda, por lo que es importante que se haga con una frecuencia mensual.

En cada una de las plantas de los dos puntos por lote (4 plantas, 2 plantas por punto), tomar 2 sub muestras para la zona húmeda y 2 para las zona salina. Esto hace que por lote se tengan 8 sub muestras para cada zona.

La ubicación del punto de muestreo de la zona húmeda a 0.1m del gotero (en cualquier dirección a la redonda); y el punto de muestreo de la zona salina es a 0.7 de la manguera de un lado exterior a la altura del centro entre goteros.

Figura 57

Ubicación del punto de muestreo



Para la colectar de la muestra, usar el muestreador de imagen seguida. Para evitar contaminación entre muestras, se debe contar con dos muestreadores, uno para usar en el muestreo de la zona salina y uno para la zona húmeda.

Primero se debe limpiar la zona, inclusive algo de suelo. Luego, introducir el “muestreador de pH y CE”, empujándolo hasta una profundidad de 0.2m.

Figura 58

Colección de la muestra de suelo



Juntar el volumen de las 8 sub muestras en una solo bolsa nueva de plástico, combinar bien el suelo y llevar la muestra (compuesta) al laboratorio para su análisis. Serán dos muestras por lote, una de la zona húmeda y la otra de la zona salina.

Antes de iniciar el muestreo de otro lote, lavar bien los muestreadores.

En una PC:

Transcribir la información generada en el laboratorio en el archivo Excel “pH_CE_Suelos”

Solución Fertirriego (SFR) (Agua de riego más fertilizantes diluidos). En nuestro fertirriego, se ejecutan varias SFRs en diferentes días y con diferentes fertilizantes diluidos, por ejemplo hay semanas que en 4 días se fertirriega con NPK y en los otros 3, ME. La evaluación o monitoreo de las SFRs debe considerar el seguimiento de cada una de estas por separado.

Se evalúan 2 lotes por turno, el lejano* y el cercano*.

***Lote lejano:** Aquel lote del turno en donde al flujo de agua y SFR tiene más recorrido que a los demás.

***Lote cercano:** Aquel lote del turno en donde al flujo de agua y SFR tiene menos recorrido que a los demás de su propio turno.

Habilitar depósitos para la colección de muestras. Deben tener una capacidad mínima de 4 L. Estos depósitos deben estar diseñados para poder captar el agua de todo el riego de un gotero.

Debido a que existe una distribución del agua y el SFR dentro de un lote, a este se le separa en 6 cuadrantes con la finalidad de coleccionar una muestra representativa de cada uno.

Ubicar de los depósitos en una zona representativa de cada cuadrante. Asegurar que el gotero del cual se capta tenga un caudal promedio del resto.

Figura 59

Ubicación de los depósitos



Colección de muestra:

Lavar los depósitos.

Esperar que termine el o los ciclos de riego sin fertilizantes, luego instalar los depósitos y taparlos para evitar contaminación. Se asume que el siguiente ciclo es con SFR.

Esperar hasta que terminen el o los ciclos con SFR para desinstalar los depósitos y coleccionar la muestra de SFR.

Para coleccionar las muestras de SFR de los depósitos, previamente, se debe tener una botella de vidrio de medio litro bien lavada y rotulada para cada lote.

La botella se llenará con 83ml de cada uno de los seis depósitos (sub muestras), de manera que se procure llenar la botella totalmente (500 entre 6 es 83). Utilizar una pipeta graduada para coleccionar las sub muestras (se puede utilizar la misma pipeta de 50ml que los regadores utilizan para el aforo de goteros)

Llevar las muestras al laboratorio de campo para ser analizadas.

En una PC:

Transcribir la información generada en el laboratorio en el archivo Excel “SFR”, y en este, además de especificar la parcela y el lote, también colocar la fecha y el tipo de SFR con el que se fertirregó el día del muestreo.

BIBLIOTECA DE AGROPECUARIAS

V. Conclusiones

La solución madre es la materia prima en el fertirriego, que consiste en la disolución de las fuentes de nutrientes establecidos; es decir, los fertilizantes en un volumen determinado de agua de riego. Esta solución es la matriz de donde parte la aplicación de nutrientes. Debe haber interacción entre nutrientes, compatibilidad de las fuentes, así como parámetros derivados como días de aplicación, solubilidad y ratio de inyección.

La inyección de la solución madre en el volumen de agua en el cuál se fertiliza deriva en la formación de una Solución Nutritiva que es aplicada a través de los goteros y entra en contacto con el cultivo en la zona de crecimiento radicular efectivo.

Los iones que demandan las raíces deben estar en completo equilibrio y balance de acuerdo al estado fenológico de la planta, de esta manera los investigadores en Fertirriego han establecido a través de la experimentación relaciones entre nutrientes, principalmente relacionando este balance a dos tipologías distintas: Balance Generativo: Prevalcen los procesos reproductivos (floración, fructificación, maduración de frutos), Balance Vegetativo: Es la que muestra la sintomatología contraria.

La incorporación de algún fertilizante incrementa la salinidad inicial del Agua Fuente. Es importante por ello conocer el cálculo del aporte salino de cada fertilizante.

En la determinación de la cantidad, distribución y cantidad de nutrientes, se debe tomar en cuenta los aportes del Agua y Suelo, fenología del Palto, distribución de principales Nutriente, mitigar efectos Adversos del Clima, así como también los parámetros edáficos pH y alcalinidad (Caliza) Salinidad M.O Balance Catiónico.

En el fertirriego se debe tener en cuenta los parámetros químicos del Agua Fuente, pH Salinidad, Nivel de sodio, contenido de Bicarbonatos Cloruros y Boro

VI. Recomendaciones

Para la muestra y análisis de la solución del suelo, conviene utilizar sondas de succión para la colección de la muestra de los extractos saturados, especificar análisis a solución nutritiva y del suelo

Asumiremos que el suelo estará bien regado o en óptimas condiciones de humedad o no tiene condiciones de falta de oxigenación, concentraciones de dióxido de carbono (condiciones de alta saturación de agua y aireación insuficiente), las raíces del aguacate sufren de una deficiencia de oxígeno y de alta Concentraciones de dióxido de carbono y otros productos.

Un contenido excesivo de calcio en el suelo puede obstaculizar la absorción de otros nutrientes importantes, incluyendo potasio, magnesio y boro, que tienen un efecto significativo en La calidad de los frutos. Los fertilizantes que se seleccionen deben ayudar que el suelo llegue a estos niveles .pero si el arena no tiene capacidad tampón?

El análisis de las características o condiciones del suelo, permite especular sobre su interacción con la solución nutritiva y ayuda a discernir sobre las fuentes o fertilizantes a usar.

VII. Referencias

- AGROBANCO. (2013). *.Guía técnica. Fertilización en el cultivo de palto*. Obtenido de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/031-g-palto.pdf>
- AGRONOTICIAS. (04 de Diciembre de 2021). Obtenido de
- Ankerman, D. y Large, R. (s/f). *“Soil and Plant Analysis”* A&L Agricultural Laboratorios.
- Arias, J. (1978) *“Evaluación del fósforo disponible en algunos suelos agrícolas de las provincias de La Mar, Huanta, Cangallo y Huamanga del departamento de Ayacucho”* (Tesis). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Castellanos, J. (s.f.). *Nutrición de cultivos bajo sistemas de fertirrigación*. Obtenido de
- Domínguez, A. (1978). *“Abonos Minerales”*. Publicaciones de extensión agraria. 5ta edición. Madrid. España.
- Donahue, R., Miller, R. y Shickluna, C. (1981). *“Introducción a los suelos y al crecimiento de la planta”*. Ed. Prentice-Hall-Internacional. Colombia.
- Flores Hernández, A. 2017. Manejo de Agua y Fertirriego en Aguacate. Monografía para obtener el título de Ingeniero agrónomo en irrigación. UNIVERSIDAD AUTNOMA AGRARIA (uaaan.mx)
- Gagos et al. (2020). Efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicados por fertirriego en las variables de crecimiento y concentración de macro y micronutrientes en plantas de aguacate (Persea americana Mill.) Var. HASS. Revista Científica Ecuatoriana, 7(2). <https://doi.org/10.36331/revista.v7i2.104>
- García, R. (2021). *Fertirrigación en tomate indeterminado (Solanum lycopersicum L.) para semilla comercial, bajo condiciones de turba y casa malla Villacurí, Ica*. Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de Ingeniero Agrícola, Perú. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4910/garcia-chate-raul.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hauser, F. (1980). *“Interpretación de los análisis al formular recomendaciones sobre fertilizantes”*. Ediciones de la FAO. Roma.

<http://www.ipni.net/publication/ia->

[lahp.nsf/0/C8316E0F330333DA852579A3007A3348/\\$FILE/Nutrici%C3%B3n%20de%20cultivos.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C8316E0F330333DA852579A3007A3348/$FILE/Nutrici%C3%B3n%20de%20cultivos.pdf)

<https://agronoticias.pe/agronoticias/fertirriego-y-nutricion-en-el-cultivo-de-palto/>

INTAGRI. (Enero de 2019). *Importancia del fertirriego en la tecnificación de cultivos*. Obtenido de

<https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/importancia-del-fertirriego-en-la-tecnificacion-de-cultivos>

Lao Olivares, C. (2013). Fertilización en el cultivo de palto. Agrobanco. Guía técnica. 031-g-palto.pdf (agrobanco.com.pe)

Menphis. Tennessee, EUA.

REDAGRÍCOLA. (25 de Setiembre de 2018). *Camposol, un mar verde y azul en La Libertad*. Obtenido de <https://www.redagricola.com/pe/camposol-un-mar-verde-y-azul-en-la-libertad/>

Tineo, A. (1999). *Manual de interpretación agronómica de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes*. FCA-UNSCH. Ayacucho, Perú. 33 p.

Tineo, J. (2017). *Manejo del cultivo de palto en valles interandinos de Perú*. EEA Canaán, INIA. Ayacucho, Perú. 30 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

DECLARACIÓN JURADA

Los AUTORES suscritos en el presente documento DECLARAMOS BAJO JURAMENTO que somos los responsables legales de la calidad y originalidad del contenido del Proyecto de de Suficiencia Profesional, así como, del Informe de Suficiencia Profesional-Experiencia Profesional realizado.

TITULO:

Manejo de fertirriego en el cultivo de palta (*Persea americana*) Var. Hass. en la empresa Agroindustrial Camposol. Perú-Colombia.2022

PROYECTO DE INVESTIGACIÓNINFORME FINAL DE
INVESTIGACION CIENTIFICACIENTIFICA

PROY DE TRABAJO DE INVESTIGACION (PREGRADO)	()	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)	()
PROYECTO DE TESIS PREGRADO	()	TESIS PREGRADO	(X)
PROYECTO DE TESIS MAESTRIA	()	TESIS MAESTRÍA	()
PROYECTO DE TESIS DOCTORADO	()	TESIS DOCTORADO	()

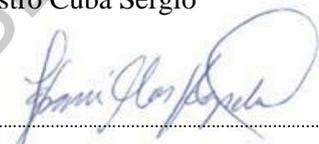
Equipo Investigador Integrado por:

N°	Apellidos y Nombres	Facultad	Departamento Académico	Categoría Docente Asesor	Código Docente Asesor Número Matrícula del Estudiante	Autor Coautor asesor
01	Castro Cuba Sergio	Ciencias Agropecuarias	Ciencias Agroindustriales	----	025230500	Autor
02	MSc. Carlos Cabanillas Agreda	Ciencias Agropecuarias	Ciencias Agroindustriales	----	6288	Asesor

Trujillo, 26 de octubre de 2022


.....
Castro Cuba Sergio

DNI 41528301


.....
MSc. Cabanillas Agreda, Carlos

DNI 80247224

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACION EN REPOSITORIO DIGITAL RENATI-SUNEDU

Trujillo, 26_de octubre de 2022

Los autores suscritos del INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

Titulado:

Manejo de fertirriego en el cultivo de palta (*Persea americana*) Var. Hass. en la empresa Agroindustrial Camposol. Perú-Colombia.2022**AUTORIZAMOS** SU PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL, REPOSITORIO RENATI-SUNEDU, ALICIA-CONCYTEC, CON EL SIGUIENTE TIPO DE ACCESO:

- A. Acceso Abierto: (datos del autor y resumen del trabajo)
 B. Acceso Restringido
 C. No autorizo su Publicación

Si eligió la opción restringido o NO autoriza su publicación sírvase justificar _____

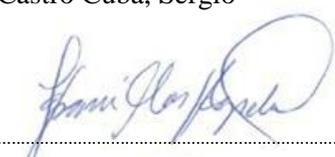
ESTUDIANTES DE PREGRADO: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS
 ESTUDIANTES DE POSTGRADO: TESIS MAESTRIA TESIS DOCTORADO
 DOCENTES: INFORME DE INVESTIGACION OTROS

El equipo investigador Integrado por:

Nº	Apellidos y Nombres	Facultad	CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, EMÉRITO, estudiante, OTROS)	Código Docente Número Matrícula del Estudiante	Autor Coautor asesor
01	Castro Cuba Sergio Manuel	Ciencias Agropecuarias	----		Autor
02	MSc. Cabanillas Agreda Carlos Alberto	Ciencias Agropecuarias	-----	6288	Asesor


 Castro Cuba, Sergio

DNI 41528301


 MSc. Carlos Cabanillas Agreda

DNI 80247224