

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“PRINCIPALES LABORES DE CAMPO DEL CULTIVO DE
GRANADO (*Punica granatum*) CON ÉNFASIS EN LA
FERTIRRIGACIÓN”**

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

MIGUEL ENRIQUE CARMONA OCHOA

LIMA - PERÚ







2024

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

Document Information

| | |
|-------------------|---|
| Analyzed document | Monografía _ Miguel Carmona _ TSP (1).docx (D173209594) |
| Submitted | 2023-08-29 03:57:00 |
| Submitted by | Pedro Pablo Gutierrez Vilchez |
| Submitter email | pgutierrez@lamolina.edu.pe |
| Similarity | 3% |
| Analysis address | pgutierrez.unalm@analysis.arkund.com |

Sources included in the report

| | | | |
|-----------|--|---|---|
| W | URL: https://adegua.com/wp-content/uploads/2013/05/GRANADO-HIGUERA-PABLO-MELGAREJO.pdf Fetched: 2021-11-13 17:40:06 |  | 1 |
| W | URL: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_granado.asp Fetched: 2020-03-14 13:12:16 |  | 1 |
| W | URL: https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/01/04/manual-basico-para-el-cultivo-del-granado/ Fetched: 2020-12-23 02:36:15 |  | 2 |
| W | URL: https://www.slideshare.net/HernanRojas23/manual-de-riegoparapaltosycitricos Fetched: 2022-07-14 22:37:50 |  | 1 |
| SA | Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP ELENA VEGA.docx Document TSP ELENA VEGA.docx (D141757505) Submitted by: pgutierrez@lamolina.edu.pe Receiver: pgutierrez.unalm@analysis.arkund.com |  | 1 |
| SA | CORRECCION FINAL CAJAMARCA.pdf Document CORRECCION FINAL CAJAMARCA.pdf (D126796357) |  | 1 |

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMÍA

"Principales labores de campo del cultivo de granado, con énfasis en la fertirrigación".

Presentado por: MIGUEL ENRIQUE CARMONA OCHOA.

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de: INGENIERO AGRÓNOMO

Ica, Perú 2021 ÍNDICE GENERAL I. INTRODUCCIÓN 1 II. OBJETIVO 2 III. REVISIÓN DE LITERATURA 3 3.1. Origen y Sistemática 3 3.2. Morfología 4 3.2.1. Raíz 4 3.2.2. Tallo 4 3.2.3. Yemas 4 3.2.4. Hojas 4 3.2.5. Flores 5 3.2.6. Frutos 5 3.3. Clima, Suelo y Agua del Granado 6 3.4. Fisiopatías del Fruto del Granado 7 3.4.1. Agrietado o rajado de fruto 7 3.4.2. Rameo o russet 7 3.4.3. Albardado o golpe de sol. 7 3.5. Riego y Fertilización. 9 3.5.1. Evapotranspiración y coeficiente o factor de cultivo 10 3.5.2. Riego por goteo 10 3.5.3. Programación de riegos. 10 3.5.4. Control de la eficiencia del riego. 11 3.5.5. Fertirrigación 12 3.5.6. Salinidad 13 3.5.7. Consideraciones al momento de elegir los fertilizantes a usar en la fertirrigación. 14 15 3.5.8. Programación y dosificación de la fertilización. 15

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“PRINCIPALES LABORES DE CAMPO DEL CULTIVO DE GRANADO
(*Punica granatum*) CON ÉNFASIS EN LA FERTIRRIGACIÓN”**

MIGUEL ENRIQUE CARMONA OCHOA

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Pedro Gutiérrez Vílchez
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
MIEMBRO

Dr. Oscar Loli Figueroa
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2024

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|--------|--|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 | PROBLEMÁTICA..... | 1 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 2 |
| II. | REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 | ORIGEN Y SISTEMÁTICA..... | 3 |
| 2.2 | MORFOLOGÍA | 4 |
| 2.2.1 | Raíz..... | 4 |
| 2.2.2 | Tallo..... | 4 |
| 2.2.3 | Yemas | 4 |
| 2.2.4 | Hojas..... | 4 |
| 2.2.5 | Flores | 5 |
| 2.2.6 | Frutos..... | 5 |
| 2.3 | CLIMA, SUELO Y AGUA DEL GRANADO..... | 6 |
| 2.4 | FISIOPATÍAS DEL FRUTO DEL GRANADO | 7 |
| 2.4.1 | Agrietado o rajado de fruto | 7 |
| 2.4.2 | Rameo o russet..... | 7 |
| 2.4.3 | Albardado o golpe de sol. | 8 |
| 2.5 | RIEGO Y FERTILIZACIÓN | 10 |
| 2.5.1 | Evapotranspiración y coeficiente o factor de cultivo | 10 |
| 2.5.2 | Riego por goteo..... | 10 |
| 2.5.3 | Programación de riegos..... | 11 |
| 2.5.4 | Control de la eficiencia del riego | 11 |
| 2.5.5 | Fertirrigación | 13 |
| 2.5.6 | Salinidad | 14 |
| 2.5.7 | Consideraciones al momento de elegir los fertilizantes a usar en la fertirrigación | 14 |
| 2.5.8 | Programación y dosificación de la fertilización..... | 16 |
| III. | DESARROLLO DEL TRABAJO | 17 |
| 3.1. | DATOS DEL LUGAR DE PRODUCCIÓN | 17 |
| 3.1.1. | Ubicación | 17 |
| 3.1.2. | Clima..... | 18 |
| 3.1.3. | Suelo | 18 |
| 3.1.4. | Agua..... | 19 |

| | |
|--|----|
| 3.2. PRINCIPALES LABORES DE CAMPO | 20 |
| 3.2.1. Poda y amarre de ramas..... | 20 |
| 3.2.2. Penduleo de fruta..... | 22 |
| 3.2.3. Limpieza de fruta..... | 23 |
| 3.2.4. Empapelado de fruta..... | 24 |
| 3.2.5. Manejo de canopia..... | 25 |
| 3.2.6. Cosecha | 27 |
| 3.3. RIEGO | 29 |
| 3.3.1. Diseño del sistema de riego. | 29 |
| 3.3.2. Proceso de riego. | 31 |
| 3.3.3. Consideraciones en la determinación del riego..... | 31 |
| 3.3.4. Importancia del riego para el cultivo de granado..... | 35 |
| 3.4. FERTILIZACIÓN | 37 |
| 3.4.1. Elementos del sistema de fertilización..... | 37 |
| 3.4.2. Consideraciones en la determinación del programa y metodología de | 39 |
| 3.4.3. Proceso de inyección del fertilizante. | 42 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 46 |
| V. CONCLUSIONES | 48 |
| VI. RECOMENDACIONES. | 50 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA..... | 51 |
| ANEXOS | 53 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Estado del suelo según la lectura del tensiómetro | 13 |
| Tabla 2. Solubilidad de fertilizantes (g/L)..... | 15 |
| Tabla 3. Datos meteorológicos de la pampa de Villacurí..... | 18 |
| Tabla 4. Medición de tensiómetro por fecha | 34 |
| Tabla 5. Unidades por estado fenológico de los principales elementos nutricionales usados en la empresa | 40 |
| Tabla 6. Distribución en porcentaje de las unidades usadas por estado fenológico en la empresa..... | 41 |
| Tabla 7. Ley de los principales fertilizantes usados en la empresa | 41 |
| Tabla 8. Costo de los fertilizantes usados en la empresa | 42 |
| Tabla 9. Solubilidad y fraccionamiento de los fertilizante usados en la empresa | 43 |
| Tabla 10. Mezclas de fertilizante por tanque de fertilización..... | 44 |
| Tabla 11. Caudales necesarios para inyectar la mezcla de fertilizantes por tanque | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Compatibilidad entre algunos fertilizantes..... | 16 |
| Figura 2. Imagen satelital y coordenadas de la empresa. | 17 |
| Figura 3. Campo podado y amarrado. | 21 |
| Figura 4. Fruta penduleada y llevada a la sombra | 22 |
| Figura 5. Fruto que necesita limpieza o eliminación de ramas a su alrededor | 24 |
| Figura 6. Frutos empapelados..... | 25 |
| Figura 7. Planta sin desbrotar | 26 |
| Figura 8. Planta desbrozada | 26 |
| Figura 9. Cosecha | 28 |
| Figura 10. Fruta cosechada..... | 28 |
| Figura 11. Bomba de succión y filtro del cabezal de riego | 29 |
| Figura 12. Válvula de riego del campo..... | 30 |
| Figura 13. Curvas de humedad registradas por las sondas de capacitancia | 33 |
| Figura 14. Medición de tensiómetro de 45 cm de profundidad..... | 33 |
| Figura 15. Evaluación de calicatas | 34 |
| Figura 16. Índice de Vegetación del Campo de Granado y Niveles de NDVI..... | 37 |
| Figura 17. Bomba de fertilización, filtro y caudalímetro | 38 |
| Figura 18. Tanques de fertilización | 38 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Análisis de Suelo. | 53 |
| Anexo 2. Análisis de agua | 55 |
| Anexo 3. Análisis nutricional de hojas | 56 |

RESUMEN

El granado es un cultivo noble que puede ofrecer importantes rentabilidades al agricultor, pero que requiere de ciertos recursos, en determinadas cantidades y con un mínimo de calidad aceptable. Tal es el caso del agua de riego e insumos agrícolas como fertilizantes y demás agroquímicos, los cuáles deben ser incorporados al cultivo de forma oportuna y en las dosis o concentraciones adecuadas. En la empresa Agrícola Huarmey se posee agua de baja calidad debido a la alta conductividad eléctrica de ésta, con valores promedios de 5 dS/m, valor que complica incluso a un cultivo como el granado y que puede generar disminución en la producción de no manejarse correctamente el riego del campo. Por ello, es importante dedicar esfuerzos al afinamiento del riego del granado bajo éstas condiciones, haciendo uso de todas las herramientas que permitan optimizarlo, como sensores de riego, tensiómetros, estudios de agua y suelo, imágenes satelitales, preparación de calicatas, entre otros. Por otro lado, bajo condiciones de estrés por sales, es importante también que la fertilización y uso de insumos sea de forma eficiente, complementando el adecuado manejo del cultivo para alcanzar buenas producciones. Finalmente, la empresa haciendo uso de los instrumentos mencionados con anterioridad, ha logrado incrementar la producción en un 16.27% y disminuir el porcentaje de frutos rajados de 20% a 7%, a través de la mejora del manejo de riego. Del mismo modo, se mejoró la nutrición trabajando la fertilización con concentraciones adecuadas y no solo con kilogramos aplicados por hectárea, tomando en consideración adecuadas relaciones catiónicas al momento de incorporar los fertilizantes al campo.

Palabras clave: Manejo del riego, producción, rendimiento, sales.

ABSTRACT

The pomegranate tree is a noble crop that can offer significant returns to the farmer, but it requires certain resources, in certain quantities and with a minimum of acceptable quality. Such is the case of irrigation water and agricultural inputs such as fertilizers and other agrochemicals, which must be incorporated into the crop in a timely manner and in the appropriate doses or concentrations. The Agricultural Huarmey company has low quality water due to its high electrical conductivity, with average values of 5 dS/m, a value that complicates even a crop like pomegranate and that can generate a decrease in production if not managed. correctly watering the field. Therefore, it is important to dedicate efforts to fine-tune the irrigation of pomegranate trees under these conditions, making use of all the tools that allow it to be optimized, such as irrigation sensors, tensiometers, water and soil studies, satellite images, pit preparation, among others. On the other hand, under salt stress conditions, it is also important that fertilization and use of inputs be efficient, complementing proper crop management to achieve good productions. Finally, the company, using the instruments mentioned above, has managed to increase production by 16.27% and reduce the percentage of cracked fruits from 20% to 7%, through improved irrigation management. Likewise, nutrition was improved by working on fertilization with adequate concentrations and not only with kilograms applied per hectare, taking into consideration adequate cationic relationships when incorporating fertilizers into the field.

Keywords: Irrigation management, production, yield, salts.

I. INTRODUCCIÓN

El granado es una especie que se caracteriza por su rusticidad y fácil adaptabilidad a condiciones que normalmente son desfavorables para la mayoría de cultivos, razones que lo han convertido en un frutal interesante y en una alternativa a considerar entre los agroexportadores del país que poseen campos con esas características. Sin embargo, a pesar de que el fruto sigue gozando de aceptación mundial, los precios han caído en los últimos años debido al incremento de la oferta de granada peruana, manteniendo para el 2019 un precio de US\$ 1.55 por kilogramo, 17% por debajo de la cotización del 2018 y 25% por debajo de la del 2014 (Fresh Fruits, 2020, Redagícola, 2017).

Debido a lo anterior, es crucial que se logren maximizar los rendimientos del cultivo sin elevar los costos de producción, a través de mejoras en el manejo agronómico y operacional del granado; y dado que existe muy poca información sobre el cultivo y se desconoce aún mucho sobre su fisiología, es imprescindible hacer diferentes estudios y recoger toda la data posible que permita a las empresas generar su propia fuente de información, basada en la experiencia obtenida en el cultivo, mejorando así las posibilidades de maximizar la producción.

1.1 PROBLEMÁTICA

La calidad del agua de riego en la pampa de Villacurí en la ciudad de Ica ha ido disminuyendo en los últimos años, por lo que cada vez es más complicado regar y producir en la zona. Esto ha conllevado a que muchos cultivos dejen de producirse en ésta pampa y a que se decida plantar cultivos que sean más resistentes a sales. Aunque el granado es un cultivo muy resistente a sales, las producciones muchas veces no son las esperadas debido a la baja calidad del agua, por lo que es necesario ser muy eficientes con el manejo del riego y con el manejo general del cultivo.

1.2 OBJETIVOS

Generar evidencia de los conocimientos adquiridos luego de ocho años de experiencia en el cultivo de granado, que ayude a reducir problemáticas como el rajado, bajo calibre y calidad de los frutos, a productores de granada tanto de la pampa de Villacurí como de todo el Perú. Así mismo, demostrar que se pueden obtener buenas producciones bajo condiciones de conductividad eléctrica alta del agua con un adecuado manejo del riego.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN Y SISTEMÁTICA

Según Nikolai Ivanovich Vavilov, éste cultivo es originario del interior de Asia menor, la transcaucasia, el Irán y las tierras altas de Turkmenistán (Melgarejo y Martínez, 1992). Fueron los fenicios quienes difundieron activamente al granado, debido a la importancia religiosa que tenía el fruto en su cultura, proviniendo de ellos el nombre del género *Punica*. Por otro lado, *granatum*, el cual es el nombre de la especie, proviene del equivalente a la palabra granos en latín, *granatums*, haciendo referencia a las semillas del fruto. No obstante, en el latín clásico la especie recibía el nombre de *malum punicum* ó *malum granatum*, en donde "malum" significa manzana, lo que ha influenciado en cómo se le llama en otros idiomas como en el inglés donde su nombre *pomegranate* significa manzana y en el alemán, donde su nombre *Granatapfel*, significa manzana con semillas (Frank, 2010).

El granado es una especie diploide, siendo $2n = 16$ su número somático y teniendo como número básico de cromosomas a $n = 8$.

La sistemática del granado es la siguiente:

| | | |
|-------------|---|-----------------|
| División | : | Fanerógamas |
| Subdivisión | : | Angiospermas |
| Clase | : | Dicotiledóneas. |
| Subclase | : | Arquiclamídeas. |
| Orden | : | Myrtales. |
| Familia | : | Punicaceae. |
| Género | : | Púnica |
| Especie | : | Granatum. |

2.2 MORFOLOGÍA

2.2.1 Raíz

Las raíces del granado son fusiformes, muy ramificadas y tienen gran capacidad de cubrimiento y exploración horizontal del suelo, alcanzado gran desarrollo; además, poseen gran poder de absorción en medios salinos, lo que lo convierte en una muy buena alternativa para suelos con éstas características (Melgarejo y Martínez, 1992; Frank, 2010).

2.2.2 Tallo

El granado, presenta tendencia basítona, por lo que al inicio de su desarrollo posee varios tallos que luego se convertirán o no, de acuerdo a la formación que se le dé, en uno o más troncos. La función del tallo es la de sostén y transporte, es cilíndrico, erguido, y muy ramificado, presentando a lo largo de las ramas principales y secundarias numerosas espinas (Melgarejo, 2000).

La altura de la planta es variable, pero se suele manejar una altura de entre 2 a 3 metros en variedades cultivadas. Como ya se mencionó la planta tiene tendencia basítona, por lo que constantemente emite brotes en el tallo principal, llamados chupones o mamones, los cuales crecen verticalmente, y de no eliminarse a tiempo pueden dar lugar a arbustos con exceso de follaje, lo cual limita al desarrollo normal de la planta y de los frutos (Frank, 2010).

2.2.3 Yemas

Las yemas pueden ser vegetativas o mixtas, originando respectivamente brotes con hojas, o brotes con hojas y ramos con flores. Las yemas son laterales y axilares, presentándose también una yema terminal pero que termina convirtiéndose en espina o fruto, por tal motivo, al no poseer verdaderas yemas terminales vegetativas, el crecimiento se da lateralmente, a través de las yemas laterales, encajando por ello dentro de las especies simpodiales (Martínez & Hernández, 2010).

2.2.4 Hojas

Las hojas nacen de yemas tanto vegetativas como mixtas. Morfológicamente son enteras, y lisas, no presentan estípula y en ocasiones son glabras y en otras oblongas, en cuanto a su ubicación dentro de la rama, son opuestas, es decir se presentan dos hojas por nudo normalmente, aunque en ocasiones se han encontrado hasta tres hojas dispuestas a 120°C

entre sí.. Tanto los brotes como las hojas jóvenes presentan un color rojizo, pero cuando estas últimas alcanzan la adultez adquieren un color verde brillante, siendo éste más intenso y oscuro por el haz que por el envés. (Melgarejo y Martínez, 1992)

2.2.5 Flores

Según Melgarejo y Martínez (1992) las flores se presentan en ramos mixtos de la siguiente manera:

- Al final del ramo, solitarias o en grupos de dos a siete flores, siendo las individuales y en grupos de 2 o 3 flores lo más frecuente. La flor terminal del racimo determinado es más desarrollada y origina un fruto de mayor tamaño.
- También se pueden encontrar las flores o racimos de flores en las yemas axilares.
- Finalmente se pueden encontrar sobre ramos anticipados, emitiendo una flor o racimo sin un brote o rama del año que la sostenga.

Las flores morfológicamente son hermafroditas, aunque funcionalmente se dan casos en los que el pistilo y ovario no se desarrollan adecuadamente, comportándose como flores macho. Son muy vistosas, con tálamo cóncavo y carnosos y cáliz de forma acampanada, sus pétalos y sépalos se presentan en número de 5 a 9 y son de color rojo escarlata. Los estambres son filiformes y numerosos, con anteras biloculares amarillas, posicionados rodeando al pistilo. Se presentan normalmente 8 carpelos formando un ovario sincárpico (Frank, 2010).

Finalmente, la floración escalonada característica del cultivo provoca una maduración en diferentes etapas, además de frutos de menor calidad conforme la flor es más tardía. Por tal motivo se debe de hacer un aclareo para eliminar esos frutos en beneficio de los primeros (Melgarejo y Martínez, 1992).

2.2.6 Frutos

El fruto es una baya que recibe el nombre de balausta, tiene piel o cáscara gruesa, y está envuelto completamente por el tálamo, contiene varias cavidades separadas unas de otras por finos tabiques membranosos; dentro de las cavidades se encuentran numerosas semillas, las cuales reciben el nombre de arilos, son carnosas, de forma prismática y poseen un color rojo intenso en su madurez. El fruto está coronado al extremo opuesto a la inserción del pedúnculo, por un cáliz rígido y persistente, donde se encuentran aún los restos secos de los estambres. El fruto maduro es de color rojo, con algunas áreas de su superficie de color

amarillo-verdoso o crema, llegando en algunos casos a presentar el color rojo de forma uniforme y homogénea en todo el fruto (Frank, 2010, Melgarejo 2010).

2.3 CLIMA, SUELO Y AGUA DEL GRANADO

El granado se desarrolla tanto en climas tropicales y subtropicales, como también en los templados, favoreciéndole más el subtropical y tropical, ya que en los climas templados la fruta no se desarrolla y madura adecuadamente. Dentro de los países tropicales, los climas húmedos originan frutos de calidad inferior, mientras que los frutos de mejor calidad se presentan en una ecología subtropical, debido a que el verano coincide con la maduración del fruto (Frank, 2010).

En regiones subtropicales, las mejores condiciones para el granado son las que se presentan en los valles interiores o en lugares donde los veranos son cálidos y secos, lo que favorece a lograr un mejor color y sabor de la fruta, mientras que las áreas costeras y de veranos suaves son limitantes para la producción de éste cultivo (Frank, 2010). Por otro lado, Muchos de los cultivares de granado toleran temperaturas de hasta -11°C, existiendo incluso cultivares que resisten hasta -14°C (Maclean et al., 2011).

Dentro de las características o condiciones que favorecen al adecuado desarrollo de éste cultivo, se tiene el contar con un verano cálido y seco, y un mínimo de frío invernal, con temperaturas no tan bajas en primavera ni presencia de lluvias durante la floración o cosecha. Una buena temperatura en primavera favorece la producción de frutos y el crecimiento de éstos (El Mercurio, 2015).

El granado es considerado como un cultivo rústico debido a su alta tolerancia a la salinidad, sequía y a su adaptación a suelos pobres, no obstante, los suelos más favorables para el granado son los profundos, y los arcillosos más que los arenosos. Además, presenta tolerancia al déficit hídrico prolongado, lo que lo convierte en una buena alternativa para zonas donde se tienen estas condiciones, no obstante, para una producción comercial y obtención buenos rendimientos, el granado regarse y fertilizarse adecuadamente (Frank, 2010; Maclean et al., 2011). Sin embargo, los requerimientos de agua de éste cultivo, son de medias a bajas, comparándolo con un frutal tradicional manejado comercialmente (El Mercurio, 2015).

La producción del granado es máxima con aguas de buena calidad; sin embargo, tolera aguas de riego de alta conductibilidad eléctrica (5 dS/m o más). Las necesidades de agua del granado son determinadas por la evapotranspiración, edad de la planta, el desarrollo y cantidad de fruta y follaje que tiene la planta. Por otro lado, las características físicas del suelo como estructura, textura, contenido de materia orgánica, entre otras, afectan a la capacidad de retención de agua y a las pérdidas por evaporación y lixiviación (Melgarejo y Martínez, 1992).

2.4 FISIOPATÍAS DEL FRUTO DEL GRANADO

2.4.1 Agrietado o rajado de fruto

Ésta fisiopatía se da como consecuencia del desequilibrio hídrico entre la fase de crecimiento o llenado de fruto y maduración, acentuándose el problema mientras más cerca de la cosecha se encuentra la planta (Frank, 2010). Es un grave problema que se presenta cuando se riega el cultivo después de un período de estrés hídrico o sequedad, lo que provoca la aparición de frutos abiertos o rajados (Melgarejo y Martínez, 1992). Con un sistema bien diseñado de riego por goteo se disminuye el riesgo de desequilibrios hídricos, las frutas son de mejor calidad y más uniformes y además se reduce el riesgo de rajado (Giménez, 2010).

Cabe resaltar que el agrietado de la fruta en granado es una de las formas o estrategias de dispersión natural de la especie, por lo que una manera de reducirlo es cosechando a tiempo la fruta y no esperar a que esta se sobre madure. La carga excesiva de fruta en la planta también produce un incremento en la incidencia de partidura de frutos, por lo que la regulación de carga o raleo es otra forma de disminuir éste problema (Frank, 2010).

2.4.2 Rameo o russet

El rameo o ramaleo, es otro de los principales problemas que afectan a la estética de la fruta, y por tanto, a su calidad. Este problema disminuye significativamente con la conducción en espaldera, en la que se considera una estructura que ayude a sostenerse a la planta y además, que permita pendular la fruta. Se controla eliminando las ramas, ramillas y espinas que están alrededor del fruto evitando el contacto con éste, y en consecuencia, que sea dañado (Viverosur, 2015).

Se recomienda una poda en verde para despejar periódicamente el entorno directo del fruto desde su periodo de crecimiento hacia adelante, eliminando cualquier material vegetativo que pueda producir daño por roce. Se recomienda el uso de cortavientos en zonas donde corre mucho viento, evitando que éste agite las ramas o frutos y los haga chocar unos contra otros (Frank, 2010).

2.4.3 Albardado o golpe de sol.

El albardado o golpe de sol es el daño que sufren los frutos de granado producto de la alta insolación, sobre todo en días de verano. Cuando el fruto está expuesto al sol constantemente, transpira más agua de la que absorbe, produciendo un desequilibrio que provoca quemaduras o escaldaduras en su superficie, observándose cuando el daño es severo pequeñas grietas, un color negro típico y un acorchado de la piel (Melgarejo, 2000; Maclean, et al., 2011).

El golpe de sol es un daño producido por la exposición de la fruta a la radiación solar directa lo que provoca un aumento de la temperatura del tejido expuesto desarrollándose manchas pardonegruzcas o escaldaduras. Este daño es la principal causa de merma en la producción y de descarte, pues la fruta muy dañada es rechazada y no califica para la exportación, pudiendo verse afectado hasta un 40 % del total de la fruta colgada en la planta. (Frank, 2010).

Éste daño también afecta a muchas especies frutales y hortícolas, como sandía, tomate y pimentón, y se considera como el problema más importante en los huertos de manzano de Chile, donde incluso se ha visto afectado más del 40% de frutos dependiendo del cultivar (Viverosur, 2015).

Esta fisiopatía provoca una disminución importante del valor comercial de la fruta ya que además de visualizarse un daño externo que afecta a la estética de la granada, interiormente en la parte afectada, se presenta una disminución e incluso ausencia del color rojo de los arilos, junto con un sabor que resulta insípido al paladar (Melgarejo y Martínez, 1992).

En manzano se demostró, que es un problema fundamentalmente térmico y no directamente relacionado a la exposición de la radiación solar, a través de numerosos ensayos; en los que se comparó fruta con ventilación para bajar su temperatura versus fruta protegida con filtro contra la radiación UV, pero sin protección contra el calor. Cuatro horas después, las

manzanas ventiladas estaban sin daño visible, mientras aquellas protegidas contra UV y las testigos presentaban síntomas visibles (Yuri, 2001).

La ubicación de la fruta dentro de la planta y la orientación de las hileras del cultivo en el huerto influyen en la presencia e incidencia del golpe de sol. La fruta que recibe mayor daño es la que se encuentra en la parte periférica superior del árbol, es decir la más expuesta, mientras que el lado o cara que recibe el sol por la tarde es el que presenta mayor riesgo de ser afectado (Yuri, 2001).

Debido a la severidad de éste problema y al modo en que afecta a la producción, se deben de generar estrategias para evitar el daño por sol, para lo que hay alternativas como el uso de cambuchos o papel para cubrir a los frutos expuestos, colocar mallas sobre las plantas para generar sombra, y usar productos en base a caolina lo que sirve como un bloqueador solar para los frutos. Estas estrategias deben de ser ejecutadas cuando el fruto llega a los tres o cuatro centímetros y hasta que el fruto éste pintando o enverando, poco antes de cosecha (Yuri, 2001; Portalfrutícola, 2012).

Otra forma de programar el momento oportuno para la colocación de protección del fruto contra el golpe de sol, es considerar dos a tres semanas después del cuajado y retirarla tres semanas antes de la cosecha, mientras que las aplicaciones de caolín pueden realizarse a partir del momento en que los frutos alcancen un diámetro de cuatro centímetros y con intervalos de una a tres semanas (Frank, 2010). El caolín usado como bloqueador solar deberá ser lavado luego de la cosecha para quitar los residuos del producto (Maclean, et al., 2011; Melgarejo, et al., 2010).

Otra manera de evitar el daño, es aprovechar el raleo o regulación de carga y eliminar la fruta que está más expuesta al sol en la parte alta de la planta, y tratar de mantener a la fruta más cobijada o dentro de sombra. Debida a la importancia de la sombra, durante la poda se debe promover la vegetación que aporte sombra. Por otro lado, debido a la incidencia de la orientación de las hileras en el huerto se debe evitar que éstas se orienten en dirección nortesur, ya que el lado del oeste de las hileras presenta un daño mayor al lado este, al estar expuesto al sol de la tarde (Yuri, 2001).

También se puede considerar el uso de variedades menos susceptibles a golpe de sol, tomando en cuenta que mientras el fruto tenga la coloración roja es menos susceptible al

daño, por lo que variedades que toman color rojo más temprano son una buena alternativa para disminuir éste problema. La variedad Wonderfull toma color poco antes de la cosecha, durante el último mes, por lo que es más susceptible al albardado, llegando a presentar valores de 35% a 45% de descarte por daño por sol (Viverosur, 2015).

2.5 RIEGO Y FERTILIZACIÓN

El manejo del riego de los cultivos está dado por la reposición del volumen adecuado de agua requerida por la planta en el momento oportuno, para lo cual se deben de realizar los cálculos correspondientes que permitan la programación del riego tanto en su frecuencia como en las horas de riego necesarias, Además de asegurar un seguimiento y control sobre éste último. Para poder realizar los cálculos correspondientes al riego se necesita tener información sobre la evapotranspiración y factor del cultivo (K_c), así como también de la eficiencia del sistema utilizado para regar. Con respecto a la evapotranspiración, puede ser hallada usando el método de la bandeja evaporimétrica clase A, o a través del uso de una estación microclimática (Vásquez et al., 2017; Ferreyra et al., 2005).

2.5.1 Evapotranspiración y coeficiente o factor de cultivo

La evapotranspiración es el proceso por el cual el agua fluye hacia la atmósfera como resultado de la evaporación del agua contenida en el suelo y de la transpiración de las plantas. Éste proceso se ve afectado por factores climáticos, por la morfología y fisiología de la planta, así como de su cobertura en determinado momento o estado fisiológico, y de las características físicas del suelo y su nivel de humedad. Por otro lado, el K_c es el factor que determina el grado de cobertura que la planta ejerce sobre el suelo y permite ajustar el cálculo del riego según la fase vegetativa del cultivo (Ferreyra et al., 2005).

2.5.2 Riego por goteo

El sistema por goteo permite realizar los riegos de manera periódica, manejándose su frecuencia, la cual es normalmente corta, permitiendo incluso los riegos diarios. La frecuencia del riego depende en gran medida del clima, pero también de las condiciones del suelo presentes para el cultivo; así, los riegos muy frecuentes son más apropiados en suelos con baja retentividad de humedad, con texturas livianas como las arenas, poco profundos y que contienen a cultivos con raíces superficiales; mientras que los riegos menos frecuentes son ideales en suelos de alta capacidad de retentividad del agua, de texturas finas como en

suelos con altos contenidos de limo y arcillas, suelos profundos, compactados y que contienen cultivos con raíces profundas (Ferreyra et al., 2005; Mengel & Kirkby, 2000).

2.5.3 Programación de riegos

Para que los cultivos puedan cubrir sus necesidades fisiológicas necesitan un mínimo de humedad disponible en el suelo, la cual es considerada como la diferencia entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). Sin embargo, no es recomendable esperar a que se consuma toda la humedad disponible antes de volver a regar, ya que a medida que ésta es consumida, la tensión o fuerza con la que es retenida por el suelo aumenta, costándole más energía a la planta tomar el agua y disminuyendo por tanto, su potencial productivo. Se recomienda para la mayoría de cultivos no bajar del 50% de humedad disponible antes de volver a regar, considerándose ese dato como aquel que representa a la humedad aprovechable por las plantas, no obstante, ese valor puede variar según el cultivo y estado fenológico entre 50 a 70% (Ferreyra et al., 2005).

Conociendo el K_c del cultivo, la evapotranspiración del predio y la eficiencia del sistema de riego, puede calcularse el volumen de agua de riego necesario a través del producto del factor y la evapotranspiración diaria, lo cual resulta en el consumo diario de la planta. Sin embargo, para conocer la frecuencia de riego o intervalo entre riegos, es necesario conocer cuál es el consumo máximo de agua disponible recomendado para no afectar a la planta; así, si el consumo diario promedio es de 2mm y el consumo máximo permitido es de 8mm, se deberá regar al cuarto día. Por tanto para poder programar los riegos se necesitan tener los datos de capacidad de campo del suelo, el estado energético óptimo o pérdida de humedad permisible en la zona de raíces, profundidad de raíces, evapotranspiración del predio y K_c del cultivo, necesidad de lavado de sales o fracción de lavado, y eficiencia del sistema de riego (Ferreyra et al., 2005; Mengel & Kirkby, 2000).

Entonces el momento oportuno para regar será cuando el contenido de humedad final sea el correspondiente al valor energético óptimo, el cual es obtenido en laboratorio; y cuando se haya consumido el agua encontrada entre capacidad de campo y dicho punto, será el momento para volver a regar (Ferreyra et al., 2005).

2.5.4 Control de la eficiencia del riego

Para controlar que el proceso de riego se esté llevando de manera correcta, se debe de considerar el buen funcionamiento de todos los equipos involucrados con el riego, así como

también, de que los cálculos hechos sean los correctos y el nivel de humedad del suelo sea el adecuado. Para lo primero se debe de llevar un control estricto sobre la calibración de los equipos y su estado, así como de los datos que se recogen de los instrumentos de medición, como la presión y caudal del agua en el cabezal de riego, el orómetro colocado en el tablero de encendido del sistema y también su amperaje. Por otro lado, en campo se debe también de controlar las presiones de las válvulas de riego y del caudal de los goteros del campo, para lo cual se deben de hacer mediciones con manómetros para el caso de las presiones y evaluaciones del caudal de gotero usando recipientes que reciban el volumen de agua recogido del gotero en un determinado tiempo, llevando ése dato a litros por hora y comparándolo con el caudal nominal o de fábrica de los emisores de la manguera de riego, esto permite que se pueda hallar la descarga media de los goteros y el coeficiente de uniformidad de riego, el cuál debe de ser mayor a 85% para asegurar de que las plantas reciban la cantidad de agua programada y no se vea afectado el desarrollo del cultivo y su producción. El coeficiente de uniformidad está dado por el resultado de la multiplicación de 100 por la división de la media del 25% de los datos obtenidos más bajos, entre la media de todos los valores (Ferreyra et al., 2005).

Por otro lado, el control del adecuado humedecimiento del suelo para cubrir los requerimientos hídricos del cultivo, es muy importante. Para ello es necesario disponer de herramientas que permitan asegurar que el cálculo realizado en función a la evapotranspiración y K_c del cultivo sea el correcto, o que por factores ajenos a dicho cálculo como averías en el sistema, no se éste incorporando al suelo el agua suficiente o por el contrario se esté presentando un exceso de humedad, además de comprobar la distribución de humedad dentro del suelo y comportamiento del bulbo generado después del riego (Martínez, 1998).

Entre los diferentes métodos de control de humedad del suelo se tienen al uso de barreno, que consiste en la extracción de muestras de suelo, comprobando con la vista y al tacto el nivel de humedad presente; también se tiene la preparación y evaluación de calicatas, con las cuales se puede tener una vista del perfil del suelo, de la distribución de humedad dentro de éste y del nivel y estado de las raíces presentes, así como también su distribución y área de influencia, lo cual es determinante al momento de elegir la profundidad a la que se quiere llegar con el agua de riego. En ambos casos es necesario poseer cierto nivel de experiencia para poder interpretar lo observado (Ferreyra et al., 2005).

También se utiliza mucho a los tensiómetros, los cuales son instrumentos que miden la fuerza o energía con la que la humedad es retenida en el suelo a diferentes profundidades y de manera permanente, visualizándose esos datos en un manómetro de vacío que marca la tensión en centibares presente alrededor del tensiómetro. En la tabla 1 se muestran los rangos de valores de tensión que pueden presentarse y a que estado del suelo representan (Ferreyra et al., 2005).

Tabla 1. Estado del suelo según la lectura del tensiómetro

| Lectura en centibares | Estado del suelo |
|------------------------------|--|
| 0 – 10 | Suelo saturado |
| 10 – 25 | Suelo adecuadamente mojado en riego localizado |
| 25 – 60 | Rango usual en riego superficial |
| 60 – 100 | Rango seco |
| 100 – 200 | Rango muy seco |

Fuente: Ferreyra et al., 2005. Manejo del Riego Localizado y Fertirrigación.

2.5.5 Fertirrigación

La fertirrigación es la aplicación de fertilizantes utilizando como medio al agua de riego. Éste método es más usado en el riego localizado por goteo y consiste en sustraer a través de un equipo conformado por bombas de succión, filtros, caudalímetros, entre otros instrumentos, la mezcla de fertilizantes diluida en una solución madre preparada dentro de un tanque de agua. De ésta manera, los fertilizantes son incorporados al suelo de forma homogénea y a la profundidad deseada considerando el área ocupada por las raíces, además de que cada elemento nutricional es agregado de acuerdo a las necesidades de la planta según su etapa fisiológica, permitiendo por tanto, el uso más eficiente de los fertilizantes empleados durante la campaña; además hace posible el uso de suelos marginales para la agricultura, disminuye la cantidad de mano de obra requerida para los riegos y reduce el riesgo de daños mecánicos a las raíces, así como el compactado del suelo. (Ferreyra et al., 2005; Martínez, 1998).

Sin embargo, también existen ciertos riesgos de que se produzcan errores o daños irreversibles tanto a la planta como al sistema, originados por malas dosificaciones, baja

solubilidad de algunos productos lo que origina precipitados que pueden obstruir los goteros del campo y por mezclas de productos incompatibles lo cual genera también obstrucción de goteros, por lo que hay que ser muy cuidadosos en lo que respecta al uso adecuado de éste método de fertilización (Ferreyra et al., 2005).

El tiempo de inyección, dependerá de la profundidad a la que se quiere llegar en el suelo con el fertilizante, la cual está influenciada por la profundidad a la cual se encuentra presente la mayor parte del sistema radicular; además de la concentración deseada para cada elemento nutricional incorporado al suelo (Martínez, 1998).

2.5.6 Salinidad

A pesar de que no todos los cultivos son igual de tolerantes o sensibles a las sales, existe un valor o umbral para cada uno de ellos sobre el cual los rendimientos empiezan a verse afectados. Las sales pueden provenir tanto del suelo como de aquellas que están disueltas en el agua de riego la cual contiene bicarbonatos, sulfatos y cloruros de calcio, de magnesio, de sodio, etc. Además los fertilizantes al ser en su mayoría sales, aportan o incrementan el nivel de sales ya presentes en la solución suelo, por tanto es importante programar de forma adecuada la dosificación, mezclas, fraccionamiento, frecuencia y momento de la inyección o incorporación de los fertilizantes (Ferreyra et al., 2005).

Una manera de medir el contenido de sales en el agua es a través de su conductividad eléctrica (CE), que es su capacidad de conducir la electricidad o corriente eléctrica a 25°C. y su unidad de medida según el sistema internacional (SI) es dS/m o mmhos/cm (Ferreyra et al., 2005).

2.5.7 Consideraciones al momento de elegir los fertilizantes a usar en la fertirrigación

Cada fertilizante posee características propias como el grado de solubilidad, reacción alcalina o ácida en la solución madre, y una composición diferente la cual es llamada también ley del fertilizante, que muestra entre paréntesis el porcentaje que posee de nitrógeno, fósforo en forma de P_2O_5 y de potasio en forma de K_2O . Por otro lado, también es importante conocer la compatibilidad que existe entre los diferentes productos que van a ser mezclados en el tanque de solución madre, ya que se pueden originar reacciones entre ellos. De forma general debe prepararse la solución agregando al tanque primero los productos del más soluble al menos soluble, el ácido debe agregarse antes que los demás fertilizantes y aquellos productos

que contengan altos contenidos de calcio no deben de mezclarse con ácido fosfórico debido a la formación de fosfato de calcio, el cual es perjudicial al obstruir los goteros del sistema de riego. En la tabla 2 se muestra la solubilidad de algunos fertilizantes, mientras que en la figura 1 se observa la compatibilidad entre ellos; no obstante, se recomienda siempre realizar una prueba de solubilidad con la misma agua con la que se riega y llenan los tanques de fertilización, además de una prueba en un volumen menor, usando baldes u otros recipientes donde se puedan mezclar los productos y comprobar su compatibilidad, por lo que si se presentan precipitados o turbidez es mejor no inyectarlos pues puede también obstruir los emisores de las mangueras de riego (Martínez, 1998).

Tabla 2. Solubilidad de fertilizantes (g/L)

| Fertilizante | Solubilidad | | | | C.E. mmhos/cm | pH |
|-----------------------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------------|-----------|
| | 0°C | 20°C | 40°C | 100°C | | |
| Materias Primas | | | | | | |
| Nitrato de potasio | 133 | 316 | 639 | 2452 | 1.30 | 7.00 |
| Cloruro de potasio | 282 | 342 | 403 | 562 | 1.90 | 6.60 |
| Sulfato de potasio | 75 | 111 | 148 | 241 | 1.40 | 7.00 |
| Fosfato monopotásico | 143 | 227 | 339 | | 0.75 | 4.10 |
| Nitrato de amonio | 1185 | 1877 | 2830 | | 1.60 | 5.50 |
| Sulfato de amonio | 704 | 754 | 812 | 1020 | 1.80 | 5.50 |
| Fosfato diamónico soluble | 575 | 686 | 818 | 1100 | 0.90 | 4.10 |
| Nitrato de calcio soluble | 227 | 368 | 567 | 1740 | 0.80 | 4.90 |
| Fosfato monoamónico soluble | 1010 | 1294 | 1960 | | 1.20 | 6.50 |
| Cloruro de calcio | 603 | 745 | | | 1.60 | |
| Sulfato de magnesio hept | | 356 | 454 | | 0.80 | 5.60 |
| Nitrato de magnesio | 639 | 701 | 818 | | 0.50 | 6.00 |
| Cloruro de sodio | | 359 | 364 | 392 | 2.00 | |
| Urea | 670 | 1080 | 1670 | 2510 | 0.02 | 5.80 |
| Ácido bórico | 270 | 500 | 870 | | | |
| Ácido fosfórico 85% | | | | | 1.80 | 2.50 |

FUENTE: Ferreyra et al., 2005. Manejo del Riego Localizado y Fertirrigación.

| I = Incompatible | | C = Compatible | | L = Compatibilidad limitada | |
|------------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | ↑ NITRATO AMÓNICO | | | | |
| | | ↑ UREA | | | |
| | | | ↑ SULFATO AMÓNICO | | |
| | | | | ↑ SUPERFOSFATO TRIPLE | |
| | | | | | ↑ SUPERFOSFATO SIMPLE |
| | | | | | ↑ FOSFATO DIAMÓNICO |
| | | | | | ↑ FOSFATO MONOAMÓNICO |
| | | | | | ↑ CLORURO POTÁSICO |
| | | | | | ↑ SULFATO POTÁSICO |
| | | | | | ↑ NITRATO POTÁSICO |
| | | | | | ↑ NITRATO CÁLCICO |

Figura 1. Compatibilidad entre algunos fertilizantes

FUENTE: Ferreyra et al., 2005. Manejo del Riego Localizado y Fertirrigación.

3.5.8. Programación y dosificación de la fertilización.

Es importante calibrar los equipos que permiten regular el caudal o la tasa de inyección de la solución donde se encuentran los fertilizantes. Normalmente es usado un caudalímetro junto a una llave de paso, el cual se regula para dejar pasar un determinado volumen de agua en un determinado tiempo de inyección, lo que depende de varios factores, como la concentración a la cual se desea mantener el fertilizante en la solución suelo, del tiempo con el cual se cuenta para fertilizar o el tiempo de riego, así como también del tiempo necesario para terminar de fertilizar sin dejar residuos en las tuberías (Martínez, 1998).

Por otro lado, para dosificar los fertilizantes durante una campaña agrícola es necesario considerar primero los requerimientos nutricionales de la planta, teniendo presente los aportes de éstos del suelo y del agua de riego. Posteriormente se debe de analizar que fuentes serán usadas para la fertilización, tomando en cuenta las condiciones que existen en el lugar de la plantación, como salinidad del agua y su contenido nutricional y químico. Finalmente se deben de determinar los requerimientos del cultivo por etapa fisiológica, estimar el número de riegos en cada una de ellas y definir en cuántos de esos riegos y a que dosis se van a inyectar los fertilizantes, esto último en función a la concentración del nutriente a aplicar deseada y al número de riegos disponibles (Vásquez et al., 2017).

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. DATOS DEL LUGAR DE PRODUCCIÓN

3.1.1. Ubicación

La empresa se encuentra ubicada en la pampa de Villacurí en la ciudad de Ica, departamento de Ica, a la altura del kilómetro 272 de la carretera Panamericana Sur; posee 150 hectáreas de terreno agrícola, de las cuales están plantadas sólo la mitad, 50 con el cultivo de granado y 27.4 con el de vid. En la figura 2 se muestran los campos de la empresa en la ciudad de Ica, así como las coordenadas del campo donde se encuentra ubicado el granado, el cuál es el cultivo sobre el cual se desarrolló la experiencia laboral.



Figura 2. Imagen satelital y coordenadas de la empresa.

FUENTE: Tomado de Google Earth 2020.

3.1.2. Clima

En la tabla 3 se observan los datos de temperatura promedio, máxima y mínima mensual de los últimos cinco años.

Tabla 3. Datos meteorológicos de la pampa de Villacurí.

| Mes | Temperatura mínima | Temperatura máxima | Diferencial de Temperatura máxima y mínima | Temperatura promedio | Humedad relativa |
|-----------|--------------------|--------------------|--|----------------------|------------------|
| Enero | 19.6 | 30.1 | 10.5 | 24.5 | 76.0 |
| Febrero | 20.1 | 31.8 | 11.7 | 25.1 | 71.3 |
| Marzo | 20.2 | 32.1 | 11.9 | 25.1 | 70.2 |
| Abril | 17.7 | 31.0 | 13.3 | 23.2 | 71.5 |
| Mayo | 14.8 | 27.0 | 12.2 | 19.6 | 82.4 |
| Junio | 11.7 | 24.2 | 12.5 | 16.5 | 83.3 |
| Julio | 9.8 | 23.6 | 13.8 | 15.3 | 81.2 |
| Agosto | 10.6 | 23.8 | 13.3 | 15.7 | 79.9 |
| Setiembre | 11.1 | 25.3 | 14.2 | 17.1 | 75.5 |
| Octubre | 13.5 | 26.9 | 13.4 | 19.1 | 73.1 |
| Noviembre | 12.8 | 26.8 | 14.0 | 19.2 | 74.9 |
| Diciembre | 16.7 | 28.5 | 11.8 | 21.8 | 74.6 |

Nota: Datos tomados de la estación meteorológica de la empresa.

El clima en la pampa de Villacurí es favorable al desarrollo y crecimiento del fruto de granado, además el diferencial de temperatura en las fechas de cosecha en los meses de marzo, abril y mayo, con diferenciales de 11.9, 13.3 y 12.2 °C respectivamente, ayudan a la toma de color de la granada, mientras que la primavera coincide con el inicio de floración, donde las temperaturas empiezan a subir.

3.1.3. Suelo

El suelo es de textura arenosa con valores de arena gruesa, limo y arcilla de 91.8%, 4.12% y 4.12% respectivamente, lo que facilita el riego del cultivo y permite una buena oxigenación del sistema radicular, reducción del riesgo de saturación del suelo y por tanto de asfixia radicular y enfermedades fungosas en raíces y cuello de la planta.

Nutricionalmente el suelo no aporta mucho al cultivo, por lo que en su gran mayoría los nutrientes deben ser incorporados a través de enmiendas o fertilizantes sintéticos, además se posee sólo 1.96% de materia orgánica. La relación calcio/magnesio cambiables es de 9.33 y

la de Mg/K de 1.94, siendo la primera muy alta, y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 7.89 meq/100g, valor que es bajo y es común en suelos arenosos.

El valor de conductividad eléctrica del suelo es de 1dS/m medido en extracto 1:1, y el de pH de 7.16 también medido en extracto 1:1 presentándose un suelo neutro, sin embargo la solución suelo se ve afectada por los fertilizantes empleados y sobre todo por el agua de riego, la cual presenta valores altos de sales.

Entonces, las condiciones físicas del suelo son óptimas para el desarrollo adecuado del cultivo, manteniendo un bajo riesgo de que se presenten pudriciones del tallo o raíces, aunque si manteniendo condiciones favorables para la proliferación de nemátodos en el suelo y raíces, siendo el granado un cultivo muy susceptible a éste problema. Por otro lado, la fertilidad del suelo y su contenido de materia orgánica es muy baja. En el Anexo xxx puede visualizarse el análisis físico-químico realizado en un laboratorio, donde se presentan los datos más relevantes del suelo de la empresa.

3.1.4. Agua

El principal problema del agua empleada para el riego del cultivo es el de su alta conductividad, la cual alcanza valores de 5dS/m en promedio, los cuales son muy altos para la mayoría de cultivos, incluso para el granado que se caracteriza por su rusticidad; pero que sin embargo, necesita agua de buena calidad para alcanzar producciones importantes que permitan rentabilidad al agricultor. Además, la disponibilidad de agua es baja, teniéndose un caudal de 25 litros por segundo, y de no ser por la utilización de un reservorio de 10,000 metros cúbicos de capacidad, sería imposible sostener la demanda hídrica del cultivo, por tanto, es de vital importancia que el manejo del riego sea lo más eficiente posible.

En el anexo 2 se presenta el análisis de agua realizado por un conocido laboratorio, donde aparte de la conductividad eléctrica se muestran el valor de pH, el cual es de 7.9 (alcalino), una moderada dureza o presencia de carbonatos y valores muy altos de nitratos, cloruros y sulfatos de 2.7, 34 y 11.5 meq/L respectivamente. Del mismo modo se tienen valores de calcio de 21 meq/L y de sodio de 20 meq/L, los cuales altos; por otro lado, se tienen buenos valores de magnesio, 3.76 meq/L, y potasio, 0.24 meq/L.

Entonces, la poca disponibilidad de agua, su alta conductividad eléctrica y sus elevados niveles de nitratos, calcio y cloruros son las principales limitantes para un adecuado riego del cultivo.

3.2. PRINCIPALES LABORES DE CAMPO

3.2.1. Poda y amarre de ramas

Poda

El objetivo principal es tener una planta que posea ramas distanciadas 30cm una de otras, por lo que la pauta principal es eliminar todo exceso de ramas que no cumpla con ese distanciamiento, no sin antes verificar si las ramas pueden ser ordenadas o acomodadas en una posición mejor sin tener que cortarlas. Siguiendo la pauta anterior, se eliminan prioritariamente todas las ramas cruzadas, muy antiguas o paludas, y las que están mal posicionadas, siempre y cuando tengan reemplazo, por lo que sólo serán eliminadas, si existen mamones o ramas que puedan reemplazar a la rama cortada.

Se dejan sólo los mamones que sean necesarios, es decir, aquellos que cumplen estrictamente con dos situaciones: Mamones que pueden ocupar un espacio vacío y ser amarrados en dicho espacio (respetando los 30cm de distanciamiento) tanto en el segundo como en el primer piso; y mamones que fueron seleccionados para reemplazar a las ramas que se van a eliminar. Máximo se dejan cuatro mamones para reemplazo por planta por campaña.

Finalmente, se realiza un entresaque de ramas secundarias, el cual consiste en eliminar todo exceso de ramas y ramillas, que provoquen un emboscamiento de la planta; de tal modo que la planta se vea ordenada y con ramas distanciadas por lo menos 30cm.

Al final deben quedar sólo 2 pisos de ramas, por lo que todas las ramas que se encuentren verticalmente o paradas deben de eliminarse. Los cortes deben de hacerse al ras, sin dejar trozos de ramas (cachos) y las ramas cortadas son colocadas en el centro de la calle de forma transversal con la calle, para ser posteriormente picadas.

Amarre

El objetivo de esta labor es el de formar dos pisos de ramas bien definidos, de modo que la fruta pueda pendular libremente. Para ello se utilizan los dos alambres que contiene la estructura para el granado, el primero se encuentra a 1 metro del suelo y el segundo a 80cm de altura del primero. Ambos están sujetos y tendidos en postes o cabezales de madera de 4 pulgadas colocados a los extremos de la hilera de plantación y también en palos de 1 pulgada colocados hacia el interior de la hilera distanciados cada 12 metros.

Primer piso: Las ramas del primer piso deben ser amarradas al primer alambre de manera horizontal (echadas). Se bajan todas las ramas necesarias para ocupar los espacios vacíos, respetando un distanciamiento de 30cm entre ellas. Una vez que se ha ocupado el alambre, se pueden amarrar ramas hacia el espacio que existe entre dos plantas, pero se pueden amarrar sólo un máximo de tres ramas por lado.

El segundo piso: Cuando no haya lugar en el primer piso amarrar las ramas en el segundo piso respetando también un distanciamiento de 30cm. No se amarran ramas entre plantas en el segundo piso.

Si ya están ocupados todos los espacios disponibles según la pauta, se deben dejar las ramas que sobran para que el re-podador las elimine. Los amarres con rafia deben ser bien hechos, de modo que las ramas no se corran o muevan. A las ramas que presenten más resistencia a ser movidas o acomodadas se les hace un amarre reforzado dándole varias vueltas a la rafia antes de hacer el nudo, de modo que la rama quede fija.

En la figura 3 se muestra como se ve un campo podado y amarrado, formándose dos pisos de ramas bien definidos



Figura 3. Campo podado y amarrado.

3.2.2. Penduleo de fruta

El objetivo principal de ésta labor es reducir el número de frutos expuestos al sol y al roce con ramas, para lo cual se siguen las siguientes pautas:

Primero se descuelga toda fruta que está montada o metida entre las ramas, luego se amarra con rafia la rama que sostiene las frutas, buscando ubicar a la fruta en la sombra o para alejarla de ramas cercanas, de otras frutas o del alambre. La idea es que la fruta quede en la sombra y sin nada alrededor que pueda dañarla.

Al momento de hacer el amarre, el extremo de la rafia opuesto a la fruta debe ser atado al alambre superior o a alguna rama del segundo piso, evitando que las ramas queden posicionadas de manera vertical y ocupen el espacio entre el primer y segundo piso.

Finalmente, se amarran y bajan aquellos brotes nuevos o ramas que puedan dar sombra a las frutas que están bajo el segundo piso, pero expuestas al sol.

En cualquiera de los casos donde se utiliza rafia, se debe hacer un solo amarre por rama y no hacer “atados” o aglomeración de ramas con un solo amarre. En la figura 4 se muestra a una fruta amarrada con rafia y llevada a la sombra.



Figura 4. Fruta penduleada y llevada a la sombra

3.2.3. Limpieza de fruta

El objetivo principal de ésta labor es evitar el daño de la fruta producido por el roce o contacto con material vegetativo, para lo cual se tienen las siguientes consideraciones:

Eliminar la parte de las ramas o brotes que estén en contacto o cerca de la fruta y a aquellas que aún no estén en contacto con la fruta pero que al momento de que ésta crezca o se descuelgue por el peso, puedan tocarla más adelante, evitando daños futuros. Si hay alguna fruta que esté metida entre las ramas, descolgarla antes de limpiarla, además, se debe de eliminar la espina o “cacho” que nace en la rama que sostiene a la fruta y está cerca de ésta. También se deben de eliminar frutas deformes, considerándose como tal a las que solo se han desarrollado por uno de sus lados, de manera irregular, presentando una especie de “barriga”. No se considera fruta deforme a las que tienen forma de “pera”.

Si se encontrara un racimo, dejar solo dos frutas teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si se trata de más de tres frutas, dejar dos frutas sanas que estén opuestas entre sí.
- Si se trata de tres frutas por racimo, y todas están en buen estado y sin ningún daño, dejar las frutas de los extremos y eliminar la del medio. Se dejará la fruta del medio sólo cuando una de las frutas de los extremos esté dañada.
- Si en el racimo hay una sola fruta y el resto son flores, no eliminar nada.
- Si en el racimo hay dos frutas cuajadas y el resto son flores, eliminar las flores y quedarse con los dos frutos.
- Para eliminar la fruta se deberá utilizar tijera, haciendo un corte en la fruta lo más pegado posible a donde nace. Está prohibido eliminar o arrancar la fruta con la mano.
- Para considerarse como racimo, las frutas deben de nacer en el mismo punto.

Se debe tener cuidado con cortar ramas que tienen fruta a la hora de hacer la limpieza y de no dañar la fruta con la tijera. En la figura 5 se ve una granada con dos ramillas pegadas a ésta, las cuales deben de ser eliminadas para evitar el russet en el fruto.



Figura 5. Fruto que necesita limpieza o eliminación de ramas a su alrededor

3.2.4. Empapelado de fruta

El objetivo principal de ésta labor es evitar el bronceado y escaldadura en la fruta producida por su exposición directa al sol, para lo cual se le cubre con un papel al que se le da la forma de un cambucho o gorro usando grapas y un engrapador. La fruta es sensible al quemado por sol cuando se torna verde y alcanza un tamaño de alrededor de 3 a 4 centímetros; sin embargo, se trata de empezar un poco antes para evitar el riesgo de que no se llegue a tiempo con el personal de campo a empapelar la fruta.

Sólo se debe empapelar la fruta que esté expuesta al sol; aquellas que estén en la sombra la mayor parte del día no deben ser empapeladas. Con respecto a la fruta que está en el primer piso, y cuyo segundo piso está totalmente formado, se empapelan solo las que estén cerca a la calle, y las frutas que están entre dos plantas y no tienen sombra.

No se empapelan racimos que aún no tengan por lo menos dos frutas cuajadas, a menos que la fruta que ya cuajó y está acompañada de sólo flores esté muy desarrollada y de color verde, que es cuando corre mayor riesgo de sufrir daño por sol.

En las frutas dobles se debe de usar un papel de mayor tamaño para empapelarlas; en estas frutas también se deberá reforzar con una grapa la parte inferior del papel para que no se levante con el viento y no las deje expuestas al sol. En la figura 6 se muestran frutos expuestos al sol y empapelados.



Figura 6. Frutos empapelados

3.2.5. Manejo de canopia.

Constantemente se debe controlar el nivel de follaje del cultivo, ya que como se mencionó, debido al elevado nivel de nitrógeno presente en el agua de riego, se generan constantemente brotes nuevos, los que si no son regulados, dan lugar a una planta con abundantes ramas, compitiendo con el desarrollo del fruto e impidiendo la buena iluminación y aireación de la planta, lo que perjudica a la toma de color del fruto y a la proliferación de plagas, haciendo más difícil su control al no haber una buena cobertura de las aplicaciones foliares de insecticidas. Además dificulta también las labores de limpieza de fruta, penduleo y a la poda de la siguiente campaña. En la figura 7 se muestra una planta que no ha sido desbrotada durante la campaña, observándose claras diferencias con una planta desbrotada, mostrada en la figura 8.



Figura 7. Planta sin desbrotar



Figura 8. Planta desbrotada

3.2.6. Cosecha

La fruta cosechada deberá tener por lo menos 15.5 grados brix y menos de 1.8 de acidez, además de presentar ciertos parámetros de calidad (Serrano, 2010), para lo cual el cosechador deberá considerar los siguientes procedimientos y criterios de cosecha: La fruta a cosechar debe presentar por lo menos un 70% de su superficie con color rojo y el 50% restante deberá ser de color crema para el caso de fruta de categoría 1, y 50% rojo para el caso de la categoría 2. No se debe cosechar fruta que presente tonalidades verdes.

La fruta debe de tener un máximo de 12% de la superficie afectada por golpe de sol leve o bronceado, no puede presentar daños severos como agrietamientos o manchas negras o parduzcas. Además, la granada no puede estar afectada por más de un 20% de russet o daños similares.

Si se presentaran indicios de rajado, solo se podrán cosechar las frutas que tengan una pequeña abertura, de no más de 1.5 centímetros, siempre y cuando no queden expuestos los arilos.

Los frutos muy pequeños no son cosechados, siendo los calibres mínimos permitidos para cada categoría de fruta el calibre 14 para el caso de fruta de categoría 2, el cual pesa entre 255 a 300 Kg; y el calibre 16 para el caso de la categoría 1 cuyo rango se encuentra entre 230 a 255Kg, siendo éste último el peso mínimo de fruta que puede cosecharse. Se deben llevar muestras al campo para el personal, para que pueda identificar los calibres mencionados.

Con respecto al proceso de cosecha de la fruta, se realizan dos cortes, el primero para retirarla de la planta y el segundo para que el pedúnculo quede cortado al ras de la fruta. Una vez cosechada la granada es colocada sobre las jabas con un burbupack dentro, siempre boca arriba (con la corona mirando hacia arriba), y llenando bien la jaba en un solo piso. Al llenarse una jaba, ésta es colocada siempre sobre una jaba vacía y en grupos de cuatro jabas, para evitar que entren en contacto con el suelo. Del mismo modo, cada vez que se coge una jaba nueva con burbupack para cosechar, ésta se coloca sobre una sin burbupack para poder apoyarla sobre el suelo mientras se continúa cosechando.

Los jabas o grupos de jabas cosechadas deben ser colocadas debajo de la planta para que no queden expuestas al sol y para que no obstaculicen el pasó del tractor y carreta. Además,

Cada vez que se llena una jaba se debe colocar dentro un ticket con la fecha de cosecha, el cuartel cosechado, el código del cosechador y el nombre del supervisor, lo que servirá para llevar un control de trazabilidad de la jaba desde que es cosechada hasta su llegada al packing. En la figura 9 se muestra el proceso de cosecha, mientras que en la figura 10 se muestran las frutas cosechadas, colocadas en su presentación final que son cajas de 3.8 kg de granadas.



Figura 9. Cosecha



Figura 10. Fruta cosechada

3.3. RIEGO

3.3.1. Diseño del sistema de riego.

El sistema de riego está compuesto por dos equipos independientes entre sí, cada uno riega la mitad del campo, 25 hectáreas, y ésta compuesto por una bomba de succión Hidrostral con especificaciones 50-160 (3540 rpm) Rodete 175 Motor de 25 HP con un filtro en el cabezal de riego Compact de 4". En campo se tienen 3 mangueras por hilera de riego marca Quillay de 16.06mm de espesor con goteros no autocompensados de 2 litros por hora cada uno, distanciados 0.6 metros entre sí. En campo se poseen válvulas de riego de dos pulgadas, las cuales abastecen de agua a 1.5 hectáreas en promedio cada una, presentando dos desfogues a ambos extremos de la submatriz o portalateral que contiene a esa válvula. En las figuras 11 y 12 se muestran la bomba de succión de agua y filtro del cabezal, y una de las válvulas de aire del campo respectivamente.



Figura 11. Bomba de succión y filtro del cabezal de riego



Figura 12. Válvula de riego del campo

Las presiones de entrada y salida del filtro del cabezal de riego en la caseta es de alrededor de 55 bares de acuerdo al lote que se esté regando, y se realiza un lavado de filtros cuando la diferencia entre ambas presiones alcanza un valor de cinco, siendo normalmente éste diferencial de sólo dos bares bajo condiciones normales. Por otro lado, las presiones de salida de las válvulas de riego en campo oscilan entre 10 a 11 bares.

En campo, se posee un distanciamiento de cinco metros entre hileras y tres metros entre plantas, por lo que en una hectárea se tienen 2,000 metros lineales. El sistema de riego se diseñó pensando en tres mangueras, se empezó con dos de ellas y conforme las plantas alcanzaron más edad (quinto año), se agregó la tercera manguera, pensando en que el bulbo de humedad generado por cada gotero permita mantener húmedo todo el perfil del suelo en el que se encuentran las raíces, ya que al tenerse una textura arenosa el bulbo tiende a formarse verticalmente.

Por otro lado, como se mencionó, cada manguera tiene un caudal nominal de dos litros por hora, pero bajo las presiones que se manejan tanto en el cabezal de riego como en las válvulas de campo se alcanza un valor de 2.1 litros por hora por gotero. Por tanto con 2000 metros lineales por hectárea y tres mangueras por hilera se tienen 6000 metros lineales de manguera en el campo, y con un distanciamiento entre goteros de 0.6 metros se tienen 10,000 goteros

por hectárea, que a un caudal por gotero de 2.1 litros por hora, otorga 21,000 litros o 21 metros cúbicos por hora por hectárea como oferta de agua de riego al campo de granado.

Se tienen también dos reservorios uno de 10,000 metros cúbicos y otro de 300 metros cúbicos, la caseta de riego está al lado de éste último, de donde se extrae el agua para rebombearla al campo. El reservorio más grande se realizó hace tres años, como solución al problema de disminución de caudal de los pozos, lo que no permitía que en los días de verano y, por tanto, de mayor demanda hídrica de la planta, se pueda cumplir con los riegos determinados por la empresa, limitándose el riego a la oferta de agua presente en ese momento. Con la construcción del reservorio se tiene un stock de agua almacenada durante las épocas de bajo consumo, que permite cumplir con los riegos óptimos del granado.

Finalmente se tienen 12 turnos divididos en dos equipos de riego, cada lote o turno es de 4.5 hectáreas en promedio y posee tres válvulas que riegan 1.5 hectáreas cada una, siendo activadas automáticamente desde la caseta.

3.3.2. Proceso de riego.

El pozo es encendido y el agua es dirigida hacia el reservorio de 10,000 metros cúbicos de capacidad, de donde el agua es bombeada al reservorio más pequeño para finalmente ser rebombada al campo, pasando primero por los filtros del cabezal de riego. El agua llega a las válvulas. Al tenerse seis cuarteles por equipo, se pueden regar máximo 4 horas al día cada uno, tiempo suficiente para cubrir la demanda hídrica del campo, considerando tanto el consumo del cultivo, como la eficiencia de riego y fracción de lavado.

En la caseta de riego el motorista u operario debe estar atento a las mediciones de presión, caudal y otros datos relevantes para el correcto funcionamiento del proceso y para evitar errores que afecten al cultivo o deterioren el sistema de riego; además, deberá de coordinar con el regador en campo constantemente, el cuál debe asegurarse de que las presiones de las válvulas sea la correcta, que las mangueras estén alineadas y que los goteros estén trabajando bien.

3.3.3. Consideraciones en la determinación del riego.

Los riegos se realizan considerando los datos de evapotranspiración recolectados de la estación meteorológica que se posee dentro del fundo y del coeficiente de cultivo (K_c) que se determinó para el caso del granado. Éste K_c se determinó en un inicio con ayuda del asesor de la empresa, el cual manejaba dicha información en base a su experiencia, además

se visitaron varios campos para acceder a más información, la cual coincidía con la del asesor. Posteriormente esos coeficientes de cultivo se fueron afinando, adecuándolos a las condiciones del fundo, sobre todo al contenido de sales en el agua de riego, el cual alcanza valores de hasta 5 dS/m, por lo que se consideró una fracción de lavado que equivale a un 10% más del volumen de agua de riego requerido, además del 10% adicional que ya se incluía debido a la eficiencia considerada del sistema de riego. Para determinar la frecuencia de riegos se considera el dato obtenido en laboratorio de humedad aprovechable del suelo, que junto al ancho y profundidad de raíces permite calcular el volumen de agua almacenado en el suelo y cuanto de agua se puede dejar que se consuma según Kc y Eto, antes de volver a regar.

Se trabaja con sondas de riego, las cuales se complementan con tensiómetros ubicados en campo. Éstos equipos han permitido ajustar aún más el coeficiente de cultivo, debido a que ayudan a visualizar el nivel de humedad presente en el suelo a diferentes profundidades, y su comportamiento a lo largo del tiempo, registrando los momentos en los que se dan variaciones importantes o subidas y bajadas considerables de los niveles de humedad, permitiendo tomar las medidas correspondientes a tiempo y determinar la frecuencia de los riegos. Todo lo anterior se complementa con la evaluación constante de calicatas, las cuales son realizadas cada 15 días e incluso semanalmente en las primeras etapas fisiológicas del cultivo cuando los riegos son más distanciados. El análisis de las calicatas permite evaluar el nivel de humedad del suelo y como se distribuye ésta en todo el perfil, además de observar el nivel de raíces presentes, su estado fitosanitario y su área de influencia, la cual es un factor determinante en las consideraciones tomadas para el cálculo del volumen de riego.

Finalmente, también se trabaja con imágenes satelitales que permiten observar cual es el nivel de follaje del campo y como está distribuido, lo que puede asociarse con la uniformidad y eficiencia del riego.

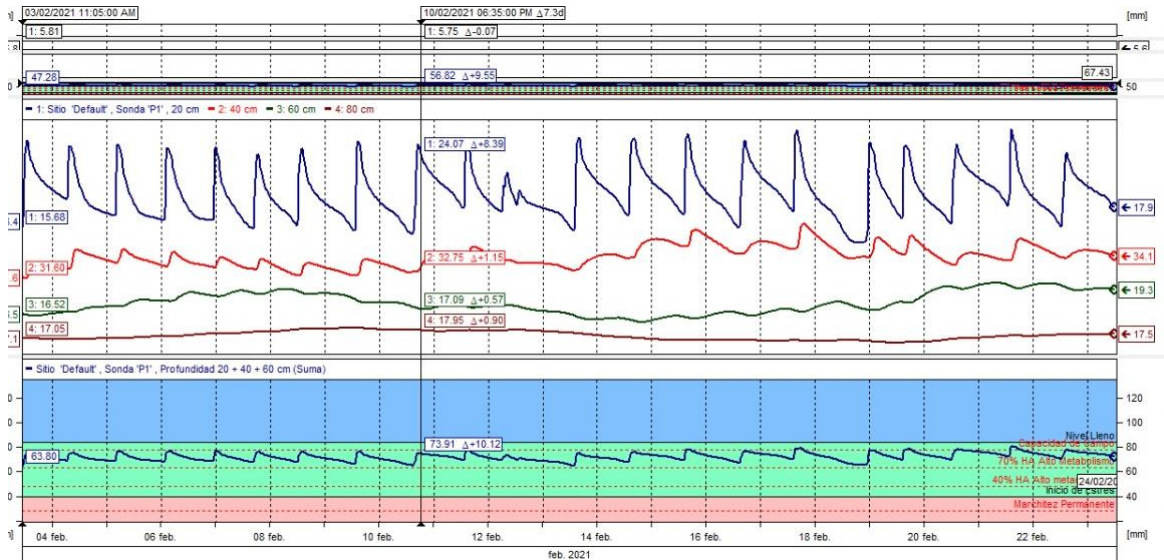


Figura 13. Curvas de humedad registradas por las sondas de capacitancia

En la figura 13 se muestran los resultados de las sondas de capacitancia, las cuales son uno de los instrumentos empleados para programar el riego, así mismo, en la figura 14 se muestra una imagen de uno de los tensiómetros usados para conocer el nivel de humedad del suelo, y en la figura 15 la evaluación de raíces y humedad en calicatas. La forma en la que son anotados los datos recogidos del monitoreo de los tensiómetros se muestra en la tabla 4, donde se observan los datos de la primera quincena de noviembre.



Figura 14. Medición de tensiómetro de 45 cm de profundidad



Figura 15. Evaluación de calicatas

Tabla 4. Medición de tensiómetro por fecha

| Fecha | Et. | Hora de medición | Hora de riego | 30 | 45 | 60 | HORAS DE RIEGO | VOLUMEN (m3) |
|------------|-----|------------------|---------------|------|------|------|----------------|--------------|
| 1/11/2020 | 3.3 | 6:30 | | 9.2 | 10.1 | 14.2 | | |
| 2/11/2020 | 3.6 | 6:40 | | 10.5 | 11.4 | 14.4 | | |
| 3/11/2020 | 5.3 | 6:05 | 7:15 | 11.8 | 12.5 | 15.1 | 3.75 | 78.8 |
| 4/11/2020 | 5.4 | 6:15 | | 9.2 | 10.4 | 14.8 | | |
| 5/11/2020 | 4.7 | 6:10 | 9:45 | 10.8 | 11.8 | 14.8 | 8.00 | 168.0 |
| 6/11/2020 | 4.5 | 6:15 | | 6.9 | 11.5 | 12.5 | | |
| 7/11/2020 | 1.4 | 6:30 | 6:10 | 8.4 | 11.1 | 16.2 | 3.83 | 80.4 |
| 8/11/2020 | 4.5 | 6:40 | | 10.1 | 11.2 | 12.5 | | |
| 9/11/2020 | 4.7 | 6:15 | 6:15 | 11.1 | 12.1 | 13.8 | 3.00 | 63.0 |
| 10/11/2020 | 4.9 | 6:15 | | 9.9 | 11.9 | 13.6 | | |
| 11/11/2020 | 4.7 | 6:00 | 6:00 | 11.2 | 12.9 | 14.7 | 4.00 | 84.0 |
| 12/11/2020 | 4.9 | 6:15 | | 9.8 | 11.3 | 13.8 | | |
| 13/11/2020 | 5.6 | 6:05 | 6:10 | 11.1 | 12.8 | 14.7 | 4.00 | 84.0 |
| 14/11/2020 | 4.7 | 6:30 | | 9.8 | 11.3 | 13.8 | | |
| 15/11/2020 | 4.8 | 6:05 | 13:35 | 11 | 12 | 14 | 4.25 | 89.3 |

3.3.4. Importancia del riego para el cultivo de granado

Los riegos para el cultivo de granado han sido determinantes en la producción y en el porcentaje de fruta embalada por campaña. Se determinó que existe una relación directa entre los volúmenes de agua por campaña y la frecuencia de riegos con el calibre de frutos, lo que conlleva a una mayor producción por mejoras en el calibre de 430g a 500g por fruta por campaña, representando un incremento en la producción de 16.27% considerando la misma cantidad de frutas por planta. Igualmente se ha observado que la uniformidad del riego favoreció a una mayor uniformidad en el follaje del campo, lo cual se evidencia en las imágenes satelitales.

Además se redujo de un 20% a un 7% el porcentaje de fruta rajada, manteniendo una frecuencia de 24 horas entre riego y riego en la etapa del cultivo en que los riegos son diarios debido a la evapotranspiración y K_c del cultivo, considerándose además, un riego mínimo de 3 horas por día, así los elementos anteriores determinen un riego menor a este tiempo, y en caso sea más si se toma en cuenta esos valores. Por ejemplo, si se tiene un día una evapotranspiración de 5.5 y una K_c de 1.1, con eficiencia de riego de 90% y una fracción de lavado de 10% del volumen de agua requerido para el riego, demandaría un riego de 3.52 horas o 74 metros cúbicos, las cuales son respetadas y ejecutadas; mientras que si se tuviera una evapotranspiración de 3.5 y una K_c de 1.1 para la misma fecha, con la misma eficiencia y fracción de lavado que en el caso anterior, demandaría un riego de 2.56 (54 m³) horas, en cuyo caso se ordena un riego de 3 horas o 63 metros cúbicos, a pesar del valor obtenido, asegurándose así que el agua profundice lo suficiente.

Debido a las condiciones de sales del agua de riego, en la poscosecha y previo al inicio de poda y de la nueva campaña, no se realiza un agoste o estrés hídrico muy severo para inducir la dormancia y defoliación de la planta, manteniéndose sin riego por un rango de tiempo de entre 18 a 34 días, a diferencia de lo que comúnmente se hace o se recomienda, que es dejar sin agua al granado por 30 a 60 días. Para ese momento el cultivo demanda un riego con frecuencias de nueve días en promedio, por lo que a pesar de los días mencionados sin riego el estrés hídrico correría a partir del décimo día, manteniéndose un estrés de entre 11 y 25 días.

Para compensar el estrés hídrico tan severo, se realizan aplicaciones de traslocadores y sulfato de potasio desde 8 semanas antes de la aplicación de cianamida hidrogenada y por tanto del riego de machaco. Las aplicaciones de sulfato de potasio son cuatro, cada 15 días

en dosis de 2% para las primeras dos aplicaciones y de 3.5 ó 4% para las dos siguientes, de acuerdo al nivel de defoliación de la planta; siendo las dos primeras para traslocar el potasio y para ir madurando las ramas y las dos últimas para madurar. El traslocador se aplica 45 y 30 días antes de la poda. El riego de machaco se da en dos momentos, el primero de 24 horas o 500 metros cúbicos un día antes de la aplicación de cianamida, y el segundo de 12 horas o 250 metros cúbicos dos días después del primero, con lo que se consigue llenar todo el volumen de suelo que involucra a las raíces de la planta, el cuál es de un metro de profundidad, además de lavar las sales que se acumularon producto de los días sin riego.

Se tuvieron problemas en la uniformidad de riego, producto del taponamiento de goteros de las mangueras, ocasionado por el mal uso de productos biológicos y falta de información acerca de éstos y del sistema de riego instalado. Según datos proporcionados por Olivos Corande, se debe tener un coeficiente uniformidad de por lo menos 90%, el cual no era alcanzado debido a la cantidad de goteros obstruidos. Existe un producto biológico de todos los que se usan en la empresa que no debe permanecer mucho tiempo dentro del sistema o de las mangueras, ya que al encontrar condiciones óptimas para su propagación y desarrollo se reproducen rápidamente, introduciéndose en los goteros y obstruyéndolos.

Por otro lado, se desconocía cuanto tiempo dura el recorrido del agua desde la caseta de riego hasta las mangueras de cada lote del campo, por lo que el tiempo de 15 minutos de lavado de mangueras que se daba después de la inyección de fertilizantes u otros productos no era suficiente. Finalmente se realizaron mediciones del volumen de tuberías enterradas en el campo para el riego y los metros de recorrido de éstas, por lo que considerando el caudal del agua se calculó cuanto tiempo tarda ésta en llegar a cada lote de riego; además, se corroboró ese dato haciendo mediciones del pH del agua y su conductividad eléctrica exactamente después de terminada la fertilización y se tomó el tiempo en el cual se volvían a tener los valores propios del agua, determinándose que el tiempo necesario para el lavado del sistema debía ser de una hora, por lo que al no ser suficiente el tiempo de lavado practicado hasta ése momento el producto biológico sedimentaba dentro de la manguera y se almacenaba para después propagarse y obstruir los goteros del campo.

También, con el paso del tiempo las mangueras van perdiendo uniformidad, lo que puede afectar, no solamente a la producción sino también al desarrollo vegetativo de la planta, lo cual puede ser perjudicial también para la siguiente campaña. Las imágenes satelitales muestran como aquellos cuarteles o lotes que tuvieron menor uniformidad de riego y mayor

cantidad de goteros obstruidos, presentaron menor uniformidad también en desarrollo foliar. En la figura 16 se visualiza como, sin considerar los niveles de NDVI, ya que éstos pueden ser altos o bajos de acuerdo a otros factores como severidad en la poda, retentividad del suelo u otras labores propias del cultivo; se observa que en las fechas y cuarteles de mayor des uniformidad, se tienen pequeñas áreas dentro del total que varían en los niveles de NDVI, observándose como pequeños agujeros o manchas de diferente color dentro de la imagen. El NDVI o índice de vegetación es una herramienta que permite tomar imágenes satelitales del campo y mide cómo está distribuido el follaje dentro de éste.



Figura 16. Índice de Vegetación del Campo de Granado y Niveles de NDVI.
Nota: Dato tomado del Informe de la empresa SGS.

3.4. FERTILIZACIÓN

3.4.1. Elementos del sistema de fertilización.

Cada equipo de riego cuenta con una bomba de fertilización, la cual succiona el fertilizante u otras enmiendas o agroquímicos disueltos en los tres tanques de 1000 litros de capacidad que se poseen por equipo. Antes de que la solución ingrese al sistema de riego pasa primero por un filtro de 1" y por un caudalímetro regulable, que permite regular cuánta agua del tanque pasará por minuto al sistema de riego y con eso determinar en cuanto tiempo se inyectará el fertilizante. Dentro de los tanques se tienen también agitadores que permiten diluir el producto dentro de éstos, evitando obstrucción de los filtros, goteros en campo y

permitiendo que se fertilice adecuadamente, aprovechando al máximo el fertilizante incorporado. En las figuras 17 y 18 se muestran la bomba de fertilización con su filtro y caudalímetro, y los tanques de fertilización mencionados anteriormente.



Figura 17. Bomba de fertilización, filtro y caudalímetro



Figura 18. Tanques de fertilización

3.4.2. Consideraciones en la determinación del programa y metodología de fertilización y su importancia para el cultivo.

La fertilización se programa según los datos de análisis foliares tanto históricos como de la misma campaña, éstos últimos para ajustar el programa de ser necesario frente a alguna deficiencia o a un exceso de algún elemento nutricional. Se programan las unidades por estado fenológico y la frecuencia y cantidad de fertilizante por cada inyección se determina según la concentración necesaria considerando los mili-equivalentes por litro requeridos para mantener las relaciones catiónicas óptimas dentro de la solución suelo, o en todo caso para acercarse a ése óptimo en la medida de lo posible.

Los valores de nitratos y calcio en el agua de riego de la empresa son elevados. Con respecto a los nitratos se encuentran presentes en cantidades por encima de los 2.5 meq/L, por lo que no se contempla dentro del programa fuentes nitrogenadas destinadas a aportar nitrógeno al cultivo, sólo se utiliza nitrato de calcio para cubrir las exigencias de calcio del campo. Los altos niveles de nitratos en el agua, provocan un desarrollo de follaje excesivo, aun cuando no se fertiliza con fuentes nitrogenadas, debido a la gran cantidad de brotes nuevos que emite la planta, por lo que constantemente se debe de regular esa brotación, a través de un eficiente manejo de canopia, de lo contrario se tendrá una planta con muchas ramas, lo que es perjudicial para el crecimiento del fruto, debido a la competencia con el follaje y su calidad, ya que éste queda más expuesto al daño por raspado o russet, además que en envero o pinta, al fruto le costará tomar color debido a una mala iluminación del arbusto. Por tanto, en la empresa se emplean hasta 20 jornales por hectárea por campaña, durante diferentes momentos dentro de ésta, para controlar a través de podas en verde, el follaje del cultivo, asegurando obtener el calibre y calidad deseado del fruto. De lo anterior se deduce la importancia de mantener en equilibrio los niveles nitrogenados del granado y cómo el nitrógeno del agua aporta significativamente a la planta, debiendo siempre considerarse los análisis de agua para poder implementar un programa de fertilización de manera adecuada.

Con respecto a los altos niveles de calcio y sodio en el agua, éstos evitan la adecuada absorción del potasio y sobre todo del magnesio al ser ambos cationes divalentes, por lo que para asegurar el aprovechamiento de los fertilizantes con esas fuentes, se concentra y trabaja con meq/L altos, buscando mantener las relaciones óptimas de esos cationes. En el caso del magnesio se fertiliza con sulfato de magnesio con una frecuencia de 9 a 12 días, concentrando alrededor de 12 meq/L de magnesio por cada riego, por lo que considerando

los 21.1 y 3.76 meq/L de calcio y magnesio respectivamente en el agua de riego da como resultado una relación de Ca/Mg de 21.1/15.76, es decir de 1.33, mitigando el problema de baja absorción de magnesio evidenciado en los análisis foliares. Con el sulfato de potasio empleado como fuente potásica, y debido a la presencia de altos niveles de sodio y magnesio en el agua, también se busca concentrar ése elemento, en éste caso se fertiliza con alrededor de 7 meq/L de potasio cada cuatro días en promedio, y en los momentos donde la demanda y absorción de éste nutriente es alta, cómo en llenado de fruto y envero, se inyecta con una frecuencia mayor de entre dos a tres días y con no menos de 5 meq/L, mejorando así, los niveles foliares de potasio en la planta. Cabe mencionar que, en los días en que se fertiliza con calcio, no se fertiliza con magnesio debido a los problemas descritos.

La mayoría de fertilizantes se inyectan durante dos horas de riego, tiempo en el cual el agua logra llegar a los 50 cm de profundidad según las sondas de capacitancia ubicadas en campo; a esa profundidad se encuentran la mayoría de raíces del cultivo, asegurándose que el fertilizante pueda ser tomado por estas. Por lo tanto, para hallar la concentración o los meq/L se usa como dato 42 metros cúbicos, que es el volumen de agua equivalente a dos horas de riego.

En la tabla 5 se muestra el programa de fertilización por etapa fisiológica, considerando las unidades necesarias en cada una y para la campaña completa, según los requerimientos del cultivo de la empresa y bajo las condiciones descritas en párrafos anteriores.

Tabla 5. Unidades por estado fenológico de los principales elementos nutricionales usados en la empresa

| Estados Fenológicos | N | P2O5 | K2O | CaO | MgO | B | Zn |
|----------------------------|----------|-------------|------------|------------|------------|----------|-----------|
| Brotación-Preflor | 8 | 20 | 50 | 15 | 30 | 5 | 6 |
| Floración | 8 | 40 | 75 | 15 | 30 | 3 | 5 |
| Cuajado-Envero | 34 | 60 | 200 | 30 | 50 | | |
| Envero -Cosecha | 0 | 15 | 225 | 0 | 0 | | |
| Poscosecha | 0 | 15 | 50 | 0 | 0 | | |
| Total por Campaña | 50 | 150 | 600 | 60 | 110 | 8 | 11 |

Nota: Datos tomados de la empresa.

En la tabla 6 se muestran los porcentajes considerados por etapa fisiológica, lo que permite dosificar el fertilizante, de acuerdo a las unidades programadas por etapa y a la ley de cada

fuente a utilizar; calculando en paralelo el número de riegos que se tendrá y definiendo en cuántos de esos riegos se inyectará el producto, buscando alcanzar las concentraciones deseadas mencionadas anteriormente. En la tabla 7 se muestra un ejemplo de cómo se determinan los kilogramos requeridos por fertilizante para una determinada etapa fisiológica, en este caso para la de brotación-PreFlor, usando las unidades consideradas y la ley del fertilizante, haciéndose lo mismo para el resto de la campaña. Todo lo anterior permite desarrollar el programa de fertilización para la campaña agrícola.

Tabla 6. Distribución en porcentaje de las unidades usadas por estado fenológico en la empresa

| Estados Fenológicos | N | P2O5 | K2O | CaO | MgO | B | Zn |
|----------------------------|----------|-------------|------------|------------|------------|----------|-----------|
| Brotación-PreFlor | 16% | 13% | 8% | 25% | 27% | 62.5% | 54.5% |
| Floración | 16% | 27% | 13% | 25% | 27% | 37.5% | 45.5% |
| Cuajado-Envero | 68% | 40% | 33% | 50% | 45% | | |
| Envero –Cosecha | | 10% | 38% | | 0% | | |
| Poscosecha | | 10% | 8% | | 0% | | |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Nota: Datos tomados de la empresa.

Tabla 7. Ley de los principales fertilizantes usados en la empresa

| Producto Comercial | Unidades | Ley del fertilizante | | | | | | | kgs/ha |
|---------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|------------|------------|------------|----------|-----------|---------------|
| | | N | P2O5 | K2O | CaO | MgO | B | Zn | |
| Nitrato de Amonio | 0 | 33% | | | | | | | |
| Ácido Fosfórico | 20 | | 61% | | | | | | 33 |
| Nitrato de Potasio | 0 | 14% | | 46% | | | | | |
| Sulfato de Potasio | 50 | | | 50% | | | | | 100 |
| Nitrato de Calcio | 15 | 12% | | | 24% | | | | 63 |
| Nitrato de Magnesio | 0 | 10% | | | | 15% | | | |
| Sulfato de Magnesio | 30 | | | | | 16% | | | 188 |
| Sulfato de Zinc | 6 | | | | | | | 23% | 26 |
| Ácido Bórico | 5 | | | | | | 17% | | 29 |

Nota: Datos tomados de la empresa

Finalmente, en la tabla 8 se muestra la cantidad de fertilizantes usados en toda la campaña, los precios unitarios de cada uno de ellos y el costo total en fertilizantes.

Tabla 8. Costo de los fertilizantes usados en la empresa

| Datos de la campaña 2020-2021 | Ácido Fosfórico | Sulfato Potasio | Nitrato Calcio | Sulfato Magnesio | Ácido Bórico | Sulfato Zinc |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| Fertilizante usado (Kg) | 246 | 1200 | 250 | 688 | 47 | 48 |
| Precio del fertilizante (\$) | \$1.05 | \$0.65 | \$0.35 | \$0.21 | \$0.90 | \$1.10 |
| Costo total por fertilizante | \$258.20 | \$780.00 | \$87.50 | \$144.38 | \$42.35 | \$52.61 |
| Costo del total de fertilizantes (\$) | | | | | | \$1,365.03 |

Nota: Datos tomados de la empresa.

Tanto en el caso del potasio como del magnesio se acompaña la estrategia de fertilización en base a concentrar los fertilizantes empleados, con un programa de aplicaciones foliares de sulfato de potasio y sulfato de magnesio, ambos al 1%, es decir a dosis de dos kilogramos por cilindro de 200 litros. Se observa en las figuras los niveles de potasio y magnesio en las hojas de granado, los cuales están dentro del rango óptimo y no eran alcanzados antes de la estrategia mencionada. A pesar de tener calcio en el agua, se considera dentro del programa aportes de calcio tanto a través de la fertilización, como de aplicaciones foliares, debido a su poca movilidad dentro de la planta.

3.4.3. Proceso de inyección del fertilizante.

El sistema de fertilización a través del riego se inicia bombeando el fertilizante diluido en los tres tanques dispuestos por cada equipo de riego. Cada tanque tiene una capacidad de 1000 litros, y debido a la alta conductividad y alcalinidad que posee el agua de riego, 6dS/m y pH de 7.8, el fertilizante no se diluye normalmente. Por tanto bajo las condiciones presentes se hicieron pruebas de solubilidad con los principales fertilizantes empleados cuya solubilidad de por sí no es alta, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 9.

Tabla 9. Solubilidad y fraccionamiento de los fertilizante usados en la empresa

| Fertilizante | Solubilidad g/L | Solubilidad/tanque fertilizante (kg)/1000L | Tanques a emplear según Kg de fertilizantes por usar | | | |
|------------------------|--------------------|--|---|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | 1 solo tanque de 0 a 50Kg | 2 tanques de 50 a 100Kg | 3 tanques de 100 a 150Kg | 4 tanques de 150 a 200Kg |
| Sulfato de Potasio | 50 | 50 | | | | |
| Sulfato de Magnesio | 600 | 600 | de 0 a 600Kg | de 600 a 1200Kg | | |
| Nitrato de Calcio | 900 | 900 | de 0 a 900Kg | de 900 a 1800Kg | | |
| Ácido bórico | 40 | 40 | de 0 a 40Kg | de 40 a 80Kg | | |

Nota: Datos tomados de la empresa

De acuerdo a las solubilidades de cada fertilizante se fraccionan, de ser necesario, los kilogramos empleados por cada inyección, para que el fertilizante pueda ser diluido y aplicado correctamente en el campo. En la tabla 8 se establece cuantos kilos de fertilizante se pueden colocar como máximo por tanque de fertilización. Por ejemplo, el sulfato de potasio tiene una solubilidad de máximo 50 kg por tanque de 1000 litros, y si la cantidad de ese fertilizante que corresponde inyectar es de 70 kg no se podrá agregar en un solo tanque, se tendrá que fraccionar en dos partes de 35kg de sulfato de potasio cada una. Del mismo modo, si tengo que inyectar 120 kg de sulfato de potasio, debo fraccionar en 3 partes de 40Kg cada una para evitar que se excedan los 50 kg por tanque. En estos casos, si se fracciona en tres partes, se deberá de llenar y pasar el agua del tanque tres veces.

Por otro lado, en las primeras etapas fenológicas del cultivo, brotación y floración, es cuando se emplean más fuentes de fertilización y enmiendas para el campo, por lo que deben de mezclarse cuidadosamente, considerando incompatibilidades entre diferentes productos, así como posibles competencias entre ellos por su ingreso a la planta. Así, la cartilla de fertilización entregada al operario considera todos esos factores y detalla los productos que

se utilizarán por fecha de inyección, acompañada de una tabla (tabla 10) donde se muestra en qué tanques serán diluidos y con qué productos serán mezclados. Se evita de que el sulfato de potasio y sulfato de magnesio se inyecten el mismo día o al mismo momento, ya que a pesar de no presentar incompatibilidad química, si pueden competir por su ingreso a la planta. Por otro lado el nitrato de calcio al ser incompatible con casi todos los productos utilizados se diluye solo en un tanque y se inyecta también solo, cerrando las llaves de los otros tanques.

Tabla 10. Mezclas de fertilizante por tanque de fertilización

| Productos que Son Mezclados por Tanque de Fertilización | | |
|--|--------------------|--------------------------|
| Tanque 1 | Tanque 2 | Tanque 3 |
| Sulfato de magnesio | Sulfato de potasio | Nitrato de calcio (solo) |
| Sulfato de zinc | Ácido fosfórico | Otros agroquímicos |
| Microelementos | | |

Los tres tanques están unidos a la misma tubería que se conecta al sistema de riego y trabajan con la misma bomba de fertilización, por lo que no están independizados y la única forma de anular uno de ellos es cerrando la llave de paso a la salida del tanque. Esto genera el problema de que los productos vertidos en cada uno de los tanques se junten antes de ingresar al sistema de riego por un corto periodo de tiempo y de que no puedan aislarse correctamente, por lo que se debería considerar una bomba por cada tanque. Por otro lado, debido a que los tres tanques están conectados entre sí, se debe también de regular el caudalímetro de la succión de producto éstos, de acuerdo a la cantidad de tanques que estén siendo usados al mismo tiempo. En la tabla 11 se muestra la información entregada al operario para poder inyectar el producto a diferentes tiempos y con diferentes cantidades de tanques usados. Por ejemplo, según la tabla, para un tanque llenado a 1000L; si quiero inyectar el fertilizante en 45 minutos en un solo tanque, necesito un caudal de la bomba de inyección de 22L por minuto; con 2 tanques a la vez se necesitan 44L por minuto y con tres tanques a la vez se requieren 66L por minuto. Este cálculo es válido, siempre y cuando, las llaves de salida de los tanques estén igualmente reguladas.

Tabla 11. Caudales necesarios para inyectar la mezcla de fertilizantes por tanque

| Tiempo de inyección | Caudal (Litros/min) para vaciar un tanque de 1000L de agua | | |
|----------------------------|---|---------------------------|---------------------------|
| | 1 tanque a la vez | 2 tanques a la vez | 3 tanques a la vez |
| 00:30:00 | 32 | 64 | 96.0 |
| 00:45:00 | 22 | 44 | 66.0 |
| 01:00:00 | 16 | 32 | 48.0 |
| 01:30:00 | 11 | 22 | 33.0 |
| 02:00:00 | 8 | 16 | 24.0 |
| 02:30:00 | 6.4 | 12.8 | 19.2 |
| 03:00:00 | 5 | 10 | 15.0 |
| 04:00:00 | 4 | 8 | 12.0 |

Por último, se calculó que el tiempo que tardan los productos aplicados desde su inyección al sistema, hasta su llegada al último gotero de cada cuartel es de una hora aproximadamente, por lo que se termina de fertilizar 60 minutos antes de que termine el riego para asegurar el total lavado del sistema una vez terminada la fertilización. El tiempo de inyección varía de acuerdo a la movilidad del fertilizante y de los meq/L que desean alcanzarse, normalmente dura dos horas, tiempo durante el cual se consumen 42 metros cúbicos de agua, valor que es tomado en cuenta para calcular la concentración con la que se quiere trabajar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La empresa Agrícola Huarney se vio afectada en determinado momento con bajas en la producción debido al incremento de la salinidad del agua de riego. La calidad del agua es un aspecto que difícilmente puede ser mejorado, por lo que, la principal solución fue generar estrategias basadas en mejorar la eficiencia del riego, dado que, bajo condiciones de estrés por sales, el recurso hídrico debe ser abastecido de manera oportuna y en los volúmenes correctos.

Una de las primeras medidas tomadas fue la incorporación de equipos y herramientas que permitan realizar mediciones, generando data que facilite la toma de decisiones y hacer ajustes necesarios de ser requeridos. Estas herramientas son los sensores de riego, tensiómetros e imágenes satelitales; complementadas con la preparación de calicatas en campo y los análisis del suelo y agua usados en la producción. El otro aspecto importante, fue hacer buen uso de la data generada, a través de un correcto análisis e interpretación de los datos obtenidos, por lo que fue muy importante el aporte técnico del equipo de agrónomos presentes en la empresa.

La adecuada programación de los riegos tanto en volumen como en frecuencia, haciendo uso de las herramientas mencionadas con anterioridad, permitieron mejorar la eficiencia del riego y, por tanto, solucionar de forma importante los problemas de bajo calibre y rajado de los frutos de granado. De ese modo, el peso promedio de los frutos aumentó de 0.43 kilogramos a 0.5 kilogramos, presentándose un incremento en la producción de 16.27 %, alcanzando las 41 toneladas por hectárea promedio. Además, el porcentaje de frutos rajados disminuyó considerablemente de 20 % a 7 %, por lo que no solo se incrementó la producción, si no también, la cantidad de fruta embalada o fruta exportable del campo.

Del mismo modo, se mejoró la nutrición trabajando la fertilización con concentraciones adecuadas y no solo con kilogramos aplicados por hectárea, tomando en consideración adecuadas relaciones catiónicas al momento de incorporar los fertilizantes al campo, permitiendo que la planta pueda tomar mejor los nutrientes de la solución suelo y evidenciándose con las mejoras en los niveles de los diferentes elementos presentes en las hojas del cultivo a través de análisis foliares; complementándose así el manejo del riego y fertilización para conseguir una mejor producción del campo de granado.

V. CONCLUSIONES

- A pesar de las condiciones adversas que se tienen en la empresa donde se desarrolló la experiencia profesional, con respecto a la disponibilidad y calidad de agua de riego, se evidencia que con valores de 5 dS/m de conductividad eléctrica se puede producir una importante cantidad de kilogramos por hectárea, hasta 40,000 kg, por lo que éste documento sirve de mucho a aquellos productores que posean tierras con características similares y que deseen invertir en algún cultivo que pueda ser exportado.
- El adecuado riego del cultivo de granado en volumen de agua, frecuencia y control de su ejecución y eficiencia, afecta considerablemente a los rendimientos obtenidos por campaña, tanto en el calibre de la fruta como en el porcentaje de fruta rajada. De ese modo, se pudo tener un incremento de hasta 16% de kilogramos por hectárea y se disminuyó la merma producto del rajado de 20% a 7%, permitiendo embalar más fruta por campaña.
- Las labores de campo para el cultivo varían de acuerdo a las condiciones presentes en cada lugar de producción. Bajo las condiciones de la empresa donde se desarrolló la experiencia profesional, es necesario invertir más en poda, manejo de canopia y limpieza del fruto, debido al abundante follaje que se genera en cada campaña producto de la presencia de altos niveles de nitratos en el agua de riego, lo que obliga a emplear mucha mano de obra en las labores mencionadas, para poder mantener los estándares de calidad del fruto de granado requeridos.
- Con respecto a la fertilización, se evidencia también la importancia de considerar los análisis de suelo y agua para desarrollar el programa de fertilización. En éste caso es el agua de riego lo que influye más en la fertilización de la campaña, debido a su alto contenido de nitratos, por lo que no se usa ninguna fuente nitrogenada con el fin de aportar nitrógeno al cultivo; por otro lado, el calcio se presenta en elevadas cantidades,

lo que dificulta la absorción del magnesio, teniendo que agregarse una concentración alta de éste elemento cada vez que es inyectado al sistema, para que la relación Ca/Mg se ajuste más al óptimo y sea más eficiente su uso. Lo mismo ocurre con el potasio y el sodio, agregándose concentraciones altas de potasio para poder competir con el sodio del agua en su ingreso a la planta.

- La fertilización se programa considerando las unidades por estado fenológico; sin embargo, como se mencionó en el párrafo anterior, se consideran ciertas concentraciones trabajadas en meq/L para poder cubrir las necesidades del cultivo y el uso eficiente de los fertilizantes utilizados. Se inyectan la mayoría de fertilizantes en 21 metros cúbicos de agua, equivalentes a dos horas de riego, que es el tiempo que según las sondas de riego, le toma llegar al agua a los 50 cm de profundidad. En función de ese dato se ajustan los programas, los meq/L de los nutrientes y las frecuencias de inyección de cada producto.
- Debido a la salinidad del agua y a sus altos contenidos de nitratos, cloruros y sodio, es sumamente importante que se afine con mucho detalle el riego del cultivo, pues al no poseerse mucho margen de error en tales circunstancias, se corre más riesgo de afectar a la producción.

VI. RECOMENDACIONES.

- En la empresa se cuenta con una planta de osmosis inversa para producir agua dulce destinada a las aplicaciones foliares del cultivo, la cual está cerca a la caseta de fertirrigación. Se pueden realizar conexiones para que el agua dulce producida llegue a los tanques de fertilización y se mejore la solubilidad de los fertilizantes utilizados, facilitando la logística y operatividad de la fertilización.
- Se recomienda independizar los tanques de fertilización, considerando una bomba de succión por cada tanque y no una sola para los tres como se tiene actualmente. Esto permitirá una mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes ya que no se juntarán hasta haber llegado a la tubería matriz de riego, evitando que se formen precipitados y obstruyan los filtros o en el peor de los casos, los goteros del campo.
- Se recomienda también, agregar tres juegos de tensiómetros más, a los tres que ya se tienen en el campo, para controlar que el riego se esté ejecutando correctamente.
- Realizar más purgados o limpiezas de manguera de riego, para disminuir el riesgo de taponeamiento de goteros, sobre todo después de inyectar por el sistema productos biológicos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

El Mercurio (2010). El atractivo panorama para la producción de granadas en Chile. Recuperado de <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Noticias/2015/05/11/El-atractivo-panorama-para-la-produccion-de-granadas-en-Chile.aspx>

Ferreira, R., Sellés, G., Ahumada, R., Maldonado, P., Gil, P., Barrera, C. (2005). Manejo del riego localizado y fertilización. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 126. 56 p.

Frankc, N. (2010). ABC del Cultivo del Granado. En ACONEX. Recuperado de http://www.gira.uchile.cl/descargas/Franck_Aconex.pdf

Fresh fruits (2020). “Granada limitada”. Recuperado de <https://freshfruit.pe/2020/03/15/granada-limitada/>

Giménez, M. (2010). Fertirrigación del granado. En I Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud. Recuperado de <https://pvm.umh.es/files/2013/04/El-Granado2.pdf>

Maclean, D., Martino, K., Scherm, H., & Hortan, D. (2011). Pomegranate production. *University of Georgia Cooperative Extension Circular*, 997.

Martínez, L. (1998). Manual de fertirrigación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Departamento de Recursos Naturales. Chile.

Martínez, J., & Hernández, F. (2010). Material vegetal y técnicas de cultivo. En I Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud. Recuperado de <https://pvm.umh.es/files/2013/04/El-Granado2.pdf>

Melgarejo, P. (1992). El Granado. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 163 p.

Melgarejo, P. (2000). Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas vol. I. El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal. Mundi-Prensa y AMV Ediciones. Madrid. 382 pp.

Melgarejo, P., Hernández, F., Martínez, J., Martínez-Font, R., & Legua, P. (2010). Uso del kaolin para disminuir el albardado en granadas. En I Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud. Recuperado de <https://pvm.umh.es/files/2013/04/El-Granado2.pdf>

Melgarejo, P. (2010). Conferencia general: el granado, su problemática y usos. En I Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud. Recuperado de <https://pvm.umh.es/files/2013/04/El-Granado2.pdf>

Mengel, K., Kirkby, E. (2000). Principios de nutrición vegetal. Internacional Potash Institute Basel. Switzerland.

Portalfrutícola.com (2012). La importancia del uso de protectores solares para el cuidado de cultivos hortofrutícolas. Recuperado de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2012/10/10/la-importancia-del-uso-de-protectores-solares-para-el-cuidado-de-cultivos-hortofruticolas/>

Redagrícola (2017). El despegue de la granada. Nuevos mercados y una mayor industrialización. Recuperado de <https://www.redagricola.com/pe/nuevos-mercados-una-mayor-industrializacion/>

Serrano, M. (2010). La Granada: maduración y post-recolección.

En I Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud. Recuperado de <https://pvm.umh.es/files/2013/04/El-Granado2.pdf>

Vasquez, A., Vasquez, I., Vasquez, C., Cañamero, M. (2017). Fundamentos de ingeniería de riegos. Q&P Impresores S.R.L. Lima. 442 p.

VIVEROSUR (2015). Gira Tecnológica a Israel Octubre 2009. Recuperado de http://www.viverosur.com/grana_pu.html

Yuri, J. A. (2001). El daño por sol en manzanas. *Revista Frutícola (Chile)*, 3, 89-96.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de Suelo.



INFORME DE ENSAYO - SUELO

| | | | |
|--------------------|--------------------------------|------------------|--|
| Nº de Referencia: | S-20/036055 | Registrada en: | AGQ Perú |
| Análisis: | S-PR-0012 | Centro Análisis: | AGQ International |
| Tipo Muestra: | SUELO AGRICOLA | Fecha/Hora: | 25/08/2020 |
| | | Muestreo: | |
| Lugar de Muestreo: | FUNDO LA VID | Fecha Inicio: | 14/09/2020 |
| Punto de Muestreo: | LOTE C2 | Fecha Fin: | 21/09/2020 |
| Muestreado por: | Ciente (*) | Contrato: | PE20-4799 |
| Descripción (*): | LOTE C2 / RED GLOBE - BROTAION | Ciente 39 (*): | --- |
| Ciente (*): | AGRICOLA HUARMEY S.A.C. | Domicilio (*): | CAL.BARTOLOME BOGGIO #145 URB.AJAX CARMEN DE LA LEGUA-REYNOSO CALLAO |

FERTILIDAD FÍSICA

| | |
|----------------|---------|
| Clase Textural | Arenosa |
| Arcilla | 4,12 % |
| Limo | 4,12 % |
| Arena | 91,8 % |
| Arena Fina | 0,00 % |
| Arena Gruesa | 91,8 % |

Riesgo de Compactación



FERTILIDAD

| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Método | PNT |
|---------------------------|-----------|----------------|----------|-------|--------|------|----------|----------------------|---------|
| Materia Orgánica | 1,96 | % | 1,20 | 3,00 | | | | Combustión | PE-2129 |
| Nitrógeno Total | 1,129 | mg/kg | 1,000 | 1,500 | | | | | PEC-034 |
| Fósforo Disponible Olsen | 84,1 | mg/kg | 20,0 | 40,0 | | | | Olsen | PE-2123 |
| Caliza Activa | < 0,300 | % CaCO3 | 1,50 | 4,00 | | | | Oxalato Amónico 0.2N | PEC-014 |
| Calcio Disponible | 8,17 | meq/100 g | 8,00 | 14,0 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| Magnesio Disponible | 0,88 | meq/100 g | 1,50 | 2,50 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| Potasio Disponible | 0,45 | meq/100 g | 0,30 | 0,80 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| Sodio Disponible | 0,78 | meq/100 g | 0,25 | 0,75 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| Cond. Eléctrica (Ext 1/1) | 990 | µS/cm a 20° C | | | | | | | PE-2128 |
| pH (Extracto 1/1) | 7,16 | Unidades de pH | | | | | | | PE-2128 |
| Suma de Bases Disponibles | 10,3 | meq/100 g | | | | | | | PEC-020 |

MICROELEMENTOS

| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Método | PNT |
|------------------|-----------|----------|----------|------|--------|------|----------|---------------|---------|
| Boro | 0,86 | mg/kg | 0,80 | 1,00 | | | | Extrec Acuosa | PE-2126 |
| Hierro (DTPA) | 7,73 | mg/kg | 4,00 | 10,0 | | | | DTPA | PEC-009 |
| Manganeso (DTPA) | 8,74 | mg/kg | 1,00 | 5,00 | | | | DTPA | PEC-009 |
| Cobre (DTPA) | 0,87 | mg/kg | 0,40 | 1,00 | | | | DTPA | PEC-009 |
| Zinc (DTPA) | 15,7 | mg/kg | 1,00 | 2,00 | | | | DTPA | PEC-009 |

COMPLEJO DE CAMBIO

| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Método | PNT |
|---------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|------|----------|--------|---------|
| Calcio Cambio | 6,8516 | meq/100 g | 8,0000 | 14,000 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| Magnesio de Cambio | 0,59 | meq/100 g | 1,50 | 2,50 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| Potasio Cambio | 0,30 | meq/100 g | 0,50 | 0,80 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| Sodio Cambio | 0,14 | meq/100 g | 0,25 | 0,50 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| Aluminio de Cambio | < 0,01 | meq/100 g | 0,50 | 1,00 | | | | Ac NH4 | PEC-009 |
| CIC Efectiva | 7,89 | meq/100 g | 5,00 | 10,0 | | | | | PEC-019 |
| Saturación de Bases | < 0,01 | % | 50,0 | 80,0 | | | | | PEC-020 |

RELACIONES DE INTERÉS

| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Método | PNT |
|--------------|-----------|----------|----------|------|--------|------|----------|--------|---------|
| Relación C/N | 10,1 | | 10,0 | 15,0 | | | | | PEC-041 |

AGQ INTERNATIONAL

Avd, La Palmera 41220 Sevilla, Sevilla, España

T: (+34) 902 931 934

F: (+34) 955 738 912

ago@ago.com.es

agqlabs.com

1/2

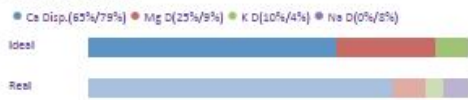
| | | | |
|-------------------|---------------------------------|---------------|----------------|
| Nº de Referencia: | S-20/036035 | Tipo Muestra: | SUELO AGRICOLA |
| Descripción(*): | LOTE C2 / RED GLOBE - BROTACION | Fecha Fin: | 21/09/2020 |

RELACIONES DE INTERÉS

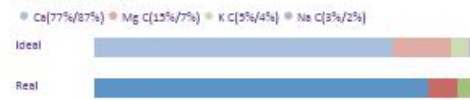
| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Método | PNT |
|----------------------------------|-----------|----------|----------|------|--------|------|----------|--------|---------|
| Relación [Ca+Mg] / K Disponibles | 20,0 | | | | | | | | PEC-041 |
| Relación Ca/Mg Disponibles | 9,33 | | | | | | | | PEC-041 |
| Relación Mg/K Disponibles | 1,94 | | | | | | | | PEC-041 |

RELACIONES CATIONICAS

% Cationes Disponibles



% Cationes de Cambio



NOTA

Nota: L.C.: Límite de Cuantificación. SP: sólo parental. Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Puede solicitar los incertidumbres, cuando estas no aparezcan en el informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. N/L: No Legitimado.

FECHA EMISIÓN: 21/09/2020

OBSERVACIONES (*):

Laura Argeme Caro Martin

Anexo 2. Análisis de agua

| | | | | | |
|--------------------|--------------------------|----------------------|---|------------------|-----------------|
| Nº de Referencia: | A-21/011102 | Registrada en: | AGQ Perú | Fecha Recepción: | 01/02/2021 |
| Análisis: | A-PR-001 (Físicoquímico) | Centro Análisis: | AGQ Perú | Fecha Fin: | 05/02/2021 |
| Tipo Muestra: | AGUA REGO | Fecha/Hora Muestreo: | 28/01/2021 | Contrato: | QMT-PE210200081 |
| Lugar de Muestreo: | FUNDO LA TUNGA | Fecha Inicio: | 03/02/2021 | | |
| Punto de Muestreo: | POZO CAÑA | | | | |
| Muestreado por: | Cliente (*) | Cliente 3º(*): | --- | | |
| Cliente (*): | AGRICOLA HUARMEY S.A.C. | Domicilio (*): | CAL.BARTOLOME BOGGIO #145 URB. AJAX CARMEN DE LA LEGUA-REYNOSO PROV. CONST. DEL CALLAO CALLAO 0 | | |

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Técnica | PNT |
|-------------------------|-----------|--------------|----------|------|--------|------|----------|---------------|---------|
| Conductividad Eléctrica | 4926 | µS/cm a 25°C | | 750 | 1 500 | | | Electrometría | PEC-002 |
| pH | 7,86 | | | 6,50 | 7,50 | | | | |

CATIONES +

| Parámetro | mg/L | meq/L | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Técnica | PNT |
|-----------|--------|--------|----------|------|--------|------|----------|----------------|---------|
| Calcio | 423 | 21,1 | | 2,00 | 6,00 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |
| Magnesio | 45,7 | 3,76 | | 0,50 | 2,50 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |
| Manganeso | < 0,05 | < 0,00 | | 0,00 | 0,50 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |
| Potasio | 9,51 | 0,24 | | 0,00 | 0,25 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |
| Sodio | 457 | 19,9 | | 0,00 | 4,00 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |

ANIONES -

| Parámetro | mg/L CO3H- | meq/L | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Técnica | PNT |
|-------------|------------|-------|----------|------|--------|------|----------|---------------------|---------|
| Alcalinidad | 53,7 | 0,88 | | 0,50 | 3,00 | | | Electrometría | PEC-011 |
| Cloruros | 1220 | 34 | | 0,0 | 4 | | | Analizador de Flujo | PE-336 |
| Nitratos | 167 | 2,70 | | 0,00 | 0,80 | | | Análiz Flujo Segmen | PE-336 |
| Sulfatos | 550 | 11,5 | | 0,00 | 6,00 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |

METALES TOTALES

| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Técnica | PNT |
|-----------|-----------|----------|----------|------|--------|------|----------|----------------|---------|
| Boro | 0,81 | mg/L | | 0,00 | 0,80 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |

METALES DISUELTOS

| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Técnica | PNT |
|-----------|-----------|----------|----------|------|--------|------|----------|----------------|---------|
| Hierro | < 0,05 | mg/L | | 0,00 | 0,50 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |
| Zinc | < 0,05 | mg/L | | 0,00 | 0,50 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |

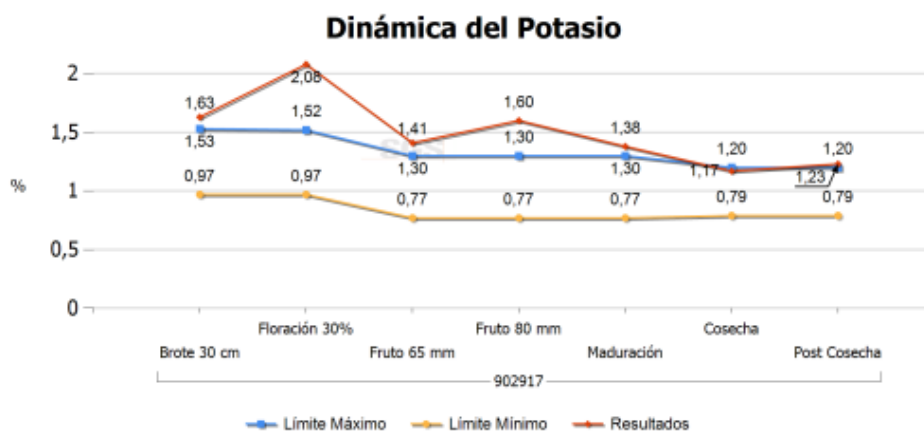
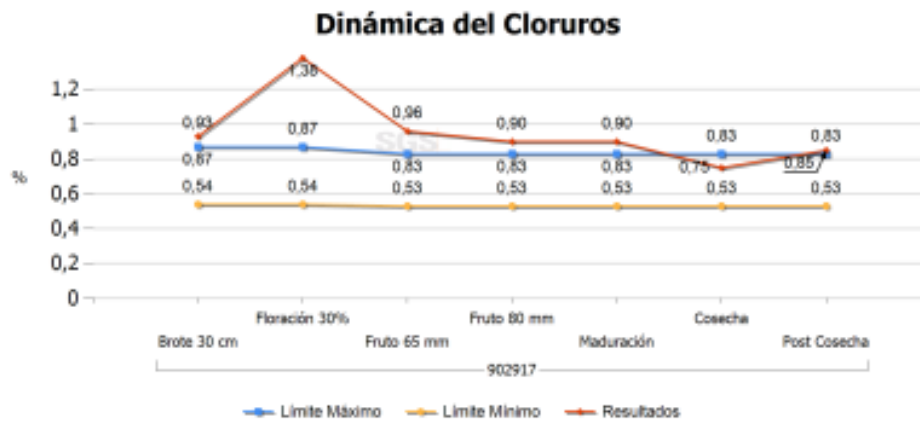
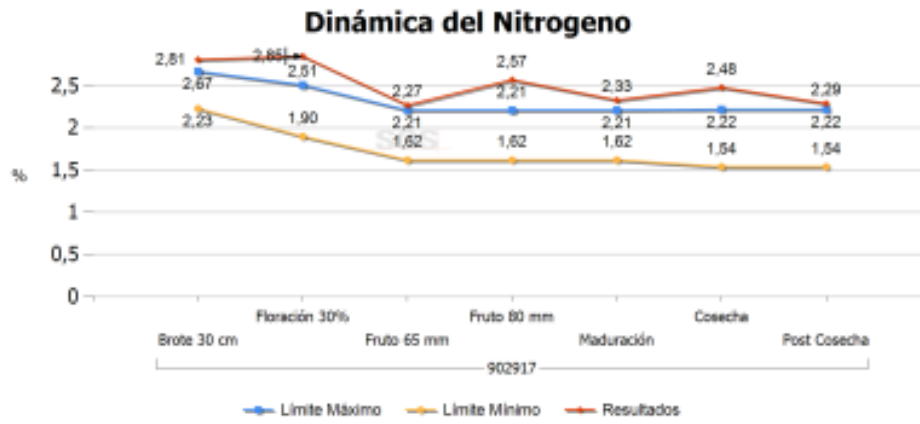
METALES

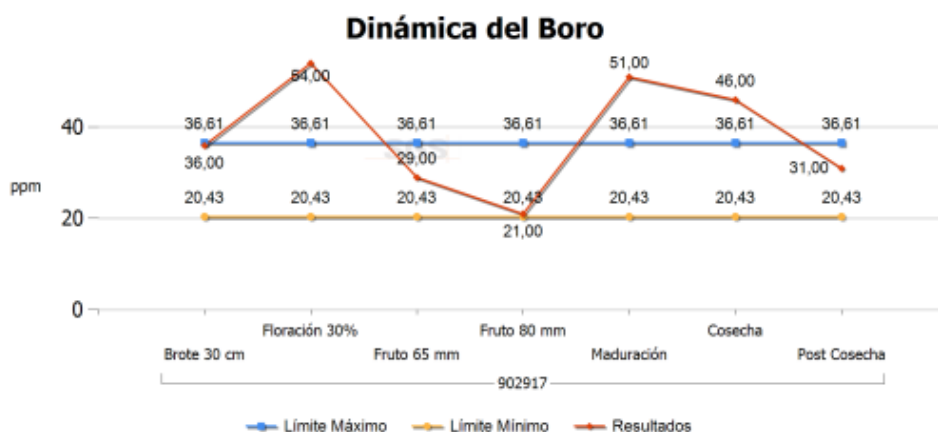
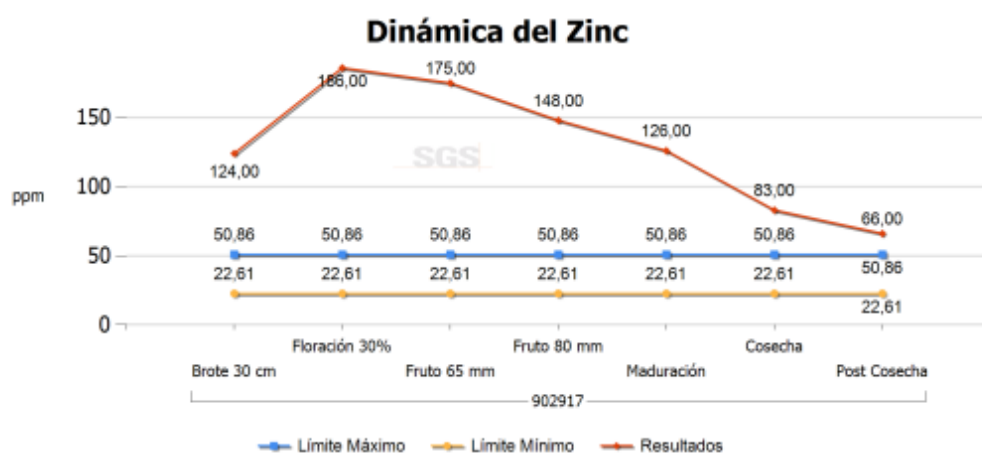
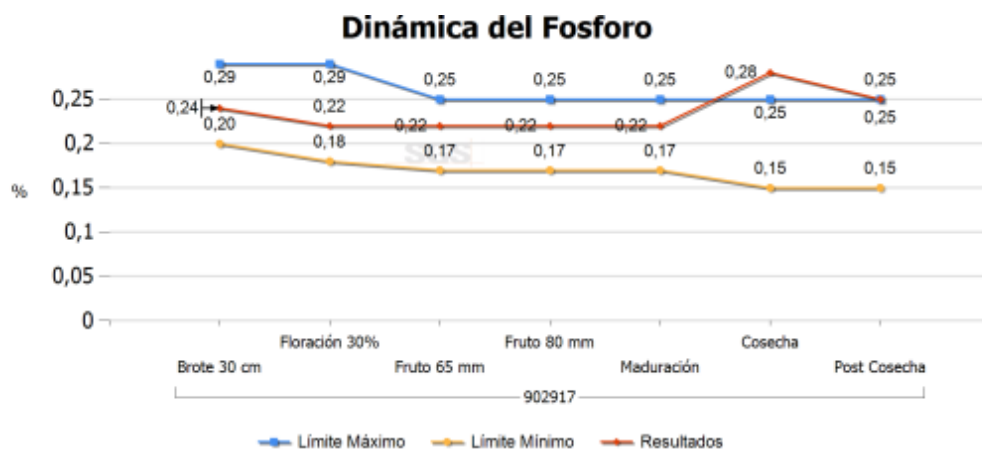
| Parámetro | Resultado | Unidades | Muy Bajo | Bajo | Normal | Alto | Muy Alto | Técnica | PNT |
|-----------|-----------|----------|----------|------|--------|------|----------|----------------|---------|
| Cobre | < 0,05 | mg/L | | 0,00 | 0,50 | | | Espect ICP-OES | PEC-009 |

Anexo 3. Análisis nutricional de hojas

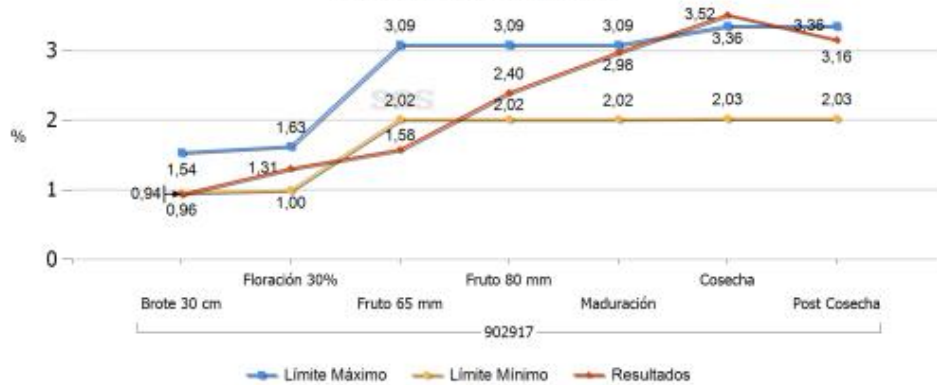
SGS **INFORME DE SEGUIMIENTO FOLIAR**

Cliente: **AGRICOLA HUARMEY S.A.** Cultivo: **Granado** Variedad: **Wonderfull**
 Lote: **LOTE 002** Fundo: **LA VID** Patrón:





Dinámica del Calcio



Dinámica del Magnesio

