

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EXAMEN PROFESIONAL



“SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO EN EL CULTIVO DE VID

(Vitis vinífera L.)”

Presentado por:

JOHAN LUIS ALLEN OSORIO

Trabajo Monográfico para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima - Perú

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**TITULACIÓN
EXAMEN PROFESIONAL 2017**

Los Miembros del Jurado, luego de someter al Bachiller JOHAN LUIS ALLEN OSORIO a los respectivos exámenes y haber cumplido con presentar el Trabajo Monográfico titulado: SISTEMAS DE RIEGO TECNIFICADO EN EL CULTIVO DE VID (*Vitis vinifera* L.), lo declaramos:

A P R O B A D O

.....
Dr. Salomón Helfgott Lerner
PRESIDENTE

.....
Dr. Sady García Bendezi
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Ruby Vega Ravello
ASESORA

LIMA - PERU

2017

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 7 |
| I. INTRODUCCION | 8 |
| II. REVISION BIBLIOGRAFICA..... | 9 |
| 1. Sistemas de riego | 9 |
| 1.1. Método de riego por gravedad o superficie..... | 9 |
| 1.2. Método de riego por aspersión..... | 10 |
| 1.3. Método de riego localizado..... | 10 |
| 2. Agua de riego..... | 11 |
| 2.1. Calidad..... | 11 |
| 2.1.1. Características físicas..... | 11 |
| 2.1.2. Características químicas..... | 11 |
| 2.1.2.1. pH..... | 11 |
| 2.1.2.2. Contenido total de sales..... | 11 |
| 2.1.2.3. Contenido de cloruros sódicos..... | 12 |
| 2.1.2.4. S.A.R..... | 12 |
| 2.1.2.5. Dureza..... | 12 |
| 2.2. Origen de las aguas de riego..... | 12 |
| 2.2.1. Aguas superficiales..... | 13 |
| 2.2.1. Aguas subterráneas o de pozos..... | 13 |
| 3. Fertirrigación..... | 13 |
| 3.1. Ventajas e inconvenientes de la fertirrigación..... | 14 |
| 4. Fertilizantes..... | 14 |
| 4.1. Características de los fertilizantes..... | 15 |
| 4.1.1. Características físicas..... | 15 |

| | |
|---|----|
| 4.1.1.1. Granulometría y consistencia del grano..... | 15 |
| 4.1.1.2. Densidad aparente..... | 16 |
| 4.1.1.3. Higroscopicidad..... | 16 |
| 4.1.2. Características químicas..... | 16 |
| 4.1.2.1. Solubilidad..... | 16 |
| 4.1.2.2. Contenido de nutrientes..... | 17 |
| 4.1.2.3. Compatibilidad..... | 17 |
| 4.1.2.4. Índice de salinidad..... | 17 |
| 4.1.2.5. Índice de acidez y alcalinidad..... | 18 |
| 4.1.2.6. pH de la disolución saturada..... | 18 |
| 4.1.2.7. Riesgo de explosión..... | 18 |
| 4.1.2.8. Volatilidad..... | 19 |
| 4.2. Productos fertilizantes solidos fácilmente solubles..... | 19 |
| 4.2.1. Sulfato amónico..... | 19 |
| 4.2.2. Nitrato de amonio..... | 19 |
| 4.2.3. Urea..... | 20 |
| 4.2.4. Nitrato de calcio..... | 20 |
| 4.2.5. Nitrato potásico..... | 20 |
| 4.2.6. Fosfato monoamónico..... | 20 |
| 4.2.7. Fosfato diamónico..... | 21 |
| 4.2.8. Sulfato de potasio..... | 21 |
| 4.2.9. Microelementos..... | 21 |
| 4.3 Productos fertilizantes líquidos..... | 21 |
| 5. Cultivo de vid..... | 21 |
| 5.1. Taxonomía..... | 22 |

| | |
|---|----|
| 5.2. Morfología..... | 22 |
| 5.2.1 Raíces..... | 23 |
| 5.2.2. El tronco..... | 23 |
| 5.2.3. Hojas..... | 24 |
| 5.2.4. Yemas..... | 24 |
| 5.2.5. El fruto..... | 25 |
| 5.2.6. El racimo..... | 25 |
| 6. Requerimientos edáficos y climáticos del cultivo..... | 26 |
| 6.1. Clima..... | 26 |
| 6.1.1. Temperatura..... | 26 |
| 6.1.2. Humedad relativa..... | 27 |
| 6.1.3. Luminosidad..... | 27 |
| 6.2. Suelo..... | 27 |
| 6.2.1. pH del suelo..... | 28 |
| 6.2.2. Textura del suelo..... | 28 |
| 6.2.3. Salinidad..... | 28 |
| 7. Cultivo de vid en el Perú..... | 28 |
| 8. Antecedentes de uso de sistemas de riego tecnificado en el cultivo de vid..... | 29 |
| 9. Programaciones de riego en la vid..... | 30 |
| III. DESARROLLO DEL TEMA..... | 32 |
| 1. Ubicación del campo de cultivo..... | 32 |
| 2. Condiciones climáticas del lugar..... | 32 |
| 3. Agua de riego..... | 33 |
| 4. Características del suelo..... | 33 |
| 5. Sistema de riego de la zona de trabajo..... | 34 |

| | |
|--|----|
| 6. Características del cultivo..... | 37 |
| 7. Fenología del cultivo en la zona..... | 38 |
| 7.1. Poda de producción..... | 39 |
| 7.2. Brotación..... | 39 |
| 7.3. Floración..... | 39 |
| 7.4. Cuajado del fruto..... | 40 |
| 7.5. Crecimiento de fruto..... | 40 |
| 7.6. Maduración..... | 40 |
| 8. Fertirrigación..... | 42 |
| 9. Programas de fertilización..... | 42 |
| 10. Programación de riego..... | 48 |
| IV. CONCLUSIONES..... | 55 |
| V. RECOMENDACIONES..... | 56 |
| VI. BIBLIOGRAFIA..... | 57 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Niveles óptimos de nutrientes en hojas para la variedad superior..... | 44 |
|--|----|

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Duración en días de los estados fenológicos de la vid para mesa variedad Sugraone en el valle de Ica, sector Cachiche..... | 41 |
| Cuadro 2. Consumo de agua en metros cúbicos por etapa fenológica en el cultivo de vid. Campaña – 2014..... | 49 |
| Cuadro 3. Kc de uva de mesa variedad Sugraone, ajustado a la zona de Cachiche...51 | |
| Cuadro 4. Consumo de agua en metros cúbicos por etapa fenológica – 2015..... | 52 |
| Cuadro 5. Consumo de agua en metros cúbicos por etapa fenológica – 2016..... | 53 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 6. Consumo hídrico ($m^3 ha^{-1}$) según estado fenológico de la vid durante las campañas 2014, 2015 y 2016..... | 52 |
|---|----|

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Cantidades de nutriente en kg/ha según estado fenológico en el cultivo de vid variedad Sugraone - campaña 2014..... | 45 |
| Gráfico 2. Cantidades de nutriente en kg/ha según estado fenológico en el cultivo de vid variedad Sugraone - campaña 2015..... | 46 |
| Gráfico 3. Producción en kilogramos por hectárea y cajas por hectárea de uva de mesa variedad Sugraone de los últimos 3 años de la zona de trabajo..... | 47 |
| Gráfico 4. Distribución de las unidades de nutrientes según estado fenológico en el cultivo de vid variedad Sugraone, campaña 2016..... | 46 |
| Gráfico 5. Uso eficiente del agua de riego incrementando producción de uva de mesa variedad Sugraone en el valle de Ica..... | 53 |

INDICE DE FOTOS

| | |
|---|----|
| Foto 1. Motor de bombeo..... | 35 |
| Foto 2. Batería de filtros..... | 35 |
| Foto 3. Válvula de riego (vista lateral)..... | 36 |
| Foto 4. Válvula de riego (vista frontal)..... | 37 |

RESUMEN

En el Perú, la mayoría de grandes y medianos agricultores manejan sus campos de vid para mesa bajo riego tecnificado, especialmente por goteo. Un menor porcentaje, los pequeños agricultores, aún mantienen el sistema de riego por gravedad, principalmente cuando la producción es orientada a uva para pisco.

Ica es uno de los principales departamentos productores de uva de mesa en nuestro país, pero lamentablemente afronta escasez de agua; es por ello, que el uso de agua subterránea ha sido la gran alternativa como fuente de agua. Sin embargo, la recarga de los acuíferos depende del ciclo hidrobiológico del agua y el nivel de éstos ha ido disminuyendo con el tiempo, afectando su disponibilidad y calidad.

En las últimas décadas, el reto es usar eficientemente el agua y la tecnificación del riego ha sido la gran herramienta para suministrar el requerimiento hídrico, dado que favorece a la optimización del uso del recurso. Adicionalmente, gracias a la infraestructura del sistema, se obtiene la ventaja de proporcionar el requerimiento nutritivo; ya que el agua se convierte en el vehículo de transporte de los nutrientes a través de las tuberías y la solución nutritiva se distribuye homogéneamente en el campo y directamente a la zona radicular.

Ante este contexto, la necesidad de usar racionalmente los recursos y materias primas ha obligado a modificar los programas de riego y fertilización. Por ello, las nuevas tendencias en la programación del riego y fertilización consideran variables que anteriormente se les daba poca importancia o simplemente no se tomaban en cuenta. En vid y otros cultivos se tiene diferentes requerimientos de agua y nutrientes según la etapa fenológica. Por lo tanto, el K_c (variable del cultivo) y la E_{To} (variable climática) son grandes aliados para calcular el suministro hídrico; mientras que los análisis (foliares, agua, suelo, etc.) son usados para calcular la demanda de nutrientes. No dejemos de lado el suelo, que recibe y almacena el agua, así que también se considera características físicas tales como la capacidad de retención de humedad, clase textural, humedad disponible, profundidad de raíces y otro para la programación de los riegos.

I. INTRODUCCION

Las áreas de cultivo en nuestro país se vienen incrementando y nuestro recurso hídrico se ve en descenso. Las prácticas inadecuadas en la utilización del recurso hídrico durante el riego de los cultivos, específicamente la elección del método de riego como el superficial por inundación, generan mayores costos de producción a los pequeños y medianos productores.

Mediante el ahorro de agua que se genera con técnicas de riego tecnificados, realizamos un manejo optimizado sobre este recurso reduciendo los costos de producción manteniendo buenas cosechas.

Del total del área cultivada en el Perú, solo el 12 por ciento (%) cuenta con riego presurizado, la diferencia es mediante riego por gravedad. Los sistemas de riego presurizado usados principalmente son el riego por goteo, aspersión y exudación, siendo el riego por goteo el más usado seguido del riego por aspersión y una pequeña parte por exudación.

En el Perú, el mayor porcentaje del área sembrada con uva de mesa se maneja con sistemas de riego tecnificado por goteo. En algunos casos aún se riega por inundación o por surcos. Esta práctica es la realidad de los pequeños agricultores con variedades de uva orientadas para la producción de pisco.

En el presente trabajo monográfico se plantea estrategias que permiten el uso eficiente del agua, teniendo como base la información local disponible en el manejo de vid para mesa, donde se usa el riego por goteo y se ha ido incorporando datos del cultivo, variables climáticas y características del agua y suelo, como herramientas de cálculo para establecer los programas de riego y fertilización.

II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Sistemas de riego

Según Saldarriaga (2012), el riego es definido como la aplicación oportuna y uniforme de agua a la zona de raíces, para reponer el agua consumida por los cultivos entre dos aplicaciones sucesivas. El agua aplicada al suelo en un riego, es para reponer lo que la planta consumió en un tiempo comprendido entre dos aplicaciones sucesivas.

Por definición, el agua se aplica al suelo y no a la planta, reponiendo lo gastado, por lo cual es importante el estudio del suelo desde el punto de vista físico (Saldarriaga, 2012).

Se denomina sistema de riego tecnificado, al conjunto de elementos que permiten que la aplicación del agua y los fertilizantes al cultivo sea en forma eficiente, localizada, con una frecuencia adecuada, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno. Esta aplicación, se hace mediante una red de tuberías (de conducción y distribución de PVC o polietileno), laterales de riego (mangueras o cintas), con emisores o goteros, con diseños técnicos que entregan pequeños volúmenes de agua periódicamente, en función de los requerimientos hídricos del cultivo y de la capacidad de retención del suelo (Ramos y Báez, 2013).

Según Fuentes (2003) existen tres métodos de riego:

1.1. Método de riego por gravedad o superficie

Es un sistema en donde el agua fluye por gravedad, utilizando la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución del agua. Este riego debe limitarse a terreno con pendientes suaves y con suelos relativamente profundos (Fuentes, 2003).

Este sistema es el más antiguo y sigue siendo el más usado en algunos cultivos por pequeños y medianos productores, sobre todo en cultivos anuales.

Las más notables desventajas de este sistema son: la pérdida de agua por escorrentía superficial, percolación y mayor erosión de los suelos, dependiendo de las características físicas, existe mayor pérdida de fertilizantes por lixiviación y genera mayor costo en mano obra (Fuentes, 2003).

1.2. Método de riego por aspersión

De acuerdo a Castañón (2000) es una técnica de riego donde el agua se aplica en forma de lluvia por medio de unos aparatos de aspersión alimentados por agua a presión. Estos aparatos deberán asegurar el reparto uniforme sobre la superficie que se pretende regar.

Según Fuentes (2003) este sistema tiene una estructura que consta esencialmente de:

- Un equipo de elevación (bomba) encargado de proporcionar el agua a presión.
- Una red de tuberías principales que llevan el agua hasta los hidrantes, que son las tomas de agua en la parcela.
- Una red de tuberías de distribución para conducir el agua por la parcela que se pretende regar.
- Dispositivos de aspersión, que son los elementos encargados de repartir el agua en forma de lluvia.

1.3. Método de riego localizado

Es el más moderno de los métodos y su desarrollo se debe principalmente a los avances tecnológicos desarrollados en las últimas décadas.

El riego localizado es un método que agrupa todos los sistemas caracterizados por una red de distribución de agua fija y en carga que permiten pequeños aportes hídricos continuos o frecuentes en lugares determinados en relación con el cultivo, de forma que dicha agua solo se produzca sobre una fracción reducida de la superficie del suelo (Castañón, 2000).

El riego localizado incluye el riego por micro aspersión, el cual usa micro aspersores o difusores para la distribución del agua con un pequeño radio de mojado; riego por tuberías o cintas perforadas, el cual suministra el agua a lo largo de toda su longitud a través de orificios, pueden ser perforadas con orificios a distancias constantes o porosas que resumen agua de forma continua y riego por goteo, donde el agua se distribuye puntualmente a través de unos emisores denominados goteros (Castañón, 2000).

En los riegos localizados a presión, corrientemente llamados “riegos a goteo”, se puede alcanzar la perfección máxima, indistintamente de que el emisor sea un gotero, una cinta o un aspersor. En estos casos, se puede calibrar perfectamente todo, desde el volumen de

agua, volumen de abono, tiempo de riego, profundidad a alcanzar, abarcando todos los factores que se consideren necesarios (Moya, 1993).

2. Agua de riego

Es el agua utilizada en la agricultura. Pueden venir de diversas fuentes, las cuales varían en su calidad.

2.1. Calidad

Abarca una serie de características físicas y químicas, que condicionan que el agua sea apta o cree problemas para el riego o el suelo.

2.1.1. Características físicas

Referida a las sustancias que llevan en suspensión como tierra (arena limo o arcilla), materia orgánica muerta, materia orgánica viva, aguas residuales, entre otros.

2.1.2. Características químicas

Se incluyen las sustancias que lleva en disolución, así como las proporciones de las diversas sales, donde se deducen una serie de índices con lo que se clasifica las bondades del agua de riego con relación al tipo de suelo.

Los análisis e índices más importantes son:

2.1.2.1. pH

Indica acidez o alcalinidad. El 7 indica agua neutra, menor de 7 es ácida y mayor a 7 es alcalina o básica. Sobre 8 ya no se considera agua buena.

2.1.2.2. Contenido total de sales

Engloba el efecto de todas las sales presentes en el agua, aunque algunas de ellas sirvan para la nutrición de la planta y otras son tóxicas.

Los equipos que se usan para su medición se basan en la conductividad eléctrica, ya que el agua pura no conduce la electricidad. A medida que aumenta el contenido salino, mejor pasa la corriente eléctrica.

2.1.2.3. Contenido de cloruros sódicos

El cloruro sódico es la sal común de cocina y es la más considerada cuando se analizan las aguas de un pozo. Cuando se indica que una zona se ha salinizado, se refieren a esta sal principalmente, por ser la más tóxica.

También se evalúa el ion cloro ya que es causante de las defoliaciones en cultivos sensibles. Según FAO, la tolerancia es de 4 meq/l y a partir de 10 meq/l los efectos ya son graves.

El otro índice calculado a partir de este contenido de cloruro de sodio a considerar, es el contenido de sodio. Este elemento puede llegar a sustituir los iones calcio y magnesio en el complejo arcillo-húmico y el terreno pierde su buena estructura, haciéndose impermeable.

2.1.2.4. S.A.R.

Indica la proporción en que se encuentran los cationes de sodio con los de calcio y magnesio, que tienen una acción contraria en la buena estructura del suelo.

2.1.2.5. Dureza

Referido al contenido de calcio y magnesio en el agua. Por lo general, se expresa como el número equivalente de miligramos de carbonato de calcio (CaCO_3) por litro.

2.2. Origen de las aguas de riego

Se consideran de dos procedencias:

2.2.1. Aguas superficiales

Son las de manantiales, ríos, canales y acequias. Actualmente viene tomando importancia, por la escasez de este recurso, las aguas residuales las cuales tienen que pasar un tratamiento en una estación depuradora.

2.2.2. Aguas subterráneas o de pozos

Pueden ser de montaña o del litoral, dependiendo de la ubicación de la fuente. Ambas se extraen de los pozos y se pueden generar por corrientes subterráneas o por bolsas de acumulación. Suelen ser ricas en bicarbonato cálcico y/o sulfato cálcico, según las características de los terrenos donde se infiltra. Las subterráneas de litoral suelen ser más ricas en sales.

3. Fertirrigación

El riego localizado presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional en relación a la utilización de aguas salinas y el ahorro de agua. Sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que las mayores posibilidades de este sistema de riego se centran en su utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes. Es decir, que ofrece la posibilidad de realizar una fertilización día a día, en función del proceso fotosintético y exactamente a la medida de un cultivo, un sustrato y un agua de riego determinados y para unas condiciones ambientales definidas (Cadahia, 1998).

El fertirriego consiste en dar el abono disuelto en el agua de riego distribuyéndolo uniformemente, para que, prácticamente, cada gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante. Con la fertirrigación se da el alimento en óptimas condiciones para que se pueda aprovechar inmediatamente, y no tenga que pasar un tiempo más o menos largo, en disolverse y alcanzar la profundidad de las raíces (Moya, 1998).

La fertirrigación es la aplicación de los fertilizantes y más concretamente, la de los elementos nutritivos que precisan los cultivos, junto con el agua de riego. Se trata, por tanto, de aprovechar los sistemas de riego como medio para la distribución de estos elementos nutritivos. Con esta práctica lo que se hace es regar con una solución nutritiva, ya sea de una forma continua o intermitente (Domínguez, 1993).

Con la fertirrigación se pone el abono al alcance inmediato de las raíces. Con su fraccionamiento en días, se evita las pérdidas y los excesos (Moya, 2009).

3.1. Ventajas e inconvenientes de la fertirrigación

Las ventajas que menciona Cadahia (1998) son:

- Dosificación racional de los fertilizantes.
- Ahorro considerable del agua.
- Utilización de agua de riego de baja calidad.
- Nutrición optimizada del cultivo y por lo tanto aumento de rendimientos y calidad de los frutos.
- Control de la contaminación.
- Mayor eficiencia y rentabilidad de los fertilizantes.
- Alternativas en la utilización de diversos tipos de fertilizantes: simples y complejos cristalinos y disoluciones concentradas.
- Fabricación “a la carta” de fertilizantes concentrados adaptados a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas durante todos y cada uno de los días del ciclo del cultivo.
- Automatización de la fertilización.

Los posibles inconvenientes del sistema de fertirrigación son:

- Costo inicial de infraestructura.
- Obturación de goteros.
- Manejo por personal especializado.

4. Fertilizantes

Se entiende por fertilizante (o abono) todo material, orgánico o inorgánico, cuya función principal es proporcionar elementos nutrientes a las plantas, capaces de mejorar su crecimiento en un momento dado, bien porque no existen o porque se han agotado con el tiempo. Junto a este aporte de nutrientes, el fertilizante tiene como misión un aumento de la producción y una mejora de su calidad. En general, la eficiencia de un fertilizante

depende de las características del suelo, del manejo del cultivo y de las condiciones climáticas. (Navarro, 2014).

Cualquier material que contenga uno o más de los nutrientes esenciales y que se añada al suelo o se aplique sobre el follaje de las plantas con el propósito de complementar el suministro de nutrientes a estas, se denomina fertilizante.

4.1. Características de los fertilizantes

Desde un enfoque restringido y desde la perspectiva del usuario final, la calidad de un fertilizante se puede evaluar a través de algunas propiedades físicas y químicas que tienen relevancia agronómica. El grado, la granulometría, las formas químicas de nutrientes y su aptitud para la mezcla física, son algunos de los atributos que se pueden analizar para determinar el valor agronómico de un fertilizante.

4.1.1. Características físicas

Las propiedades físicas de un fertilizante son fundamentales, tanto desde el punto de vista de su aprovechamiento agronómico, como en lo relativo a sus condiciones de aplicación, transporte y almacenamiento.

4.1.1.1. Granulometría y consistencia del grano

La determinación del tamaño de partículas y su distribución es importante y es aplicado con frecuencia en los análisis de rutina por los laboratorios de control de calidad de las industrias productoras de fertilizantes. Los abonos con muy baja solubilidad en agua deben tener un tamaño de partícula fino para asegurar su disolución en el suelo y su adecuada utilización por las plantas. El efecto de la granulometría sobre el aprovechamiento de los fertilizantes hidrosolubles es muy variable y depende de factores múltiples como las características del suelo, especie cultivada, naturaleza del fertilizante y tecnología utilizada para la aplicación. La consistencia es la resistencia de los gránulos a la ruptura o al roce. Las partículas del fertilizante deben tener suficiente estabilidad mecánica, con el objetivo de mantener un comportamiento normal durante las labores de manipuleo, sin que los gránulos se rompan y formen polvo (Navarro, 2014).

4.1.1.2. Densidad aparente

Se puede definir la densidad aparente como el peso del producto por unidad de volumen a granel.

4.1.1.3. Higroscopicidad

Es definida como la propiedad que tiene los fertilizantes de absorber agua bajo determinadas condiciones de humedad y temperatura. Hace que el fertilizante se hidrate a partir de la humedad ambiente, produciéndose la disolución de parte de los gránulos o cristales de fertilizante, que pueden originar aglomeraciones que dificultan el manejo y distribución del mismo. La humedad relativa crítica (HRC) es aquella humedad relativa del ambiente (normalmente determinada a 30 °C) a partir de la cual un determinado fertilizante comienza a absorber humedad del medio que lo rodea (Navarro, 2014).

4.1.2. Características químicas

Estas propiedades son muy importantes a considerar en la fertilización, en especial en la fertirrigación.

4.1.2.1. Solubilidad

La característica principal de los fertilizantes o productos para la fertirrigación es la solubilidad. En efecto, los productos aportados al agua de riego deben componer una verdadera solución nutritiva, que no presente riesgos de insolubilizaciones. Así pues, la solubilidad en agua de los productos es un dato básico que debe ser conocido para poder manejar eficazmente estos productos en el riego (Domínguez, 1993).

Los fertilizantes sólidos para la fertirrigación deben llevar especificados en sus etiquetas las denominaciones “cristalino soluble” o “soluble para fertirrigación”. Quedan descartados aquellos fertilizantes que contengan aditivos para mejorar su conservación o para hacer más lenta su liberación. Hay que tener en cuenta la compatibilidad con otros fertilizantes y con el propio agua de riego (Cadahia, 2005).

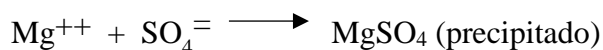
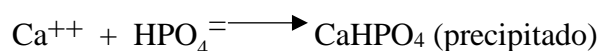
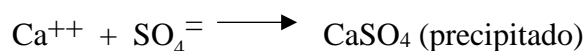
La solubilidad de un producto está influenciada por tres factores: temperatura, presión y pH. La temperatura del agua, juega un papel directo e importante en la solubilidad de un fertilizante (a mayor temperatura mayor solubilidad). Algunos fertilizantes al ser aplicados en el agua bajan la temperatura de esta. Si se quiere agregar otro fertilizante, la solubilidad de este último se verá afectada, siendo conveniente esperar restablecer la temperatura inicial.

4.1.2.2. Contenido de nutrientes

Los fertilizantes contienen uno o más nutrientes según su formulación. La combinación con otros fertilizantes complementarios se hace para lograr las cantidades totales de nutrientes que se desee aplicar. Un fertilizante es un compuesto químico y como tal es una sal inerte, sin carga y al entrar en contacto con el agua del suelo o de la solución, se disocia dejando los nutrientes en forma iónica.

4.1.2.3. Compatibilidad

Los fertilizantes son sales, que en contacto con el agua se disocian formando iones (aniones y cationes). Diferentes iones pueden interactuar en la solución y precipitar (formando compuestos insolubles), con el consiguiente riesgo de no estar disponibles para las raíces o con alto riesgo de taponar emisores, disminuyendo consecuentemente la eficiencia de aplicación de los nutrientes. Las interacciones más comunes son:



Los micronutrientes pueden reaccionar con las sales del agua de riego formando precipitados y por lo tanto, es recomendable aplicarlos en forma quelatada.

4.1.2.4. Índice de salinidad

El índice de salinidad de un fertilizante es la relación del aumento de la presión osmótica de la solución suelo, producida por un fertilizante, y la producida por la misma cantidad de nitrato de sodio (basado en 100).

Según Cadahia (2005), se debe tener en cuenta que los fertilizantes son sales que elevan la concentración salina inicial del agua de riego, modificando su conductividad eléctrica (CE), por lo que no se deben utilizar cantidades excesivas que superen los valores críticos de salinidad de cada cultivo.

4.1.2.5. Índice de acidez y alcalinidad

Después de reaccionar en el suelo, los fertilizantes, en función de la forma química de los nutrientes pueden acidificar, alcalinizar o no alterar la acidez del suelo, lo que puede resultar interesante en decisiones que tienen que ver con la tecnología de la fertilización. El índice de acidez de un fertilizante representa el número de partes en peso de carbonato de calcio (CaCO_3) necesario para neutralizar la acidez provocada por su aplicación al suelo de 100 unidades de material fertilizante. El índice de alcalinidad de un fertilizante corresponde a la cantidad de carbonato de calcio (CaCO_3) que produce una alcalinización similar a la del fertilizante (Navarro, 2014).

4.1.2.6. pH de la disolución saturada

El pH de la solución saturada es una de las características químicas más importante en los fertilizantes, por cuanto explica ciertas particularidades del comportamiento agronómico de algunos de ellos. Este parámetro se refiere al valor del pH medido en el seno de una solución cuyo disolvente es agua destilada y cuyo soluto es el fertilizante en cuestión, siempre y cuando previamente se halla conseguido el estado de saturación (Navarro, 2014).

El pH final de la solución fertilizante aplicada al suelo con el agua de riego, tiene una gran influencia en la prevención de insolubilizaciones y disolución de precipitados (Domínguez, 1993).

4.1.2.7. Riesgo de explosión

El riesgo de explosión es fundamental y debe tenerse especial cuidado con el nitrato de amonio, ya que explota cuando entra en contacto con materiales orgánicos, aceite, ciertos metales, azufre, fósforo.

4.1.2.8. Volatilidad

La volatilidad se refiere al desprendimiento de vapores amoniacales de materiales empleados de forma inadecuada o en exceso y especialmente cuando se exponen al sol y lluvia.

En fertirrigación se puede utilizar fertilizantes tanto sólidos como líquidos:

4.2. Productos fertilizantes sólidos fácilmente solubles

No son los mismos que para el abonado en seco o directo al suelo, por lo que tiene que especificarse, ya que no tienen los mismos componentes. Tienen que ser completamente solubles y no llevar materias extrañas. Los fertilizantes sólidos suelen ser sales puras cristalinas de solubilidad muy elevada.

4.2.1. Sulfato amónico

Es un producto bastante soluble (730 g/l a 20 °C), que contiene nitrógeno amoniacal (21 % N) y azufre (23 % S). Por su contenido en sulfatos puede presentar problemas cuando se utiliza con aguas de alto nivel de sulfatos. Por tanto tiene problemas de salinidad. Su reacción en el agua es ligeramente acidificante. Las soluciones madre de este producto se preparan con una proporción de 1 a 4, por ejemplo 25 kg de producto por cada 100 litros de agua.

4.2.2. Nitrato de amonio

Es uno de los productos con mayor solubilidad (1.920 g/l a 20 °C). Este producto reduce la temperatura al preparar las soluciones así como el pH del agua. Su contenido de nitrógeno (33.5-34% N) se halla mitad en forma nítrica y mitad en forma amoniacal.

4.2.3. Urea

Es un producto orgánico de síntesis que tiene un contenido de nitrógeno de 46 %, todo en forma ureica o amídica. La solubilidad también es muy alta (1.033 g/l a 20 °C), también reduce la temperatura de la solución. Este producto no saliniza el agua por lo que es apropiado en el caso de agua o suelos salinos. Hay que tomar en cuenta el contenido del biuret, que al contacto con la vegetación trae efectos perjudiciales. Para aplicaciones foliares se recomienda el producto con biuret menor al 0.3 %. La forma ureica del nitrógeno en la urea se demora en transformarse a la forma amoniacal (acción de la enzima ureasa) entre 3 a 10 días, en condiciones normales de humedad y temperatura.

4.2.4. Nitrato de calcio

Producto poco usado por su bajísima riqueza de nitrógeno (N), lo cual encarece su costo por unidad de N (15 – 16 % N). Se usa más por la aportación de calcio que en algunas ocasiones resulta necesario.

4.2.5. Nitrato potásico

Es un excelente producto para la fertirrigación por su aporte de nitrógeno (13 % N) como potasio (44 % – 46 % K₂O) con el efecto sinérgico correspondiente. Grado de solubilidad: 316 g/l a 20 °C.

4.2.6. Fosfato monoamónico

Es un producto con bajo efecto salinizante y con reacción ácida, pero cuando se usa para el riego en aguas alcalinas puede ser aconsejable corregirlo con ácido nítrico. Contiene nitrógeno y fósforo (12 % N y 60 – 62 % de P₂O₅). La solución madre se prepara en la proporción de 1 a 5 o de 1 a 4, es decir 20 o 25 kg/100.

4.2.7. Fosfato diamónico

Su reacción es ligeramente alcalina, contiene 21% N y 52 – 54 % P₂O₅.

4.2.8. Sulfato de potasio

Contiene 50 % de K₂O y un 17 % de azufre. Su grado de solubilidad es bastante bajo (110 g/l a 20 °C), más salino que el nitrato de potasio.

4.2.9. Microelementos

Son los elementos nutritivos que, siendo esenciales, son utilizados por las plantas en cantidades relativamente bajas. En fertirrigación más que en ningún otro sistema de cultivo, se hace necesario la aplicación de micronutrientes, ya que las raíces de las plantas, confinadas en un bulbo de goteo solo van a poder explorar una pequeña parte del sustrato, cuyo contenido en micronutrientes disponibles puede ser insuficiente para el cultivo.

4.3. Productos fertilizantes líquidos

Son soluciones que se fabrican directamente en esta forma y que por lo tanto, se hallan en disposición de utilizarse directamente, con las precauciones adecuadas con respecto a su compatibilidad (Domínguez, 1993). Son los que se están prefiriendo en la actualidad, ya que se evita la preparación de las soluciones madre (Moya, 2009).

5. Cultivo de vid

La vid europea, *Vitis vinífera*, es probablemente originaria de la zona de los montes del Cáucaso, entre el mar negro y el mar Caspio. Esta especie por sí sola, representa la mayoría de la producción de uvas para vinificación, para secar y de mesa. También hay otras especies, originarias de Norteamérica, algunas de ellas utilizadas para hacer zumos, otras como patrones y un número limitado (a menudo híbridos interespecíficos) para uva de mesa y de vinificación (Cubillo, 2003).

La familia de las vitáceas comprende 12 géneros, con cerca de 700 especies, las cuales se distinguen unos de otros por caracteres morfológicos, anatómicos, bioquímicos, genéticos embriológicos y otros. El género *Vitis* es uno de los 12 de la familia vitácea, que a su vez tiene dos subgéneros: Euvitis y Muscadinia. Al subgénero Euvitis pertenece la especie *Vitis vinífera* L.

5.1. Taxonomía

La vid está ubicada sistemáticamente en la agrupación más importante del reino vegetal, las cormófitas, plantas con raíz, tallo y hoja, autótrofas con clorofila y reproducción constante sexual además de la vegetativa; tipo Fanerógamas o Espermafitas, plantas con flores y semillas; subtipo angiospermas, plantas con semilla encerradas en un ovario; clase dicotiledóneas, con dos hojas embrionarias en la base de la plántula; orden Ramnales, plantas leñosas con un solo ciclo de estambres situados delante de los pétalos; familia Vitáceas, flores con corola de pétalos soldados superiormente y de prefloración valvar, con cáliz poco desarrollado, gineceo generalmente bicarpelar y bilocular, con fruto en baya y genero *Vitis* ,con flores exclusivamente dioicas en las especies silvestres y hermafroditas o unisexuales en las cultivadas (Hidalgo, 2002).

| | |
|-------------|--------------------------|
| Agrupación: | Cormofitas |
| Tipo: | Fanerógamas |
| Sub tipo: | Angiospermas |
| Clase: | Dicotiledóneas |
| Sub Clase: | dialipétala |
| Orden: | Ramnales |
| Familia: | Vitácea |
| Género: | <i>Vitis</i> |
| Especie: | <i>Vitis vinífera</i> L. |

5.2. Morfología

La planta de vid cultivada en explotaciones comerciales está compuesta por dos individuos, uno constituye el sistema radical (*Vitis spp.* del grupo americano, en su mayoría), denominado patrón o portainjerto y, otro la parte aérea (*Vitis vinífera* L.), denominada púa o variedad. Esta última constituye el tronco, los brazos y los pámpanos o sarmientos que portan las hojas, los racimos y las yemas. La unión entre ambas zonas se realiza a través del punto de injerto (Grupo de investigación en viticultura – UPM, 2007).

5.2.1 Raíces

Las funciones del sistema radical son:

- Anclaje de la planta al suelo.
- Absorción de agua y elementos minerales.
- Acumulación de sustancias de reserva.

Pueden ser adventicias (cuando la propagación es por estacas y se originan de los nudos de la estaca), o pivotante, con una raíz principal, cuando la radícula es procedente de la semilla.

5.2.2. El tronco

Las funciones del tronco son:

- Almacenamiento de sustancias de reserva.
- Sujeción de los brazos y pámpanos de la cepa.
- Conducción del agua y los fotosintatos.

Es de aspecto retorcido, sinuoso y agrietado, recubierto exteriormente por una corteza que se desprende en tiras longitudinales. Lo que se conoce como corteza, anatómicamente corresponde a diferentes capas de células que son, del interior al exterior, periciclo, líber, súber, parénquima cortical y epidermis. El conjunto se denomina ritidoma. El ritidoma se renueva anualmente debido a la actividad de una capa llamada felógeno.

5.2.3. Hojas

Las hojas están insertas en los nudos. En general son simples, alternas, dísticas con ángulo de 180°. Compuestas por pecíolo y limbo:

- Pecíolo: inserto en el pámpano. Envainado o ensanchado en la base, con dos estípulas que caen prematuramente.
- Limbo: generalmente pentalobulado (cinco nervios que parten del pecíolo y se ramifican), con los lóbulos más o menos marcados dependiendo de la variedad. Con borde dentado; color verde más intenso en el haz que en el envés, que presenta una vellosidad más intensa, aunque también hay hojas glabras.

5.2.4. Yemas

Las yemas se pueden definir como el esbozo de un vástago axilar y están protegidas por unas escamas y una cobertura de pelos llamados borra (Martínez., 2001).

Clasificación de las yemas según su posición en el tallo:

Ápice o meristemo terminal. No es yema propiamente dicha, no tiene estructura de yema. Es una masa de células indiferenciada que cuando está activa va generando, por diferenciación celular, todos los órganos del tallo. Cuando cesa su actividad, bien por déficit hídrico estival o por los primeros fríos otoñales, muere. No se perpetúa de un año al siguiente.

Axilares. Son las yemas propiamente dichas. Dan el carácter perenne al individuo. En cada nudo o axila hay dos tipos de yema axilar: la normal y la anticipada. De estas yemas axilares, las que están próximas a la zona de inserción del pámpano, reciben el nombre de yemas basilares o de la corona, también denominadas casqueras. La más visible y diferenciada de éstas últimas se denomina yema ciega.

Clasificación de las yemas según su evolución:

Yema normal o franca, también denominada durmiente o latente. Se desarrolla durante el ciclo siguiente a su formación, dando un pámpano normal.

Yema pronta o anticipada es la yema más pequeña situada en la axila de la hoja. Puede desarrollarse el mismo año de su formación, dando lugar a los nietos, que son pámpanos

de menor desarrollo y fertilidad y más incompleto agostamiento que el pámpano principal, por tener el ciclo más reducido. Los nietos no poseen yemas de la corona y todos los entrenudos son de longitud más o menos constante (Grupo de investigación en viticultura – UPM, 2007).

La fertilidad de las yemas depende de:

- La naturaleza de la yema: los conos principales son más fértiles que los secundarios. Las yemas anticipadas son menos fértiles que las yemas normales.
- Posición en el pámpano: la fertilidad de las yemas aumenta desde las situadas en la base hasta la zona media del pámpano y posteriormente vuelve a decrecer. Es frecuente que las yemas de la corona no tengan diferenciados racimos, excepto en cultivares muy fértiles como es el caso de Airén.
- Variedad: algunas variedades no diferencian racimos o no de suficiente tamaño, en las yemas de los primeros nudos; en estos cultivares es obligado dejar sarmientos o cargadores largos – varas - en la poda de producción para asegurar la rentabilidad del cultivo.
- Desarrollo vegetativo del pámpano: en general las mayores fertilidades se obtienen en pámpanos de vigor medio.
- Condiciones ambientales durante la fase de diferenciación de las inflorescencias, fundamentalmente la iluminación.

5.2.5. El fruto

Es una baya de forma y tamaño variables. Más o menos esférica u ovalada dependiendo de la variedad, y por término medio de 12 a 18 mm de diámetro. Generalmente las uvas de mesa presentan bayas de 17 mm de diámetro a más, llegando a 30 mm en algunos casos.

5.2.6. El racimo

El racimo es un órgano opositifolio, es decir, se sitúa opuesto a la hoja. La vid cultivada lleva de uno a tres racimos por pámpano fértil. Lo normal son dos racimos y rara vez salen cuatro.

El racimo está formado por un tallo principal llamado pedúnculo hasta la primera ramificación. La primera ramificación genera los denominados hombros o alas, éstas y el eje principal o raquis, se siguen ramificando varias veces, hasta llegar a las últimas ramificaciones denominadas pedicelos que se expansionan en el extremo constituyendo el receptáculo floral que porta la flor. Dos ramificaciones consecutivas forman un ángulo de 90°. Al conjunto de ramificaciones del racimo se le denomina raspón o escobajo.

En las variedades de mesa, se deja un número de frutos por racimo, dependiendo de la variedad, con el propósito de aumentar los calibres y tener una fruta con buena calidad en término o para cosecha. Esta regulación se realiza en forma química y se ajusta en forma manual, siendo una de las labores más costosas de este cultivo por la alta demanda de mano de obra.

6. Requerimientos edáficos y climáticos del cultivo de vid

6.1. Clima

Los cultivares de uva tiene requerimientos bastantes precisos con respecto a las temperaturas totales y medias existentes en la estación de crecimiento. Además, el número de días requeridos para la adecuada maduración de los brote y frutas, variara con los cultivares. La mayoría de las uvas del tipo americano madurarán en el periodo de 165 días libres de helada (Childers, 1982).

Caballero (1984), señala que el clima tiene mayor importancia en el desarrollo de la vid que el suelo.

6.1.1. Temperatura

Es el factor climático más importante para definir la época y velocidad de las distintas fases fenológicas de la vid. Este cultivo requiere de un clima tropical y sub tropical, con temperaturas entre los 7 °C y 25 °C. No prospera bien en climas con veranos húmedos,

debido a su gran susceptibilidad a enfermedades criptogámicas (fungosas), las temperaturas demasiado altas (30 – 34 °C), especialmente si van acompañados de sequedad, viento caliente y seco, producen quemaduras de hojas y racimos (Fregoni, 2007).

6.1.2. Humedad relativa

La tolerancia a la humedad relativa es baja, se necesita realizar aplicaciones regulares para controlar las enfermedades en climas húmedos (Cubillo, 2003).

Fregoni (2007), señala que su requerimiento en humedad esta entre 70 a 80 por ciento.

6.1.3. Luminosidad

Para su crecimiento necesita entre 1500 a 1600 horas de luz anuales, de las cuales son necesarias como mínimo 1200 horas en el periodo de vegetación, dependiendo de la latitud del viñedo. De ahí, que es necesario cultivarla en lugares donde pueda recibir luz en mayor proporción. A medida que los suelos se ubiquen más cerca al Ecuador, el brillo solar durante todo el año es más constante, permitiéndole producir durante todo el año (Hidalgo, 1993).

6.2. Suelo

Cubillo (2003), señala que este cultivo tolera muchos tipos de suelos, siempre que sean profundos y estén bien drenados. Generalmente se prefieren los suelos ligeros y aquellos con menos fertilidad, que permitan controlar más la cubierta vegetal.

Las tierras ligeras, permeables, silíceas, pedregosas, calizas, esquistosas, jurásicas, volcánicas, en fin, todas aquellas que se secan fácilmente, que se calientan pronto y conservan el calor y un cierto grado de frescura, se prestan para la producción de las uvas de mesa.

La vid rehúsa tierras arcillosas y frías; en los terrenos turbosos y cretáceos y en los frescos y muy ricos, despliega toda su fuerza de vegetación y toda su rapidez de desarrollo, pero la fruta es desabrida, a pesar de su bella apariencia (Caballero, 1984).

6.2.1. pH del suelo

Puede crecer en un rango entre pH 4,5 a 8,5. A un pH > 6,5, los micronutrientes metálicos (Fe, Zn, Mn y Cu), boro (B) y fósforo (P) se encuentran menos disponibles, lo mismo sucede si el pH < 5.5 molibdeno se torna no disponible. En consecuencia, controlar el pH del suelo permite ofrecer todos los nutrientes esenciales en un balance y en correcta cantidad acorde a la fenología del cultivo en orden a optimizar un factor de calidad que influye en el desarrollo y productividad (Palma, 2006).

6.2.2. Textura del suelo

Los suelos profundos y fértiles, con un adecuado contenido de agua, origina altas producciones de uva, mientras que suelos superficiales, pobres y sin reserva de agua, no permite gran desarrollo de las plantas, producen cosechas escasas, aunque de mayor calidad. Los terrenos más adecuados para el cultivo de la vid son los terrenos sueltos, profundos; desarrollándose exitosamente en suelos franco-arcillosos, con presencia de materia orgánica suficientemente dotada: 1.5 – 2.5 por ciento (Hidalgo, 1993).

6.2.3 Salinidad

La tolerancia de la uva de mesa a la CE es menor a 1,5 mS/cm en extracto de saturación de suelo. Para no reducir su potencial productivo es necesario aumentar la cantidad de agua aportada influyendo en la zona radicular para producir una lixiviación necesaria de dichas sales en exceso; así tenemos que, una CE en extracto de saturación igual a 2,5 mS/cm reduce su potencial rendimiento en un 10 % (Palma, 2006).

7. Cultivo de vid en el Perú

La vid es una planta nativa de Asia menor que tiene sus mejores rendimientos en climas tropicales y sub-tropicales, pero es una planta que acepta una gran variedad de climas. En el Perú se cultiva principalmente en las regiones de Arequipa, Ica, Ancash, Cajamarca, Lambayeque, La Libertad, Lima, Moquegua, Piura y Tacna. Tradicionalmente la

campana de cosecha de la uva en el Perú se hace de octubre a marzo (Proyectos peruanos, 2016).

La producción nacional de uvas de mesa fue de 439.244 toneladas el año 2013, cantidad 21.38 % superior del año 2012, en dicho año también el crecimiento de la producción fue bastante elevado (21.88 %).

En octubre del año 2015 la producción de uva creció en 59.1% toneladas con respecto al año 2014, alcanzando un volumen de 87 mil 561 toneladas, cifra mayor registrada al mismo mes del año anterior, que se debió a la mayor cantidad de áreas sembradas (Agrodataperu, 2015).

Con el 97.3 % de la producción nacional, Piura, La Libertad e Ica fueron algunas de las regiones que impulsaron el crecimiento de la producción de uva, al avanzar en 138.5 %,3.0 % y2.3 % respectivamente (Agrodataperu, 2015).

El negocio de la uva de mesa de exportación en el Perú que en la campana 2014-2015 exportó 250 mil toneladas va con paso seguro hacia el cultivo de nuevas variedades sin semilla y el progresivo abandono de la red globe. Para las nuevas plantaciones ya no se piensa en red globe sino en variedades de menores rendimientos pero de mejores precios (Uvas Perú, 2016).

Las cifras de exportación de uva de mesa dan cuenta de crecimiento, aunque no tanto como se hubiera esperado. En total sumaron 250 mil TM la campana 2014-2015, de las cuales 120 mil corresponden a Ica, 90 mil a Piura, 20 mil a Lambayeque, 9 mil a Arequipa y 8 mil a Lima(Uvas Perú, 2016).

Perú sigue siendo un país “redglobero”. El mayor porcentaje de la uva que se exporta es red globe pero este panorama cambiará en los próximos años ya que desde esta campana en los nuevos campos se está dejando de lado dicha variedad por las nuevas sin semilla.

En el Perú el 80 por ciento de la producción de uva de mesa es de pequeños y medianos productores. El 20 por ciento restante lo producen cinco grandes empresas: El Pedregal (Piura-Ica), Rapel (Piura), Beta, (Ica y Piura), Acosa (Piura) y Don Ricardo (Ica) (Uvas Perú, 2016).

8. Antecedentes de uso de sistemas de riego tecnificado en el cultivo de vid

El sistema de riego más usado en las plantaciones de uva de mesa es el riego por goteo. Este es fundamental para explotar al máximo el potencial productivo de las nuevas combinaciones de patrón-variedad (Palma, 2006).

El riego por goteo fue adoptado por primera vez en plantaciones perennes de viñedos y huertos frutales adultos sin reducción de los rendimientos. Las pruebas iniciales en los años setenta abrieron el camino para la rápida adopción de la fertirrigación en fruticultura a lo largo y a lo ancho, incluyendo viñedos. Actualmente, las nuevas plantaciones de viñedos en todo el mundo utilizan la técnica del riego por goteo y la fertirrigación. La mayoría de los nuevos viñedos plantados en Australia usan riego por goteo. Sólo se usan fuentes nitrogenadas (urea, nitrato de calcio o, a veces, potasio en suelos deficientes, como nitrato de potasio) en los esquemas de fertirrigación. Muchos de los nuevos viñedos alrededor del mundo usan fertirrigación. Los experimentos iniciales en Israel en todos los viñedos adonde se usaba riego por goteo, incluían al fósforo en el cóctel de fertirrigación. Las líneas de riego en los viñedos se cuelgan debajo de la estructura que soporta la canopia, o bien son dejados sobre el suelo a lo largo de las hileras de viñas (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

9. Programaciones de riego en el cultivo de vid

La programación de riego está destinada a determinar a través de un conjunto de procedimientos y técnicas el momento y la cantidad de agua a aplicar a las plantas cultivadas para su desarrollo, crecimiento y producción óptima, estableciendo los volúmenes y fechas apropiados de los riegos a lo largo del ciclo fenológico del cultivo (Gratacos; Gurovich, 2003). Además de una adecuada programación otro factor importante es el sistema de riego a ocupar existiendo en la actualidad muchas opciones, dependiendo estas del cultivo, suelo y clima, entre otros factores. En el Perú, el sistema de riego más utilizado en la vid es el riego tecnificado por goteo.

En el riego por goteo, los requerimientos de agua se basan en la evapotranspiración de cultivo, pero la programación debe ser complementada con mediciones del estado hídrico del suelo, lo que se puede realizar con el uso de tensiómetros que permiten medir el potencial mátrico o bien con el uso de instrumentos como los FDR (Frequency domain refractometry) (Uribe y Maldonado, 2000).

La vid se cultiva, en su mayoría, en regiones con pocas precipitaciones y altas demandas evaporativas, por lo que si el riego es limitado, puede experimentar algún tipo de estrés hídrico durante el ciclo vegetativo.

Las necesidades de agua de la vid como cultivo pueden ser variables dependiendo de los fines y zonas. A esto se une de que es un cultivo en el que no se busca solamente maximizar las producciones, sino que la cosecha cumpla un mínimo de cualidades (Gamero, 2015).

Resulta laborioso llegar a estimar las necesidades de agua del viñedo. Para ello, se pueden utilizar métodos basados en medidas sobre el estado hídrico de las cepas, en medidas de contenido de agua del suelo o en medidas de la tensión de agua en el mismo. En general, es necesario determinar la evapotranspiración de un cultivo de referencia (ET_o), al que se aplica un coeficiente de cultivo, K_c, que pondera al parámetro anterior, obteniéndose la evapotranspiración del cultivo (ET_c). Los valores más usados como K_c se encuentra entre 0.2 y 0.5, lo que indica que en general no se debe aplicar el 100% de la ET_o. Este hecho guarda relación con que la vid es un cultivo con bajo consumo de agua (Gamero, 2015).

Gamero (2015), señala que las necesidades de agua en la vid, teniendo en cuenta los factores mencionados en la cita anterior, no son las mismas a lo largo del ciclo. Al principio del mismo, cuando no se ha desarrollado aun la mayor parte de la masa foliar de los brotes, la demanda de agua es baja, en cambio, cuando la vegetación está en pleno desarrollo y el crecimiento es rápido, la demanda es muy alta.

III. DESARROLLO DEL TEMA

Ica es considerada una de las principales regiones del Perú que produce uva de mesa para exportación. Se caracteriza por su clima desértico, por lo que las escasas o nulas precipitaciones agudizan la problemática de disponibilidad hídrica. Ante ello, los agricultores están inmersos en la búsqueda de alternativas para usar eficientemente el

agua. Los sistemas de riego presurizado, específicamente el riego por goteo, ha sido adaptado en casi el 100 % de los campos donde se cultiva uva de mesa, sólo un reducido porcentaje riega sus campos de uva con el método tradicional por gravedad.

A pesar del uso de esta moderna tecnología, se ha presentado inconvenientes con la optimización del riego porque en las programaciones del mismo no se está considerando la integración de la relación agua-suelo-planta-sistema, lo que significa determinar la demanda hídrica del cultivo con variables climáticas y de la especie vegetal para ser suministrarla en función a las condiciones edáficas y la características de la infraestructura de riego. Por ello, aún se aplica láminas excesivas o deficientes que perjudican el normal desarrollo del cultivo y generan merma del rendimiento e incremento en los costos de producción.

Asimismo, los nutrientes se proporcionan vía la solución fertirrigadora; para ello, se preparan soluciones madres o concentradas que se inyectan a la red de distribución del sistema de riego; entonces, bajo la premisa de que el agua es el medio de transporte de nutrientes, un manejo inadecuado del riego va a impactar en la absorción de nutrimentos.

1. Ubicación del campo de cultivo

La información presentada pertenece al historial de manejo de un campo con uva de mesa para exportación variedad Sograone, el cual está localizado en el valle formado por río Ica cerca al caserío de Cachiche, distrito, provincia y departamento de Ica en Perú.

2. Condiciones climáticas del lugar

De acuerdo al registro de la estación meteorológica, se tiene temperaturas máximas mensuales (Anexo 1) de 37 °C durante los meses de verano y de 28 °C en los meses de invierno; mientras que las temperaturas mínimas mensuales (Anexo 2) fueron de 16 y 5.5 °C, respectivamente. Asimismo, es importante resaltar que estos valores muestran la gran amplitud en variación de temperatura que puede presentarse en un mismo día, la cual oscilan entre 20 a 25 °C.

En cuanto a la evaporación mensual acumulada (Anexo 3), el valor máximo registrado supera los 140 mm/mes, principalmente en el mes de enero; mientras, que el mes de julio registra el valor más bajo, en promedio 45 mm/mes.

3. Agua de riego

La fuente hídrica proviene del subsuelo y se obtiene a través del bombeo de un pozo ubicado en el mismo predio. Toda el agua bombeada se acumula en un reservorio para ser rebombada a los campos de vid.

El agua de riego se caracteriza por presentar una conductividad eléctrica que fluctúa entre los 2.0 a 2.5 dS/m, registrándose los valores más bajos en los meses de verano gracias a las precipitaciones en la sierra que permiten la recarga del acuífero (Anexo 4 y Anexo 5).

La vid es un cultivo medianamente tolerante a sales; pero hoy en día, las variedades para uva de mesa se siembran sobre un portainjerto, el cual es elegido según las condiciones adversas del lugar donde se instala, en nuestro caso agua y suelos salinos.

La uva de mesa variedad Sugraone que se ha instalado en el valle de Ica se sembró utilizando como patrón la variedad Paulsen 1103, un pie tolerante a sales. Las evaluaciones indican que con conductividades eléctricas entre 2 a 3 dS/m no disminuye la producción; sin embargo, cuando la concentración de sales se incrementa a 4 dS/m es necesario realizar la práctica de lavado para lixiviar las sales acumuladas en la zona radicular y no afectar el rendimiento.

4. Características del suelo

Los suelos en esta zona se caracterizan por ser de textura arenosa a franco arenosa. Además, su perfil es muy variable; en algunos lugares encontramos capas de caliche a los 50 ó 60 centímetros de profundidad, capas con textura franco arenosa hasta los 50 cm seguidas por una capa de arena gruesa o capas de arena fina con una capa subyacente de textura limosa a los 40 a 60 cm de profundidad.

En el año 2014 se presentaron problemas de asfixia radicular por anegamiento y se identificó porque algunas zonas del lote afectado mostraron un ligero amarillamiento. Ante ello, se realizó la evaluación del perfil a través de calicatas y en la observación se

encontró que entre los 50 y 60 cm de profundidad se detenía la expansión radicular por exceso de humedad. La acumulación del agua a esta profundidad coincidía con el cambio a una textura más fina que reducía significativamente la percolación del agua aportada por los riegos diarios. Por lo tanto, la programación del riego se modificó y con el ajuste, los riegos diarios por horas se convirtieron en riegos aplicados por cantidad de metros cúbicos semanales. Este cambio dio inicio a una nueva etapa en la programación del riego porque integró en su estimación variables del cultivo como el Kc por estado fenológico y la profundidad de raíces, variables climáticas como la evapotranspiración y características edáficas como el contenido de humedad del suelo.

En el año 2016, se realizó una nueva modificación a la programación del riego, en la cual se ajustó la frecuencia de los riegos. Los intervalos establecidos dependieron de la textura del suelo y la velocidad de infiltración.

5. Sistema de riego de la zona de trabajo

El campo es irrigado a través de un sistema presurizado automatizado por goteo. Como en todas las infraestructuras consta de un cabezal y su red de distribución. El diseño del sistema del fundo incluye un reservorio de 3500 m³ de capacidad, el cual almacena el agua bombeada del pozo para ser rebombada hacia los campos de vid. El sistema de rebombeo posee dos motores de 50 HP de potencia (Foto 1) y un cabezal de filtrado con 6 cuerpos o filtros alineados horizontalmente (Foto 2). Con el sistema de filtrado se mejora la calidad física del agua de riego y se evita que se transporten impurezas hacia la red de distribución.



Foto 1. Motor de bombeo



Foto 2. Batería de filtros

En el campo, el agua llega hasta las válvulas de riego (Foto 3 y 4), las cuales la distribuyen hacia laterales o líneas de riego ubicados en el terreno.

El agua que recorre los laterales se entregada localizada y homogéneamente al sistema radicular del cultivo a través de emisores, los mismos que están insertados en las mangueras. Los goteros poseen una descarga de 1.8 litros por hora y están distanciados a 0.4 metros, lo que permite aplicar una lámina de riego de 2.5 mm/ha/h o un volumen de 25 m³/ha/h.



Foto 3. Válvula de riego (vista lateral)



Foto 4. Válvula de riego (vista frontal)

Complementariamente, para ampliar el bulbo de humedecimiento en los campos con suelos se utiliza doble manguera por surco. Esta práctica mejora la distribución lateral del agua de riego, el suministro de fertilizantes y la expansión del sistema radicular.

6. Características del cultivo

El cultivo sembrado es uva de mesa para exportación de la variedad Sugraone, la cual posee como portainjerto Paulsen 1103, pie que le confiere la tolerancia a sales. El cultivo está instalado bajo un marco de plantación de 3.6 metros entre líneas y 2 metros entre plantas, dando un total de 1388 plantas por hectárea.

Se sabe que los sistemas de conducción están constituidos por el conjunto de operaciones que contribuyen a definir la distribución de la superficie foliar y de los racimos. Además, se ha observado que los sistemas de conducción pueden modificar notablemente el microclima lumínico y térmico de la planta e influir en la producción y la calidad de la

fruta. Existen varios sistemas de conducción y cada uno presenta beneficios y desventajas que los caracteriza.

El manejo del cultivo en el fundo se realiza bajo la infraestructura del sistema de conducción en parronal o parrón español, el cual presenta las siguientes ventajas:

- Una buena intercepción de la luz.
- Permite obtener altas producciones.
- Permite manejar alto número de yemas por superficie, si es requerido.
- Facilita la distribución de cargadores para “podas largas”.
- Se trabaja “bajo sombra”.
- Se lleva buen control de labores.

Entre sus desventajas tenemos:

- El manejo de la luz es más complejo creando microclima favorable a enfermedades fungosas.
- La poda a cargadores (ideal) es más compleja y costosa; mientras, que la poda a pitones promueve brotes verticales y una canopia más densa.
- Se requiere uso de escaleras (caballetes).

En la variedad de uva Sugaone se realiza una poda de verano o repoda como se le llama comúnmente, debido a que su fertilidad se reduce al finalizar la cosecha. La finalidad de la repoda es promover brotes nuevos con mayor fertilidad porque esta práctica asegura una buena producción. Por lo tanto, el manejo de los brotes se orienta a promover su crecimiento sin cargarlos de fruta para luego madurarlos y volver a podarlos.

La siguiente poda, llamada de producción, se realiza entre los meses de junio – julio; esto permite que el periodo vegetativo del cultivo oscile entre 140 a 160 días, dependiendo de la fecha de poda.

7. Fenología del cultivo en la zona

La variedad Sugaone tiene dos etapas en función a la labor de poda:

- La repoda o poda de verano, que se realiza después de la cosecha para obtener brotes fértiles. En esta etapa, el manejo de la iluminación es importante porque un excesivo

sombreamiento disminuye considerablemente la fertilidad. Este periodo dura de 180 a 200 días para que el brote madure.

- Poda de producción, que representa la etapa más importante del cultivo.

Asimismo, durante su crecimiento y desarrollo en la zona, se ha observado varias etapas fenológicas, las cuales se detallan en el Cuadro 1.

7.1 Poda de producción

La vid fructifica en brotes de un año, generalmente nacidos sobre madera del año anterior. La poda limita el número y longitud de los sarmientos; de esta manera, se efectúa un balance entre su vigor y su producción regulando la misma tanto en cantidad como en calidad.

En la zona, la poda de producción se realiza entre los meses de junio – julio, dependiendo de la fecha de cosecha programada. Generalmente, las cosechas se proyectan a la época donde se presente la mejor ventana comercial.

La variedad Sugraone se maneja con poda semilarga, que consiste en dejar cargadores (madera de un año) con 12 a 16 yemas, dependiendo de la fertilidad de las mismas. Por otro lado, existen pocos registros de podas cortas en esta variedad con buenos resultados en producción.

7.2. Brotación

Para un mejor manejo de los riegos y las otras labores técnicas de campo, esta etapa se desglosa en más etapas fenológicas, ya que cada etapa tiene una lámina de riego distinta. Este periodo dura entre 45 a 55 días en la variedad Sugraone bajo las condiciones de la zona.

7.3. Floración

En cada etapa mencionada varía el Kc (coeficiente de cultivo). Los Kc que se utilizan, son los teóricos, adecuándolos a la zona en función a los porcentajes de sombreado de cada fenología. En brote de 60 a 80 cm es cuando empieza la floración. Bajo las

condiciones de la zona, la variedad inicia floración entre el día 50 o 60 después de la aplicación de cianamida hidrogenada. En esta etapa las dosis de nitrógeno vía sistema de riego se incrementa para lograr un mejor raleo químico y disminuir los costos en mano de obra en la labor de raleo manual. Su periodo de duración es aproximadamente 15 días.

7.4. Cuajado del fruto

Es la transformación de las flores en fruto. No se han reportado en la zona problemas de cuajado; por el contrario, hay un exceso de frutos por racimo después de esta etapa, por lo que se realiza la labor de raleo manual, siendo una de las más costosas en consumo de mano de obra, después de la cosecha. Esta etapa tiene una duración de 10 a 15 días.

7.5. Crecimiento de fruto

Igual que la etapa de brotamiento, desglosamos esta etapa para tener un mejor control de los riegos y la fertilización.

- Baya de 4 – 8 mm
- Baya de 8 – 12 mm
- Baya de 12 – 16 mm
- Baya de 16 – 18 mm
- Baya de 18 – 20 mm

En esta etapa se realiza la labor de raleo, dejando unos 120 bayas por racimo grande y 90 a 100 en racimos medianos con la finalidad de obtener calibres de baya entre 20 a 22 mm de diámetro y llegar con buen término de calidad a la cosecha. El tiempo de duración de esta etapa es de 30 días.

7.6. Maduración

Es la acumulación de azúcares en el fruto. Se inicia con el ablandamiento de la baya. Se busca iniciar esta etapa con calibres de baya entre 16 a 18 mm de diámetro para poder llegar a cosecha con 20 a 22 mm de diámetro. Esta etapa tiene una duración de 20 días y finaliza cuando se inicia la cosecha.

Cuadro 1. Duración en días de los estados fenológicos de la vid para mesa variedad Sagraone en el valle de Ica, sector Cachiche

| Fenología | Duración (días) |
|--------------------------------------|--------------------|
| Brotamiento | 55 |
| Punta algodonosa | |
| Punta verde | |
| Brote 5 a 10 cm | |
| Brote 10 a 15 cm | |
| Brote 15 a 20 cm | |
| Brote 20 a 40 cm | |
| Brote 40 a 60 cm | |
| Brote 60 a 80 cm | |
| Brote 80 a más | |
| Floración | 15 |
| Inicio de flor (5 % de flor abierta) | |
| Plena floración | |
| Cuajado | 10 |
| Crecimiento de baya | 30 |
| Baya de 5 a 8 mm | |
| Baya de 8 a 12 mm | |
| Baya de 12 a 16 mm | |
| Baya de 16 a 20 mm | |
| Maduración | 30 |
| Cosecha | 20 |

Fuente: Propia.

8. Fertirrigación

La fertirrigación se realiza en el centro de fertilización de la sala de rebombeo. Las dosis de nutrientes aplicadas han sido determinadas en base a la demanda del cultivo por etapa

fenológica, adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del fundo y manejo del cultivo. La solución nutritiva se prepara con fertilizantes solubles en un tanque de premezcla, luego esta solución es rebombada a los tanques de distribución para ser inyectada al sistema de riego mediante electrobombas de 1.5 HP de potencia y dosificada a través de los fertímetros.

En el año 2014 y 2015 se usaron fertilizantes líquidos para cubrir el requerimiento de nitrógeno y parte de la demanda del potasio. Estas fuentes no reflejaron buenos resultados en la producción. Asimismo, los costos de producción se incrementaron por su elevado precio en el mercado, por lo que se reemplazó con fertilizantes edáficos de alta solubilidad como el nitrato de amonio y fertilizantes solubles exclusivos para fertirriego.

En la campaña del año 2016, el uso de estas nuevas fuentes de nutrientes generó respuesta positiva en el crecimiento y desarrollo de la planta. El brotamiento fue inmediato y más uniforme, e incluso los análisis foliares mostraron incremento en el nivel de nitrógeno en la hoja.

Los fertilizantes que actualmente se usan son:

- Nitrato de amonio
- Nitrato de calcio soluble
- Sulfato de potasio soluble
- Sulfato de magnesio soluble
- Ácido fosfórico
- Ácido bórico
- Sulfato de zinc
- Ácidos fúlvicos

9. Programas de fertilización

Las dosis de fertilización propuestas para la nueva campaña de los lotes están basadas en los análisis foliares y en el rendimiento que se desea obtener.

Los nutrientes aportados por los fertilizantes mencionados anteriormente son distribuidos a lo largo del periodo vegetativo del cultivo. Esta distribución se plantea en función de la etapa fenológica, el movimiento del nutriente en el suelo y el mecanismo de absorción

del nutrimento por la planta. Asimismo, la demanda nutritiva es ajustada a la realidad de la zona y el manejo del cultivo.

Los programas de fertilización son elaborados al inicio de cada campaña y su efecto se monitorea a través de análisis foliares en cada etapa fenológica, dado que la concentración de elementos en la hoja son reflejo del estado nutritivo del cultivo.

La decisión de mantener o corregir el aporte de nutrientes depende de que si los resultados registrados en los análisis foliares varían o no de los rangos de concentración de nutrientes foliares referenciales (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles óptimos de nutrientes en hojas para la variedad Sugraone

| | Nitrógeno (%) | | Fósforo (%) | | Potasio (%) | | Calcio (%) | | Magnesio (%) | | Azufre (%) | | Boro (ppm) | |
|--------------------|---------------|------|-------------|------|-------------|------|------------|------|--------------|------|------------|------|------------|--------|
| Brote hasta 40 cm. | 3.12 | 4.46 | 0.34 | 0.70 | 1.14 | 1.69 | 1.63 | 2.87 | 0.25 | 0.39 | 0.30 | 0.61 | 84.00 | 275.00 |
| Brote hasta 70 cm. | 3.12 | 4.46 | 0.32 | 0.70 | 1.14 | 1.69 | 1.63 | 2.87 | 0.25 | 0.39 | 0.30 | 0.61 | 84.00 | 275.00 |
| Floración | 3.12 | 4.46 | 0.23 | 0.40 | 1.26 | 1.88 | 1.63 | 2.87 | 0.25 | 0.39 | 0.30 | 0.61 | 84.00 | 275.00 |
| Baya 5 - 6 mm. | 2.23 | 3.18 | 0.16 | 0.28 | 1.00 | 1.69 | 2.08 | 3.86 | 0.27 | 0.45 | 0.30 | 0.61 | 84.00 | 275.00 |
| Baya 10 - 12 | 2.23 | 3.18 | 0.16 | 0.28 | 1.00 | 1.69 | 2.08 | 3.86 | 0.27 | 0.45 | 0.35 | 0.77 | 84.00 | 275.00 |
| Baya 15-16mm | 1.84 | 2.79 | 0.16 | 0.28 | 1.00 | 1.69 | 2.08 | 3.86 | 0.27 | 0.45 | 0.35 | 0.77 | 84.00 | 275.00 |
| Cosecha | 1.84 | 2.79 | 0.16 | 0.28 | 1.00 | 1.69 | 2.08 | 3.86 | 0.27 | 0.45 | 0.35 | 0.77 | 141.00 | 319.00 |
| Postcosecha | 1.50 | 2.45 | 0.16 | 0.28 | 1.00 | 1.69 | 2.08 | 3.86 | 0.27 | 0.45 | 0.35 | 0.77 | 141.00 | 319.00 |

| | Manganeso (ppm) | | Hierro (ppm) | | Zinc (ppm) | | Cobre (ppm) | | Cloro (ppm) | | Sodio (ppm) | |
|--------------------|-----------------|--------|--------------|--------|------------|--------|-------------|-------|-------------|----------|-------------|----------|
| Brote hasta 40 cm. | 133.00 | 414.00 | 95.00 | 218.00 | 58.00 | 300.00 | 5.00 | 15.00 | 700.00 | 1,500.00 | 250.00 | 1,500.00 |
| Brote hasta 70 cm. | 133.00 | 414.00 | 95.00 | 218.00 | 58.00 | 300.00 | 5.00 | 15.00 | 700.00 | 1,500.00 | 250.00 | 1,500.00 |
| Floración | 93.00 | 319.00 | 95.00 | 218.00 | 58.00 | 300.00 | 5.00 | 15.00 | 700.00 | 1,500.00 | 250.00 | 1,500.00 |
| Baya 5 - 6 mm. | 93.00 | 319.00 | 95.00 | 218.00 | 58.00 | 300.00 | 5.00 | 15.00 | 700.00 | 1,500.00 | 250.00 | 1,500.00 |
| Baya 10 - 12 | 93.00 | 319.00 | 95.00 | 218.00 | 58.00 | 300.00 | 5.00 | 15.00 | 700.00 | 1,500.00 | 250.00 | 1,500.00 |
| Baya 15-16mm | 76.00 | 220.00 | 95.00 | 218.00 | 31.00 | 180.00 | 5.00 | 15.00 | 700.00 | 1,500.00 | 250.00 | 1,500.00 |
| Cosecha | 76.00 | 220.00 | 151.00 | 370.00 | 31.00 | 180.00 | 5.00 | 15.00 | 700.00 | 1,500.00 | 250.00 | 1,500.00 |
| Postcosecha | 76.00 | 220.00 | 151.00 | 370.00 | 31.00 | 180.00 | 5.00 | 15.00 | 700.00 | 1,500.00 | 250.00 | 1,500.00 |

Fuente: Agriquem - Perú

Los suelos de la zona son salinos (Anexo 6), problema que reduce la eficiencia de absorción de nutrientes. En la zona, se observa que la absorción de magnesio y de micronutrientes es deficiente; por ello, el sulfato de magnesio soluble se aplica en mezcla con ácido fúlvico para ayudar en su absorción. Por otro lado, los micronutrientes se aplican al follaje, preferentemente; sin embargo, en algunas etapas fenológicas se aporta en solución con ácido fúlvico a través del sistema de riego para obtener el mismo efecto que en el magnesio.

En el 2014, la fertilización fue desbalanceada. Se aportó exceso de algunos nutrientes; así como, se limitó el aporte de otros. Como se sabe, cada estadio fenológico posee requerimientos nutritivos diferentes, premisa que no se consideró al plantear las dosis de fertilización y al distribuir los nutrientes en la campaña. En el Gráfico 1 se puede apreciar la cantidad y distribución del N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO aplicados.

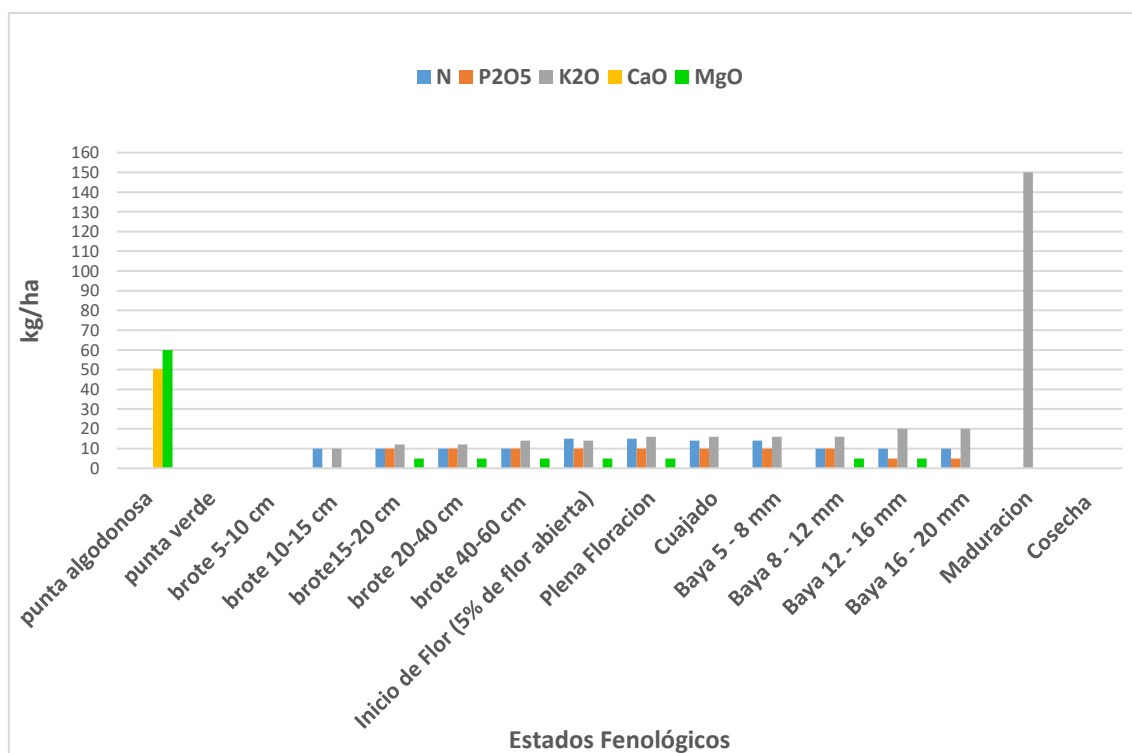


Gráfico 1. Cantidades de nutriente en kg/ha según estado fenológico en el cultivo de vid variedad Sugraone - campaña 2014

Para la campaña del año 2015 se consideró las concentraciones foliares, que junto con el cambio de fuentes de fertilizantes permitieron reducir las unidades de nutrientes por hectárea; este mismo año, también se modificó el régimen de riego. La implementación

de los ajustes del riego y la fertilización retrasaron un poco la fertilización, cubriendo tarde los requerimientos de nutrientes, por inicio de floración (Gráfico 2).



Gráfico 2. Cantidades de nutriente en kg/ha según estado fenológico en el cultivo de vid variedad Sugraone - campaña 2015

En el estado de punta algodonosa la planta la absorción de nutrientes es mínima o casi nula porque la planta encuentra sin hojas y con el sistema radicular con reducida actividad de crecimiento. La energía que utiliza la planta para brotar en sus primeros días después de la poda de producción es tomada de las reservas acumuladas de la etapa de maduración; por este motivo se retiró la fertilización. La respuesta a este cambio no mostró deficiencias en la campaña ni en campañas posteriores y tampoco perjudicó las producciones (Gráfico 3).

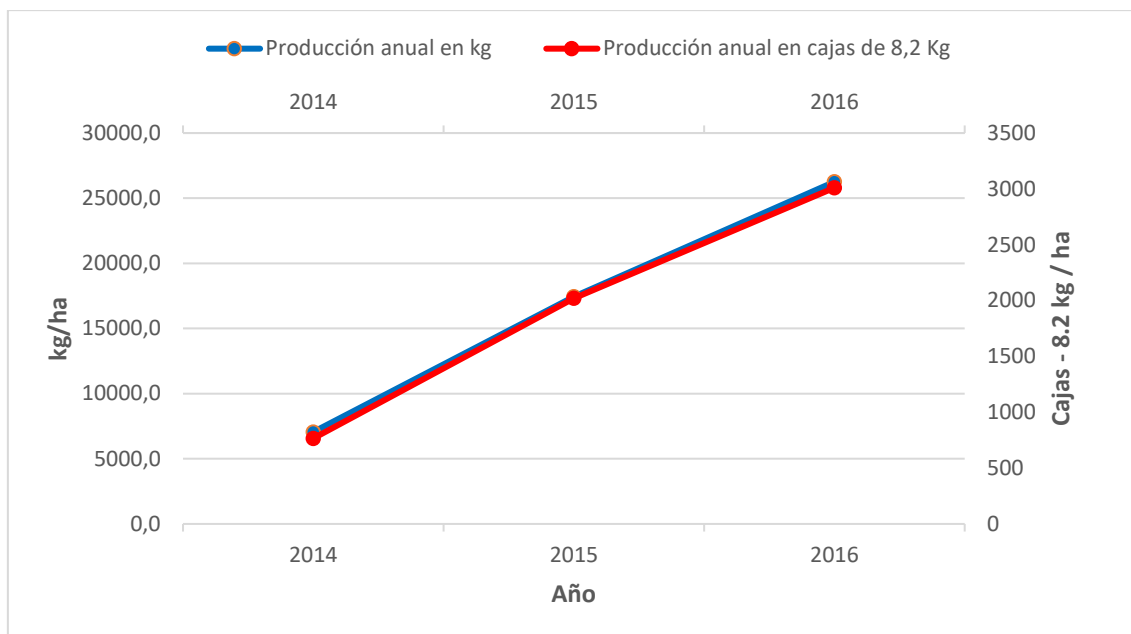


Gráfico 3. Producción en kilogramos por hectárea y cajas por hectárea de uva de mesa variedad Sugaone de los últimos 3 años de la zona de trabajo

En el año 2016 se incrementó las unidades de nutrientes porque en la anterior campaña se presentó déficit en ciertas etapas del cultivo; asimismo, el aumento de las unidades aportadas también se debió a la mayor producción que se proyectó. Para la distribución de nutrientes se trabajó con el requerimientos del cultivo por cada etapa fenológica (Gráfico 4), con lo cual se logró buenos resultados tanto de producción como de vigor de brotes.

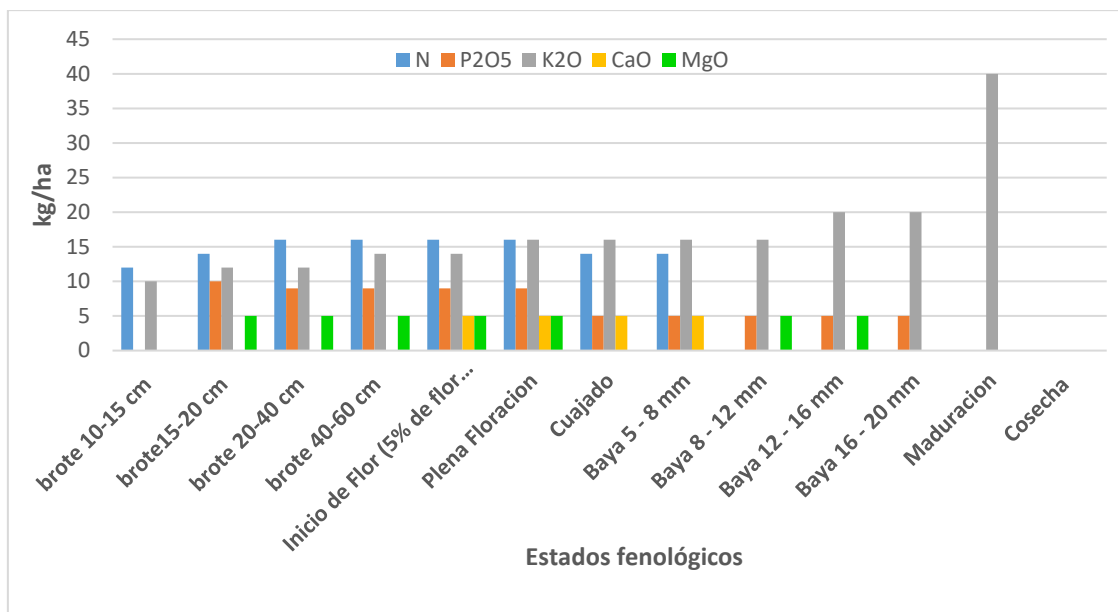


Gráfico 4. Distribución de las unidades de nutrientes según estado fenológico en el cultivo de vid variedad Sugraone, campaña 2016

10. Programación de riego

Elaborar un programa de riego es tratar de lograr reponer el agua requerida por la planta para su desarrollo, en el tiempo adecuado y la cantidad necesaria para maximizar la producción y obtener productos de buena calidad. Es por eso que el programa de riego en uva de mesa se elabora con el objetivo de mantener al cultivo con un abastecimiento hídrico de tal forma que no se restrinja su crecimiento y desarrollo.

Los programas de riego en el 2014 se realizaron programando horas de riego (Cuadro 2) y no se tomaba en cuenta los metros cúbicos que descargaba el sistema; además, los riegos eran diarios y se calculaba las horas de riego en función a la capacidad del sistema de riego de cada lote. Este riego diario se realizó bajo el concepto de que la planta tenía que ser nutrida todos los días para su mejor desarrollo y producción; por ello, en temporadas de mayor demanda hídrica de la planta solo se incrementaba las horas de riego, las cuales variaban de dos, tres o cuatro horas al día.

Para esa campaña se consumió 11500 m³ agua/ha/año. El aporte se realizó como riegos diarios, lo que ocasionó problemas en el manejo del cultivo. En temporadas en que la planta no necesitaba de mucha agua, este exceso hídrico produjo asfixia radicular, daño que se identificó por la coloración rojiza de las raíces de la vid. También, se observó un

bulbo de humedad ancho y muy profundo que favoreció a la exploración del sistema radicular; pero al disminuir las horas de riego, el bulbo se reducía y las sales se acercaban a las raíces produciendo lo que llamamos quemadura por sales. Este exceso de riego favoreció a la pérdida de nutrientes por lixiviación y afectó la eficiencia de absorción. En consecuencia, esta práctica de riego redujo la producción de los campos.

Cuadro 2. Consumo de agua en metros cúbicos por etapa fenológica en el cultivo de vid. Campaña - 2014

| Fenología | Agua de riego (m ³ /ha/año) |
|---------------------|---|
| Repoda | 5290 |
| Brotamiento | 2476 |
| Floración | 700 |
| Cuajado | 272 |
| Crecimiento de baya | 1050 |
| Maduración | 1114 |
| Cosecha | 661 |
| Total | 11563 |

Fuente: Propia

Para el 2015 la programación de riego fue modificada siguiendo la metodología para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos en base a la evapotranspiración del cultivo de referencia y el Kc del cultivo. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde:

ET_c = evapotranspiración del cultivo

K_c = coeficiente del cultivo

E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia

Existen muchos métodos para calcular la E_{To} , entre ellos encontramos:

- Método práctico:

La E_{To} se determina con la información de la evaporación que registra el tanque evaporímetro tipo A.

- Métodos empíricos

Estos métodos requieren más de cuatro variables meteorológicas para hallar la E_{To} ; la temperatura es la variable base para estos cálculos.

Penman-Monteith (1949)

Thomthwaite-Wilm (1944)

Turc Anual (1954)

Hargreaves (1956)

Turc ((1961)

Jensen-Haise (1963)

Christiansen (1966)

Garcia-Lopez (1970)

Blaney-Criddle (1977)

En la zona de trabajo se tiene una estación meteorológica que registra los valores de E_{To} , lo que facilita el cálculo. Por otro lado, los valores de K_c se establecen de acuerdo a la etapa fenológica de la vid, considerando el área sombreada de cada etapa. En el Cuadro 3 se muestran los K_c ajustados a nuestra zona, los cuales varían en función de biomasa producida por fenología.

Los programas de riego se empezaron a elaborar semanalmente; es decir, con los requerimientos semanales del cultivo, los cuales se distribuían dependiendo de la capacidad del sistema de riego.

Cuadro 3. Kc de uva de mesa variedad Sugraone ajustado a la zona de Cachiche

| Estado fenológico | Kc Vid para mesa variedad Sugraone |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Punta algodonosa | 0.10 |
| Punta verde | 0.15 |
| Brote 5-10 cm | 0.15 |
| Brote 10-15 cm | 0.20 |
| Brote 15-20 cm | 0.30 |
| Brote 20-40 cm | 0.30 |
| Brote 40-60 cm | 0.40 |
| Inicio de flor (5% de flor abierta) | 0.50 |
| Plena floración | 0.50 |
| Cuajado | 0.60 |
| Baya 5 - 8 mm | 0.70 |
| Baya 8 - 12 mm | 0.70 |
| Baya 12 - 16 mm | 0.80 |
| Baya 16 - 20 mm | 0.90 |
| Maduración | 1.00 |
| Cosecha | 0.50 |
| Post-cosecha | 0.50 |

Fuente: Propia

En el programa de riego del 2015, la necesidad hídrica se determinó multiplicando la ETo por el Kc por la eficiencia del sistema de riego y por una fracción lavado que se usaba en caso sea necesario. Considerando todas estas variables se calculó la necesidad hídrica del cultivo, complementándola con la revisión in situ de la humedad del suelo a través de calicatas para ajustar el programa. La aplicación de esta modificación redujo el consumo hídrico en más de 2000 m³/ha (Cuadro 4).

Cuadro 4. Consumo de agua en metros cúbicos por etapa fenológica - 2015

| Fenología | Agua de riego (m ³ /ha/año) |
|---------------------|---|
| Repoda | 4777 |
| Brotamiento | 1090 |
| Floración | 350 |
| Cuajado | 210 |
| Crecimiento de baya | 1056 |
| Maduración | 1387 |
| Cosecha | 659 |
| Total | 9529 |

Fuente: Propia

En el 2016, se realizó un nuevo ajuste a la programación del riego, el cual incluyó nuevas variables que consideran a las características físicas del suelo (Anexo 6) como el volumen de suelo que ocupan las raíces y la humedad aprovechable. La reposición tomó en cuenta el porcentaje de pérdida de humedad, que bajo las condiciones del fundo se estableció como 35 % de para la época de brotación hasta la de cosecha y de 50 % para la post cosecha o repoda. Este ajuste también redujo el consumo de agua por el cultivo, especialmente en la etapa de brotamiento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Consumo de agua en metros cúbicos por etapa fenológica - 2016

| Fenología | Agua de riego (m ³ /ha/año) |
|---------------------|---|
| Repoda | 4050 |
| brotamiento | 540 |
| floración | 380 |
| cuajado | 150 |
| crecimiento de baya | 1160 |
| maduración | 1540 |
| cosecha | 690 |
| total | 8510 |

Fuente: Propia

Desde el 2014, cuando se encontró el fundo usando una metodología de riego ineficiente, los cambios ejecutados se orientaron en incrementar la eficiencia en el uso del recurso hídrico, lo que se vio reflejado en la disminución de las láminas o volúmenes de riego aplicadas. En el Cuadro 6 se observa que en la campaña del 2016 se redujo 1000 m³ agua/ha con respecto a la campaña del 2015 y 3000 m³ agua/ha con respecto a la campaña del 2014. Asimismo, al analizar el consumo hídrico por etapa fenológica, se observa que durante el periodo de brotamiento se realizó los ajustes más notorios, seguido por el de floración.

Esta reducción no afectó la producción ni la calidad de la fruta; por el contrario, los rendimientos incrementaron (Gráfico 5), la plantación mostró mayor vigor y mejor conformación de cabellera radicular; así como, se redujo los costos en consumo de agua.

Cuadro 6. Consumo hídrico ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) según estado fenológico de la vid durante las campañas 2014, 2015 y 2016

| Fenología | año 2014 | año 2015 | año 2016 |
|---------------------|----------|----------|----------|
| Repoda | 5290 | 4777 | 4050 |
| Brotamiento | 2476 | 1090 | 540 |
| Floración | 700 | 350 | 380 |
| Cuajado | 272 | 210 | 150 |
| Crecimiento de baya | 1050 | 1056 | 1160 |
| Maduración | 1114 | 1387 | 1540 |
| Cosecha | 661 | 659 | 690 |
| Total anual | 11563 | 9529 | 8510 |

Fuente: Propia

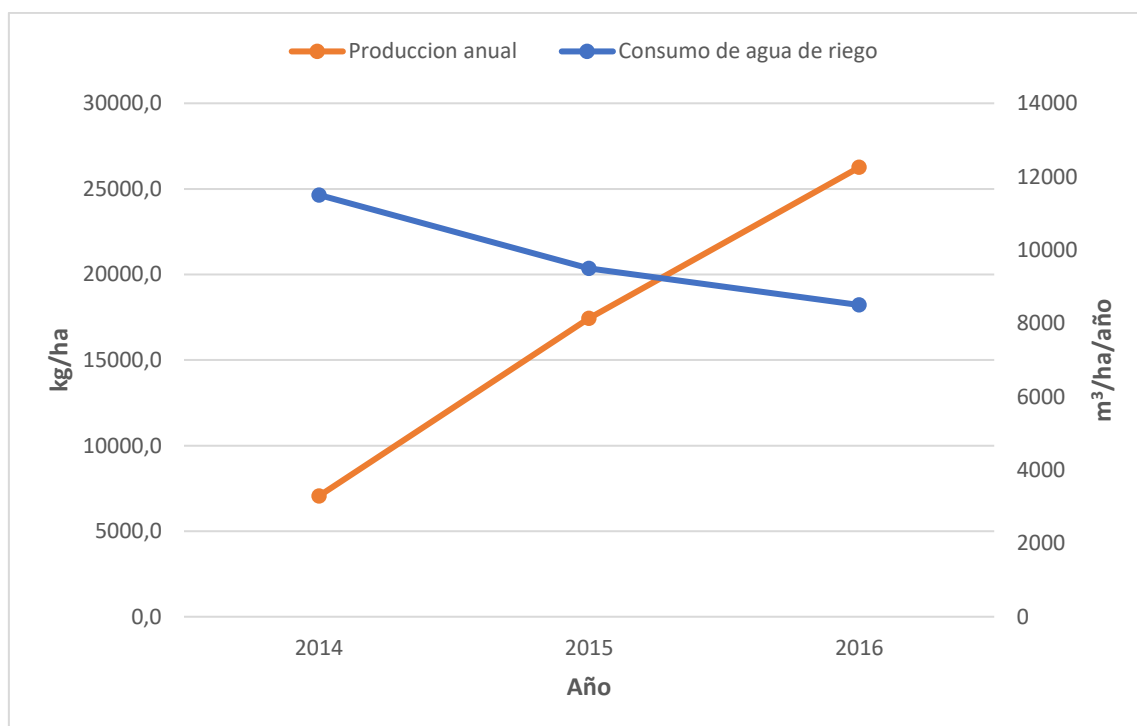


Gráfico 5. Uso eficiente del agua de riego incrementando producción de uva de mesa variedad Sugraone en el valle de Ica.

IV. CONCLUSIONES

- La instalación de los sistemas de riego tecnificados son de alto costo, pero si calculamos el ahorro de agua que nos brinda, en zonas donde este recurso es escaso, su instalación es una gran ventaja y un ahorro a largo plazo.
- No basta con tener solo un buen sistema de riego tecnificado, hay que conocer la fisiología del cultivo y las características edáficas y climáticas del lugar para que, en función de esta, se pueda establecer parámetros de riego y hacer buen uso de estos sistemas.
- No siempre cuanto más agua de riego se aplica a un cultivo, se tiene mayor producción. La vid es un cultivo en que el sistema de riego tecnificado ayuda a controlar su dosificación, ya que si hay exceso de agua, sufre asfixia radicular. Mediante un buen manejo del agua de riego, con un buen sistema de riego tecnificado, se incrementa la producción y se reduce la pérdida de agua.
- En el cultivo de vid, el riego diario no es recomendable cuando la planta aún no está con mucha área foliar, por el contrario, se genera asfixia radicular.
- La programación de los riegos en base a frecuencia y manteniendo un caudal casi continuo en cada riego, ayuda a disminuir la concentración de sales en las raíces, aumenta la masa radicular, se reduce la posibilidad de lavado de fertilizantes por lixiviación.

V. RECOMENDACIONES

- Antes de usar fertilizantes para la fertirrigación hay que tomar en cuenta sus características químicas y si es un producto nuevo, analizar las concentraciones de nutrientes que se mencionan en la etiqueta, con un laboratorio de confianza.
- El Kc de los cultivos se debe ajustar a la zona de trabajo.
- Revisar los programas de riego tomando en cuenta los parámetros descritos, para aumentar la eficiencia del riego, incrementando producción y reduciendo la pérdida de agua en el cultivo de vid.
- Revisar siempre los goteros en los sistemas de riego y realizar mantenimiento de toda la infraestructura cada cierto tiempo, ya que una desuniformidad en el riego ocasiona una desuniformidad en la fertilización, y se refleja en el manejo de la canopia y en la producción.
- Para conocer los parámetros estructurales del suelo, enviar muestras de suelos a laboratorios especializados para tener datos exactos y controlar mejor la reposición de agua de riego.

VI. BIBLIOGRAFIA.

- AgrodataPeru. 2015. Boletín INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) (en línea). Consultado el 8 de setiembre del 2017. Disponible en: www.agrodataperu.com/2015/12/23681.html
- Caballero, A. 1984. Tratado de fruticultura. Cuarta edición. Barcelona. Editorial Gustavo Gili S.A. 939 p.
- Cadahia, C.1998. Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales. España. Ediciones Mundiprensa. 475 p.
- Cadahia, C.2005. Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Tercera edición Revisada, actualizada y ampliada. España. Ediciones Mundi-Prensa. 681 p.
- Castañón, G. 2000. Ingeniería del Riego: Utilización racional del agua. España. Editores Spain Paraninfo SA. 208 p.
- Cubillo A, S. 2003. Producción de frutas de climas templados y subtropicales. Zaragoza – España. Editorial Acribia SA. 396 p.
- Childers F, N. 1982. Fruticultura moderna: cultivo de frutales y arbustos frutales. Tomo II. Traducido por Sartori E. Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. 982p.
- Domínguez V, A. 1993. Fertirrigación. Madrid – España. Ed. Mundi – Prensa. 217p.
- Fuentes Y, J. 2003. Técnicas de riego. Cuarta edición. Madrid- España. Ediciones Mundi-Prensa. 483 p.
- Fregoni, M. 2007. Viticultura y cambio climático. Revista Enología. 1 – 9 p.

- Gamero S, E. 2015. Incidencia del riego y el nivel de carga sobre la calidad de uvas cv tempranillo en Extremadura. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. España. p 36 – 40.
- Gratacos, E; Gurovich, L. 2003. Uso de la tecnología del fitomonitor como indicador del estado hídrico del kiwi y su uso en riego programado. Ciencia e Investigación Agraria. 113-137 p.
- Grupo de investigación en viticultura UPM. Gestión del riego en viñedos de vinificación. 2007. Consultado el 08 de setiembre de 2017. Disponible en: <http://ocw.upm.es/produccion-vegetal/viticultura/contenidos/tema6riego.pdf>
- Hidalgo F, L. 1993. Tratado de Viticultura General. 1 Ed. Zaragoza, ES. Mundi – Prensa. 984p.
- Hidalgo F, L. 2002. Tratado de Viticultura General. Tercera Edición. España. Editorial Mundi-Prensa. 1220p.
- Kafkafi; Tarchitzky. 2012. Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. R. Primera Edición. Paris Francia. IFA. Impreso en Francia. 149p.
- Martínez; Melgarejo; Hernández; Salazar. 2001. Prácticas integradas de viticultura. España. Ediciones Mundi-Prensa. 1 ed. 1220 p.
- Moya T, J. 2009. Riego Localizado y Fertirrigación. Cuarta Edición. España. Ediciones Mundi-Prensa. 575p.
- Navarro G, G. 2014. Fertilizantes: química y acción. España. Ediciones Mundi-Prensa. 229p.
- Palma M, F. 2006. Guía de manejo, nutrición vegetal de especialidad: uva de mesa. Chile. 135p.

Proyectos peruanos. 2016. Producción de uvas de mesa. Consultado el 9 de setiembre del 2017. Disponible en: proyectosperuanos.com/uvas/

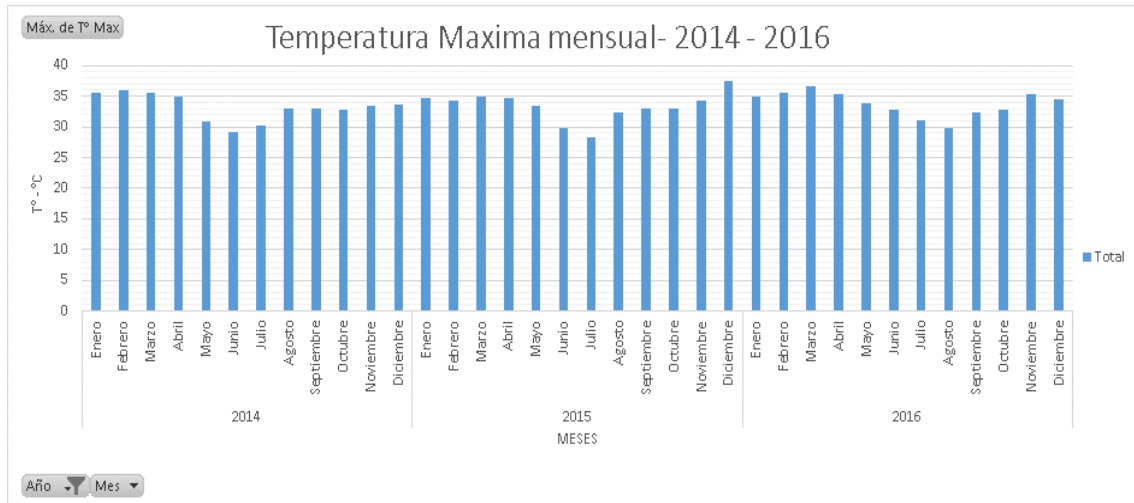
Ramos R; Báez R. 2013. Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el Cantón Cevallos. Tesis de Grado, Ingeniería de mantenimiento. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 6 – 16 p

Saldarriaga M. 2012. Sistemas de riego. Colombia. Grupo Latino Editores, 348p.

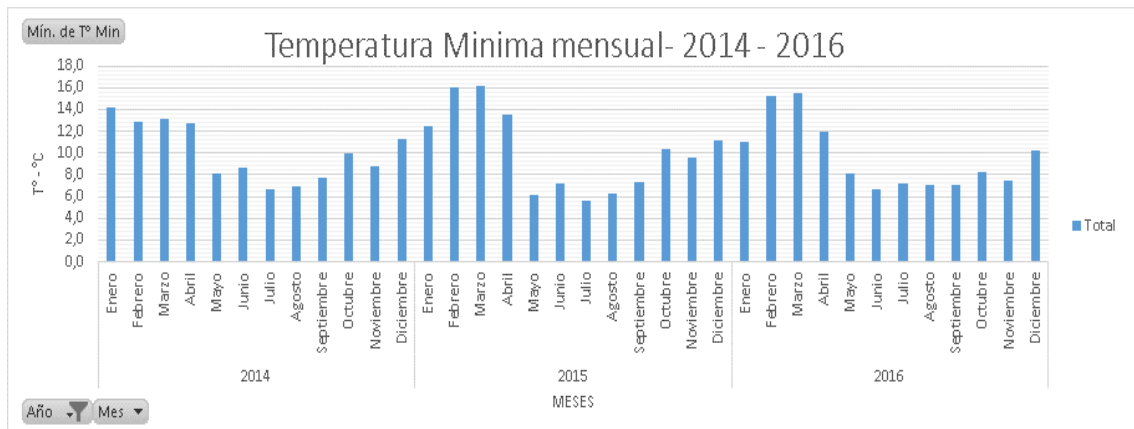
Uvas de Mesa. 2016. Uvas del Perú (en línea). Consultado el 9 de setiembre del 2017. Disponible en: uvasperu.wordpress.com

VII. ANEXOS.

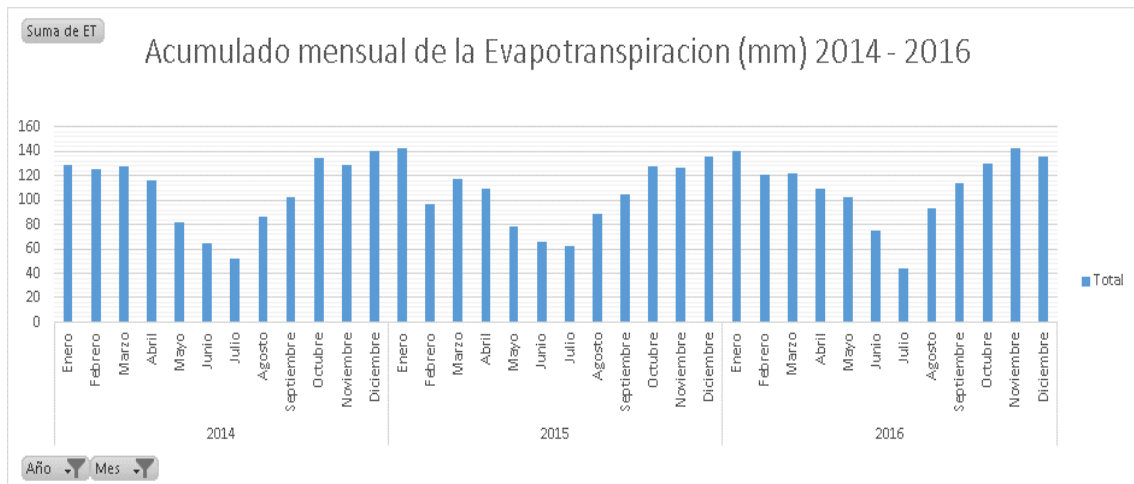
Anexo 1



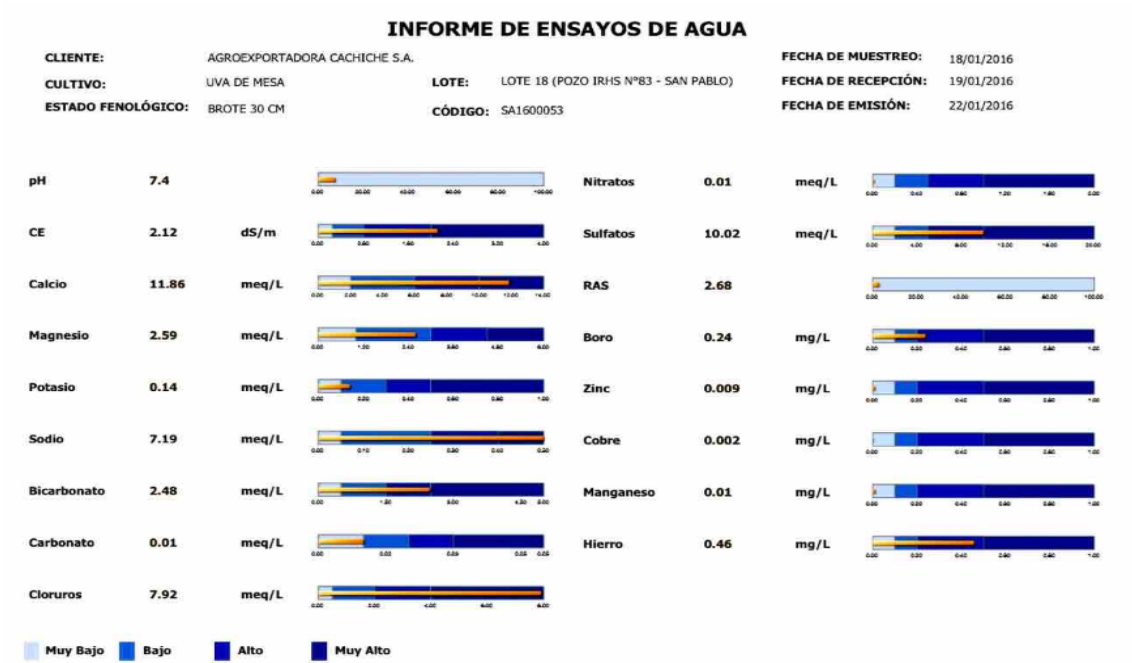
Anexo 2



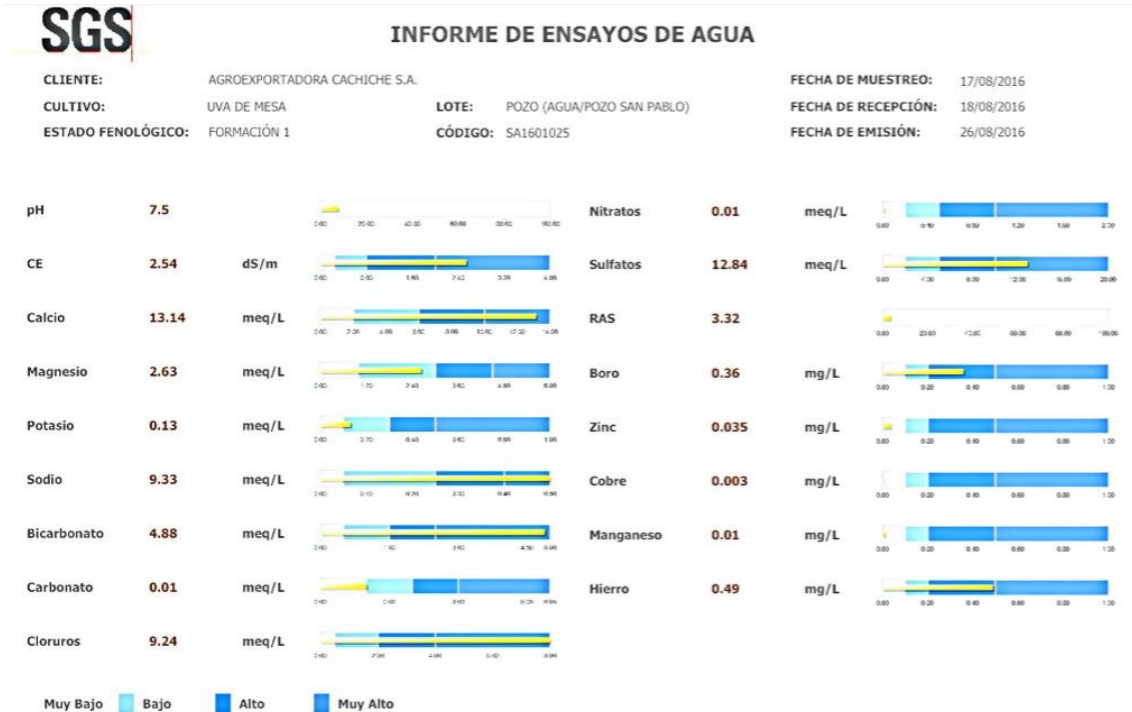
Anexo 3



Anexo 4



Anexo 5



Anexo 6

