

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“TECNIFICACIÓN DE RIEGO PARA FRESA (*Fragaria* × *ananassa* Duch)  
EN AGRICULTORES DEL VALLE DE HUARAL”**

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

**RICARDO ANDRÉ VERGARA CASTRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

# TECNIFICACIÓN DE RIEGO PARA FRESA (Fragaria × ananassa Duch) EN AGRICULTORES DEL VALLE DE HUARAL

## ORIGINALITY REPORT

<b>7</b> % SIMILARITY INDEX	<b>7</b> % INTERNET SOURCES	<b>0</b> % PUBLICATIONS	<b>2</b> % STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	----------------------------	------------------------------

## PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>vsip.info</b> Internet Source	<b>1</b> %
<b>2</b>	<b>www.slideshare.net</b> Internet Source	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>bibliotecadigital.fia.cl</b> Internet Source	<b>&lt;1</b> %
<b>4</b>	<b>hdl.handle.net</b> Internet Source	<b>&lt;1</b> %
<b>5</b>	<b>repositorio.inia.gob.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Ricardo Palma</b> Student Paper	<b>&lt;1</b> %
<b>9</b>	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1</b> %

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

**“TECNIFICACIÓN DE RIEGO PARA FRESA (*Fragaria* × *ananassa* Duch)  
EN AGRICULTORES DEL VALLE DE HUARAL”**

**Ricardo André Vergara Castro**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

Ph. D. Sady Javier García Bendezú  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Mg. Sc. Isabel Montes Yarasca  
**ASESORA**

---

Ing. Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez Vílchez  
**MIEMBRO**

---

Ing. Mg. Sc. German Elías Joyo Coronado  
**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

A Dios, por permitirme explorar su creación desde otra perspectiva.

A mis padres y hermanos, por trabajar conmigo hombro a hombro, de sol a sol y educarnos en dignidad y valores a través del esfuerzo mutuo y el amor al prójimo.

A mi esposa, por su amor abnegado a nuestra familia y ser la impulsora de cada emprendimiento.

A mi hija, por ser el motivo y pujanza de nuestras labores cotidianas, demostrando que el amor ha sido motor de la creación del universo en adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis abuelos, los que aún están conmigo y los que permanecen en la memoria de Dios, quienes forjaron las bases de la gran familia que somos en el presente.

A mis tíos y tías, quienes me brindaron cobijo en su hogar y vienen siendo bastiones en mi vida, en especial durante mi etapa universitaria.

A mis primos y primas, quienes soportaron emocionalmente cada jornada de trajines en mi rutina de estudio y trabajo duro para lograr este primer objetivo profesional.

A mis buenos amigos, quienes antepusieron mi bienestar en los momentos de adversidad y fueron mediadores de sabios consejos para enrumbar en los senderos escarpados que nos da la vida. A mi mejor amigo, Gianmarco Soria B.

A todos y cada uno de mis docentes que, desde mi formación elemental hasta cursar los estudios superiores, contribuyeron en forjar conocimientos sólidos y, más importante aún, inculcar valores en mi persona.

Especial agradecimiento a quienes conforman y dirigen la facultad de Agronomía de la UNALM, quienes bregan incansablemente por formar buenos profesionales al servicio de la humanidad. Nos abren puertas, oportunidades y continúan asesorándonos aún después de haber dejado nuestra casa de estudios.

Gracias Ing. Isabel Montes, Dr. Sady García, Dr. Jorge Jiménez, Ing. Mg. Sc. Andrés Casas, Ing. Mg. Sc. Liliana Aragón, por contribuir a la investigación, desarrollo agrícola de nuestro país, trascender fronteras y continuar cultivando, primero al hombre y luego el campo.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMÁTICA .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.2.1. Objetivo general .....	2
1.2.2. Objetivo específico .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1. Características de la zona de producción de fresas en el valle de Huaral.....	3
2.1.1. Ubicación.....	3
2.1.2. Clima .....	4
2.1.3. Suelo.....	4
2.2. Generalidades del cultivo de fresa .....	5
2.2.1. Origen de la fresa.....	5
2.2.2. Domesticación de la fresa.....	6
2.2.3. Características morfológicas .....	7
2.2.4. Clima y suelo.....	9
2.2.5. Épocas de siembra en el valle de Huaral .....	10
2.2.6. Variedades .....	10
2.2.7. Cultivares más sembrados en el valle de Huaral .....	11
2.2.8. Conducción del cultivo de fresa .....	12
2.3. Sistema de Riego tecnificado.....	17
2.3.1. Riego por multicompuertas .....	20
2.3.2. Riego intermitente o por impulsos.....	20
2.3.3. Riego por aspersión y microaspersión.....	20
2.3.4. Riego por goteo .....	21
2.3.5. Riego por exudación.....	21

2.3.6. Materiales .....	23
2.3.7. Precio .....	25
<b>III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL .....</b>	<b>26</b>
3.1. Problemática del cultivo de la fresa .....	26
3.2. Proyecto de irrigación para el cultivo de la fresa.....	27
3.2.1. Diseño agronómico.....	27
3.2.2. Diseño hidráulico.....	29
3.2.3. Lista de materiales .....	32
3.2.4. Instalación del sistema de riego tecnificado .....	33
3.2.5. Calidad del agua .....	39
3.2.6. Costos .....	41
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>52</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Calendario de siembra de fresa en la Región Lima.....	10
<b>Tabla 2:</b> Parámetros de fertilización. (Cultivo de Fresa, 2012).....	16
<b>Tabla 3:</b> Densidad de siembra en dos sistemas de regadío.....	28
<b>Tabla 4:</b> Cotización de accesorios de riego en la instalación realizada por el agricultor..	44
<b>Tabla 5:</b> Resumen de frecuencia y tiempo de riego durante la campaña. ....	44
<b>Tabla 6:</b> Costo diario de la operación de riego en mínimo y máximo requerimiento hídrico.....	45
<b>Tabla 7:</b> Cotización de accesorios de riego en el proyecto rediseñado.....	49
<b>Tabla 8:</b> Rediseño. Resumen de la distribución del riego durante la campaña. ....	50
<b>Tabla 9:</b> Rediseño. Costos diarios operativos del riego. ....	50
<b>Tabla 10:</b> Resumen diferencial de costos significativos entre proyectos de tecnificación del riego.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa geopolítico del Valle de Huaral.....	3
<b>Figura 2:</b> Fluctuación de humedad relativa y temperatura en valle Huaral 2014 - 2018.....	4
<b>Figura 3:</b> Primera descripción europea de <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> .....	5
<b>Figura 4:</b> Morfología de la fresa.....	7
<b>Figura 5:</b> Secuencia de trabajos previo a la plantación de fresa.....	13
<b>Figura 6:</b> Disposición de plantas en el surco previo a la fertilización.....	14
<b>Figura 7:</b> Disposición de plantas luego de 1 mes de haber sido fertilizadas.....	14
<b>Figura 8:</b> Sistema de siembra en tresbolillo. ....	15
<b>Figura 9:</b> Sistemas hidráulicos prehispánicos en el Perú. ....	18
<b>Figura 10:</b> Componentes de un sistema de riego. ....	4
<b>Figura 11:</b> Campo A: plástico blanco. Campo B: plástico negro. Longitud de camas constante en ambos.....	27
<b>Figura 12:</b> Efectos negativos de un diseño hidráulico deficiente.....	30
<b>Figura 13:</b> Plano de distribución hidráulica. CCPP San Juan de Chauca. ....	31
<b>Figura 14:</b> Antes y después de modificación y rediseño de sistema de riego en árboles de lúcuma.....	32
<b>Figura 15:</b> Cabezal de riego. Sistema de bombeo y filtrado .....	35
<b>Figura 16:</b> Instalación de tubería matriz por embone (izq.) y pegado (der.).....	36
<b>Figura 17:</b> Purga de portarregantes antes de conectar laterales de riego. ....	37
<b>Figura 18:</b> Correcta instalación de laterales de riego. ....	38
<b>Figura 19:</b> Instalación incorrecta del collarín. Corrupción del sello.....	38
<b>Figura 20:</b> Obstrucción de filtro de anillos por mala calidad física del agua de riego.....	39
<b>Figura 21:</b> Conductividad eléctrica y pH del agua de riego CCPP Miraflores .....	41
<b>Figura 22:</b> Plano de la instalación ejecutada por el agricultor para cultivo de fresa cv. Sabrina.....	43
<b>Figura 23:</b> Calidad de agua y método de inyección de fertilizantes.....	46
<b>Figura 24:</b> Rediseño del campo bajo criterio agronómico e hidráulico. ....	48
<b>Figura 25:</b> Vénturi de 2", instalado en bypass.....	51
<b>Figura 26:</b> Filtros de retrolavado en un cabezal de riego. ....	64
<b>Figura 27:</b> Fundo de cítricos orgánicos para exportación. ....	65
<b>Figura 28:</b> Día de capacitación con agricultores del CCPP Palpa, Aucallama. ....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Resultado de análisis de suelo CCPP Miraflores. AGQ 2021.....	60
<b>Anexo 2:</b> Instalación de "bigotes" para conectar laterales dentro de casa malla. ....	62
<b>Anexo 3:</b> Equipo de instalación capacitado. Parque Zonal San Pedro - Ancón. ....	62

## RESUMEN

El riego tecnificado ha ampliado sus fronteras en los últimos años dentro de la agricultura atomizada. Por un lado, este avance ha contribuido incrementando el rendimiento e inocuidad de cultivos hortícolas tales como la fresa (*Fragaria × ananassa* Duch), valor agregado que los consumidores están dispuestos a pagarle al productor. Por otro lado, el impulso económico y la acogida masiva del sistema de riego tecnificado ha resultado en un uso desmedido e inadecuado de materiales, mano de obra de instalación e insumos agrícolas pertenecientes al sistema de riego. Como resultado de evaluar una parcela con fresa de 1.75 hectáreas con 66 mil plantas por hectárea y lámina de riego neta de 5 mm.día<sup>-1</sup> se logró reducir al 50% el costo operativo de cada riego, el cual involucra el costo energético (hidrocarburo o energía eléctrica) y jornada laboral. Además, se incrementa el coeficiente de uniformidad de riego (alrededor de 90%) con lo que mejora el rendimiento del cultivo hasta en un 50%. El beneficio neto directo que obtiene el productor de fresa tras recibir asesoría técnica calificada para la instalación de su sistema de riego tecnificado resulta ser no menor a S/ 250.00 (\$ 65.50) por hectárea en un predio de 2 hectáreas con tendencia a incrementar el beneficio económico en parcelas con mayor área.

**Palabras clave:** Fresa, frutilla, *Fragaria × ananassa* Duch, riego por goteo, riego tecnificado.

## ABSTRACT

Technical irrigation has expanded its borders in recent years within atomized agriculture. On the one hand, this advance has contributed by increasing the yield and safety of horticultural crops such as strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch), an added value that consumers are willing to pay to the producer. On the other hand, the economic boost and massive acceptance of the technical irrigation system has resulted in an excessive and inappropriate use of materials, installation labor and agricultural inputs belonging to the irrigation system. As a result of evaluating a 1.75 hectare strawberry plot with 66 thousand plants per hectare and a net irrigation level of 5 mm.day<sup>-1</sup>, it was possible to reduce the operating cost of each irrigation to 50%, which involves the energy cost (hydrocarbon or electrical energy) and working hours. In addition, the irrigation uniformity coefficient is increased (around 90%), which improves crop yield by up to 50%. The direct net benefit that the strawberry producer obtains after receiving qualified technical advice for the installation of his technical irrigation system turns out to be no less than S/250.00 or \$65.50 per hectare on a 2-hectare property with a tendency to increase the economic benefit on plots with larger area.

**Keywords:** Strawberry, *Fragaria × ananassa* Duch, drip irrigation, technical irrigation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. PROBLEMÁTICA**

El cultivo de la fresa sigue cobrando importancia agronómica y económica en el Perú. Durante los últimos 4 años su crecimiento ha sido explosivo. El área de siembra ha superado las 2,000 ha (Red Agrícola, 2017) hasta alcanzar las 3,500 ha sembradas en el país en el año en curso (Red Agrícola, 2021).

Los números que muestran la exportación de este cultivo está lejos de ser una cantidad despreciable. El volumen de producto exportado en 2020 del país fue de 21'346,152 kilogramos. Un incremento del 36% y 68% respecto a los años 2019 y 2018, respectivamente. En valor FOB, el 2020 significó \$44.8 millones, cantidad 56% superior al año 2019 y 72% más que en 2018. El dato más actualizado cuenta que, durante los 5 primeros meses del 2021, el volumen exportado fue 125% más que el mismo período del año anterior (AgroData Perú, 2021).

Por otro lado, el ingreso económico en la agroindustria, la contaminación y el derroche del recurso hídrico guardan una relación ascendente (Pact Perú, 2012). En ese sentido, es imperativo trabajar sobre el manejo eficiente del agua para la agricultura. La urbanización de zonas agrícolas dentro del valle viene incrementando la contaminación de los canales de regadío y pone en riesgo la salud de quienes consumimos cultivos hortícolas de tallo bajo o que están en contacto directo con el suelo.

Siendo esta la realidad de los agricultores huaralinos, cada vez son más los que recurren por una “asesoría técnica especializada” después de haber visto reducido su capital de trabajo bajo la tutela de “asesores empíricos”, quienes no han sabido adaptarse al escenario cambiante, propio de una “agricultura nómada” en el cultivo de fresa.

El trabajo monográfico redactado líneas abajo refleja el impacto económico y social positivo de una asesoría técnica especializada en el planteamiento y ejecución de un sistema de riego en particular para el cultivo de fresa: el goteo.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Describir la problemática del manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de fresa.

### **1.2.2. Objetivo específico**

Presentar un proyecto de irrigación eficiente a partir de un diseño agronómico y un análisis de costos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN DE FRESAS EN EL VALLE DE HUARAL

#### 2.1.1. Ubicación

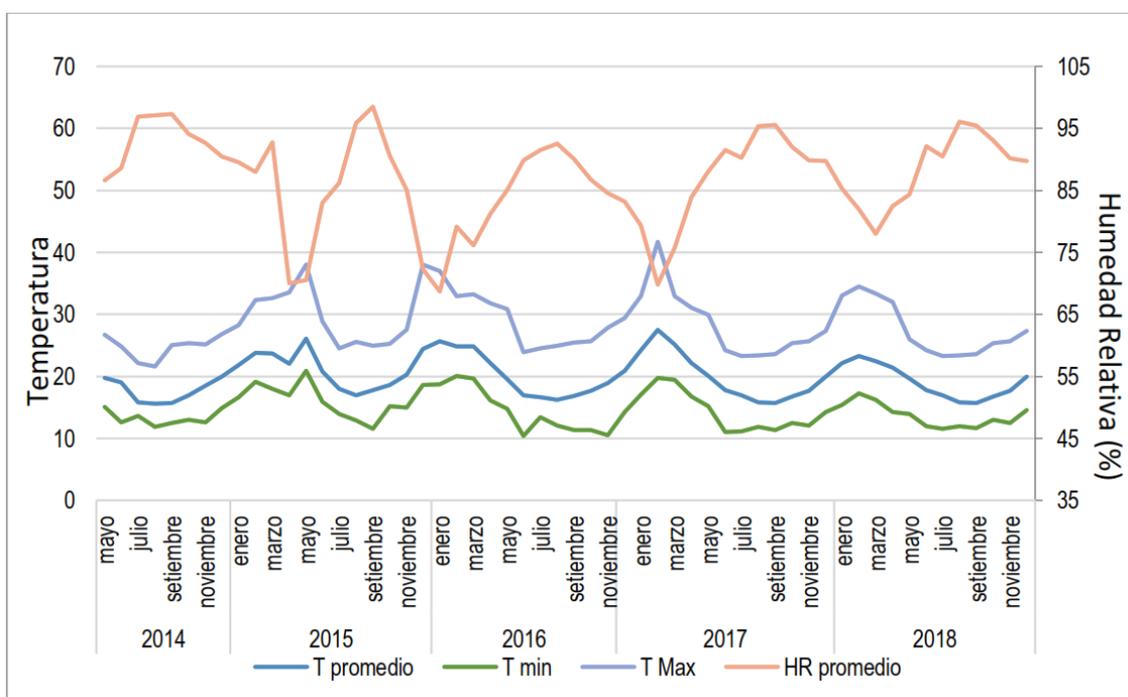
El valle de Huaral se ubica dentro de la provincia del mismo nombre, en la región Lima. Forma parte de la cuenca del río Chancay-Huaral en su recorrido costero. Políticamente, abarca los distritos de Huaral, Chancay y Aucallama (Pact Perú, 2012) (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa geopolítico del Valle de Huaral (Google Earth, 2021).

### 2.1.2. Clima

El clima en estos distritos es seco y semi cálido (Municipalidad Provincial de Huaral, 2021). La temperatura anual oscila entre 20 – 27°C en primavera y verano, 15 – 17°C en los meses de inviernos (Imetos, 2018) (Figura 2).



**Figura 2:** Fluctuación de humedad relativa (promedio) y temperatura (promedio, mínima y máxima) en el valle de Huaral 2014 - 2018 (Estación Imetos - Huaral).

### 2.1.3. Suelo

El suelo de la zona fresera es predominantemente arenoso. La parte baja del valle, correspondiente al centro poblado de Pasamayo, presenta suelos clasificados como arena franca, textura determinada al tacto debido a la carencia de análisis de suelo por parte de la agricultura atomizada que predomina en la zona (Moreno & Ibañez, 2020).

La parte alta, correspondiente a los centros poblados de Aucallama y Miraflores, donde se encuentran agricultores medianos, predomina la clase textural franco arenosa (Anexo 1), pero de mayor permeabilidad que los suelos de la parte baja del valle (AGQ Labs, 2021).

## 2.2. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE FRESA

### 2.2.1. Origen de la fresa

Es probable que la fresa estuviera presente en los jardines griegos y romanos, sin embargo, la evidencia de su cultivo solo aparece en escritos posteriores. Las primeras referencias del cultivo de fresa en Europa se remontan a la literatura francesa del siglo XIV. Es sabido que el rey Carlos V tenía alrededor de 1 000 plantas de fresa sembradas en los jardines reales de Louvre, Paris. Además, crecían en los jardines de los Duques de Borgoña (Darrow, 1966). Es casi un hecho que las plantas madre de estos jardines fueran obtenidas de la naturaleza, propagadas desde las plantas establecidas en el jardín hacia suelo baldío. Por otro lado, la popularidad de la fresa creció en la edad media, alrededor del s. XII, donde se corrió la voz de que era un fruto insalubre debido a que este se desarrolla cerca de la tierra (Bühler, 1922).

La primera descripción de una variedad que coincidía con *Fragaria* × *ananassa* fue realizada por Philip Miller en la edición de 1759 de The Gardeners Dictionary (Figura 3), aunque sin tener la certeza de su origen. La literatura no es clara acerca de la aparición de los primeros híbridos, pero deben haber surgido en campos comerciales de Bretaña y en jardines botánicos de toda Europa, donde se reportaron combinaciones únicas de frutos y características morfológicas. En 1766 Duchesne, estudiante del Trianon, el Jardín Real en Versalles, determinó en 1766 que eran híbridos de *F. chiloensis* × *F. virginiana* y las llamó *Fragaria* × *ananassa* al notar un perfume en el fruto similar al aroma de las piñas (Ananas) (Hancock, 2020).

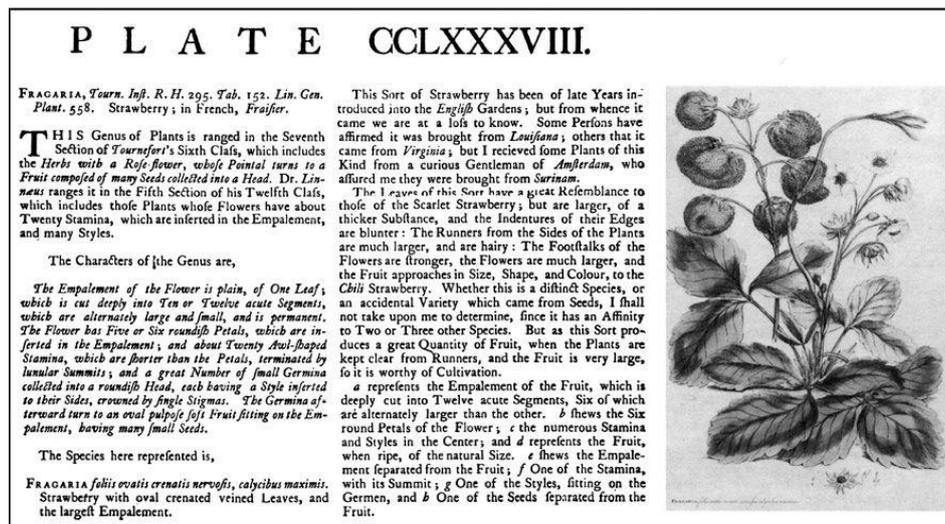


Figura 3: Primera descripción europea de *Fragaria* × *ananassa*. (Otterbacher & Skirvin, 1978).

### 2.2.2. Domesticación de la fresa

Los cultivos de grano más importantes en nuestra dieta fueron domesticados hace 10 000 años atrás (Hancock, 2014). Según Hancock (2020), las primeras especies de fresa fueron domesticadas en los últimos 2 000 años, y la más comercial, *Fragaria* × *ananassa*, surgió hace 250 años.

Hancock (2020) sigue diciendo: “Los primeros cultivares híbridos se difundieron desde los Países Bajos, quizás porque los holandeses eran comerciantes de semillas muy activos y habían importado previamente algunos híbridos, pero también es posible que hubieran reconocido tipos únicos en sus propios jardines.” (pág. 41).

El primer cruzamiento formal inició en 1817 en Inglaterra por Thomas A. Knight (Wilhelm & Sagen, 1974). Él fue uno de los primeros en realizar hibridaciones sistemáticas en cualquier cultivo y obtuvo el famoso cultivar ‘Downton’ y ‘Elton’, destacado por su fruto largo, vigoroso y amplia vida en anaquel.

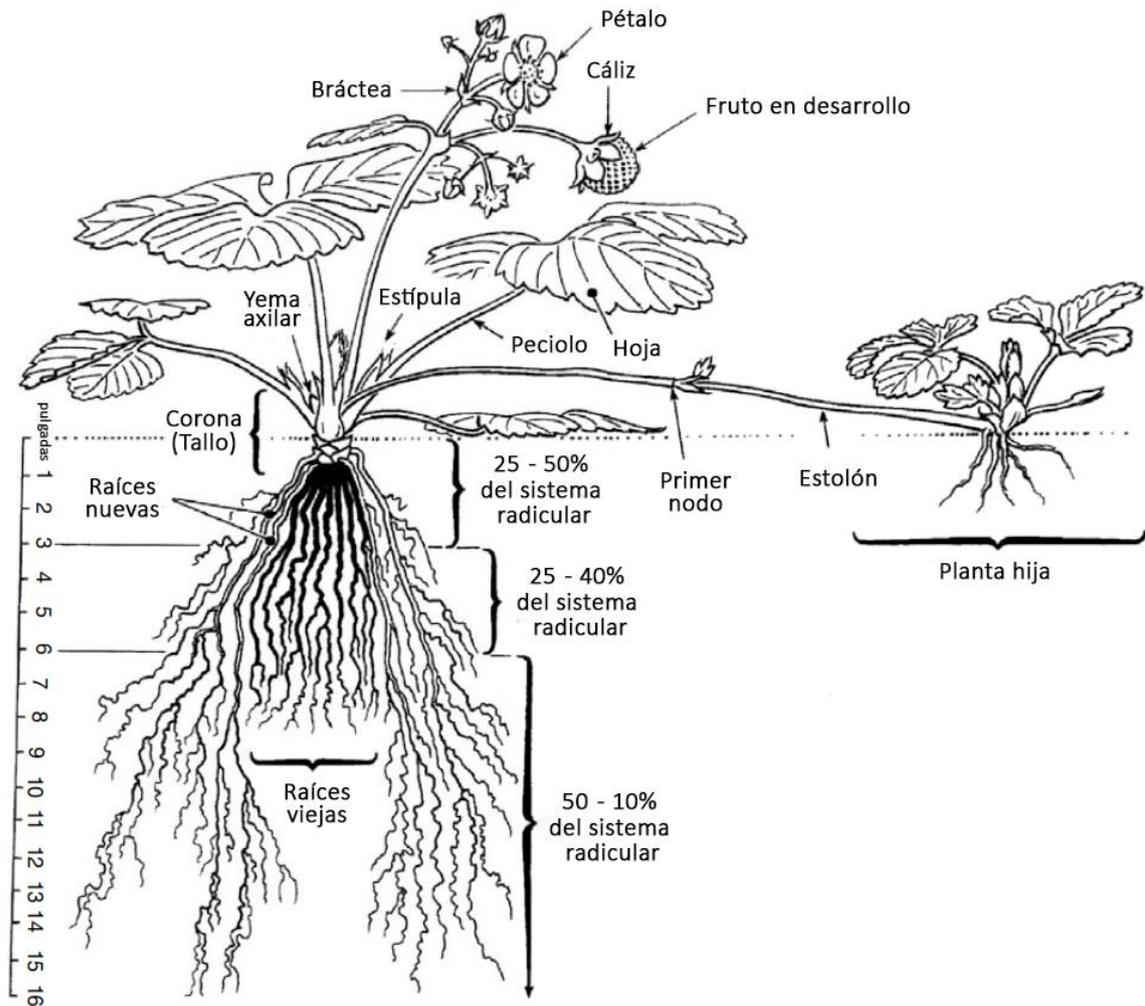
Mientras tanto en el Nuevo mundo, específicamente en Chile, hace 1 000 años atrás ya se había reconocido y se cultivaba una especie de fresa, con fruto más grande que la europea (Hancock, Lavin, & Retamales, 1999). Lavin & Mureira (2000) documenta que los pueblos originarios de Chile distinguían claramente, en su idioma, la frutilla silvestre de la cultivada. En 1550, cuando llegaron los conquistadores españoles, la distribuyeron en otros países del continente como Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia.

Esta fresa se convirtió en madre de la fresa híbrida actual cuando, en 1714, el capitán Amendeé François Freizer llevó a Francia, desde Penco (Chile) cinco plantas femeninas (portadoras de fruta) de *Fragaria chiloensis*, ya cultivadas por los aborígenes desde la llegada de los españoles (Lavin & Maureira, 2000).

Cruzamientos entre *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana* (fresa roja nativa de Norte América) originaron híbridos con flores hermafroditas y descendencia indefinidamente fértil. Factores que justificaron su clasificación como nueva especie híbrida denominada *Fragaria* × *ananassa*, la fresa comercial ampliamente difundida y conocida en todo el mundo (Lavin & Maureira, 2000).

### 2.2.3. Características morfológicas

La fresa es una planta perenne de porte pequeño, que puede reproducirse sexual y asexualmente (a través de estolones). Si bien se le considera una planta herbácea, en realidad se trata de una especie leñosa y perenne con pautas fisiológicas similares a los árboles y arbustos caducifolios. Su ciclo de vida por generación es corto, entre doce a veinte semanas. (Bonet, 2010).



**Figura 4:** Morfología de la fresa.

Modificado de (*University of California, 2008*).

## **Raíz**

Sistema radicular fasciculado constituido por un sinnúmero de raíces y raicillas, la mayor parte localizada superficialmente (90% en los primeros 25 cm. del suelo) (Capitán, 1997). Las raíces cumplen la función estructural de soporte mientras que las raicillas, absorben nutrientes (Chiqui & Lema, 2010).

## **Tallo**

Denominado “corona”, lo constituye un eje corto de aspecto cónico en el que se observan numerosas escamas foliares. Con el tiempo puede dividirse engendrando varias coronas u “ojos”, de los cuales partirán bloques de hojas (Capitán, 1997).

## **Estolones**

Son unas ramificaciones laterales que surgen a partir de las yemas axilares que se encuentran en la corona. Se caracterizan por poseer entrenudos muy distanciados entre sí, sobre los que aparecen hojas en roseta y raíces adventicias. A su vez, los estolones pueden ramificarse, produciendo otros nuevos (Capitán, 1997). Constituyen el método más fácil de propagación del género *Fragaria*.

## **Hojas**

Suelen ser largamente pecioladas y están provistas de dos estípulas rojizas que se encuentran sobre la corona, en la base del peciolo. El limbo de las hojas está dividido en tres folíolos de bordes aserrados (Capitán, 1997). Una característica adicional es la alta densidad de estomas en cada hoja (300 – 400 estomas/mm<sup>2</sup>), lo que le brinda una gran capacidad de transpiración (Chiqui & Lema, 2010).

## **Flores**

Surgen de las axilas de las hojas, en forma de racimos sobre un pedúnculo relativamente largo. Respecto a su simetría, son actinomorfas, dotadas de cáliz gamosépalo y pétalos blancos. También son hermafroditas, con numerosos estambres (entre 20 – 30) y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso (Chiqui & Lema, 2010).

## **Fruto**

Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. La parte comestible, a la que denominamos “fruto” en la fresa, es en realidad una infrutescencia denominada botánicamente ‘eterio’, que resulta del receptáculo floral hipertrofiado, el cual puede contener hasta dos centenas de aquenios (Alsina, 1984).

La forma de la infrutescencia es diversa de acuerdo a la variedad: cónica, globulosa, esférica, deprimida, acastañada, etc. Su color varía a la madurez, siendo de un rosa claro hasta violeta oscuro (Capitán, 1997).

El fruto de la fresa pertenece a la categoría de los no climatéricos, por lo que no alcanzará su madurez comercial una vez cosechado.

### **2.2.4. Clima y suelo**

El cultivo de fresa prefiere suelos no salinos ( $CE < 2$  dS/m), un pH entre 6 – 7, bajo porcentaje de carbonatos de calcio ( $< 5\%$ ) y de textura franco arenosa pues un buen drenaje limita las enfermedades fungosas en la raíz y la corona. Un porcentaje de materia orgánica alrededor de 2 – 3% favorece el establecimiento y desarrollo del cultivo (Olivera, 2012).

El rango de temperaturas durante cada etapa fenológica garantiza un óptimo desarrollo del cultivo. En el caso de la fresa, el crecimiento vegetativo óptimo ocurre entre los 23 – 28°C, el desarrollo floral se ve favorecido con temperaturas nocturnas entre los 15 – 18°C y la fructificación en el rango de 15 – 20°C.

Por otro lado, también es importante conocer temperaturas críticas. Temperaturas superiores a los 30°C pueden inhibir el crecimiento y la fructificación de algunas variedades de día corto. En el otro extremo, temperaturas por debajo de los 12°C durante el cuajado originan frutos deformados (UNALM, 2005).

Además de la temperatura, factores como la latitud y la altitud de la zona de cultivo son determinantes en el régimen de temperaturas y fotoperíodo, por lo que deben ser tomados en cuenta al momento de escoger la variedad a sembrar (Planasa, 2021).

### 2.2.5. Épocas de siembra en el valle de Huaral

En la región Lima, las variedades de día corto concentran las siembras en los meses de abril y mayo (45%). Según la tabla 1, cerca al 16% del área sembrada anualmente se adelanta a los meses de febrero y marzo con la finalidad de lograr cosechas tempranas con mejores precios, pero con rendimientos por debajo del promedio (MINAGRI, 2008).

Específicamente en Huaral, muchos productores optan por el cultivo de soca, lo que implica realizar siembras atrasadas, en los meses de junio y julio, con la finalidad de dejar la planta en campo durante todo el verano. Si bien se ve disminuido el rendimiento durante la temporada de primavera, esta se ve recuperada en el siguiente otoño con mejores precios (MINAGRI, 2008).

**Tabla 1:** Calendario de siembra de fresa en la Región Lima.

Región	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Lima</b>		4%	12%	35%	14%	10%	7%	2%	3%	2%	11%	

▲ Siembras adelantadas. ▲ Fechas tradicionales. ▲ Siembras atrasadas.

Modificado de Ministerio de Agricultura – DGIA

### 2.2.6. Variedades

En la actualidad, los avances en la ingeniería genética han propulsado el mejoramiento genético vegetal, obteniendo en un menor tiempo gran diversidad de cultivares que se adaptan mejor a las nuevas condiciones ambientales generadas por el cambio climático.

Las variedades comerciales suelen clasificarse según fotoperiodo, es decir la influencia de las variaciones diurnas de luz y los periodos de oscuridad sobre el desarrollo de las plantas (Rey de las Moras, 2008).

#### **Variedades de día infra corto (infra short-day)**

Variedades que son sensibles al fotoperiodo muy corto, florecen pronto ya que no requieren horas de frío.

### **Variedades de día corto (short-day)**

Son idóneas para la producción de fines de invierno y primavera. Son plantas sensibles al fotoperiodo corto al momento de florecer y suelen ser más productivas que las de día infra corto. Algunos cultivares pertenecientes a este grupo que fueron y son utilizados en el Perú son: ‘Chandler’, ‘Camarosa’, ‘Camino Real’, ‘Sabrina’, entre otros (Olivera, 2012).

### **Variedades de día neutro (remontantes)**

Son ideales para la producción de finales de otoño y principios de invierno en países mediterráneos, mientras que para los países del hemisferio norte lo es para las estaciones primavera, verano y otoño.

En este grupo, la inducción floral es indiferente al fotoperiodo y la planta podrá producir si las temperaturas están dentro del rango óptimo (12°C sobre el suelo para generar yemas florales). Destacan los cultivares: ‘San Andreas’, ‘Albion’, ‘Aromas’ y ‘Monterey’ (Undurraga & Vargas, 2013).

### **Variedades de día largo (ever berries)**

Son adecuadas para producir en las temporadas de primavera y otoño en países mediterráneos e ideales para las estaciones de verano y otoño en países del norte. La producción es óptima siempre que el día se lo suficientemente largo y bajo temperaturas ideales (Planasa, 2021).

#### **2.2.7. Cultivares más sembrados en el valle de Huaral**

En los últimos 5 años, el cambio climático, la degeneración varietal y las nuevas características ofrecidas por nuevos cultivares obtenidos en el extranjero, han desplazado a cultivares establecidos en el valle de Huaral una década atrás. Todo esto con la finalidad de alcanzar máximos rendimientos y obtener mejores precios en la ventana comercial tanto del mercado nacional como para exportación.

Cultivares como ‘Monterey’, ‘Aromas’ y ‘Camarosa’ han sido desplazados por dos cultivares que, a día de hoy, cubren más del 90% del área total de fresa cultivada en el valle de Huaral (AgroNegocios Perú, 2019). Estos son:

### **‘San Andreas’**

Es una variedad de días neutros, con mayor precocidad. Su fruto es de color rojo homogéneo, firme y de excelente vida postcosecha. Además, es la variedad que presenta mayor tamaño y homogeneidad en frutos, lo que la hace deseable para el mercado en fresco y la exportación de congelados.

La planta es de tamaño intermedio, con rápido crecimiento vegetativo inicial bajo condiciones óptimas (por encima de los 12°C en suelo). Si ha de ser plantada con mucho frío presentará un vigor excesivo, además de un periodo vegetativo más largo.

Esta variedad ha destacado mucho entre los agricultores por presentar resistencia ante enfermedades de follaje y suelo (Undurraga & Vargas, 2013).

### **‘Sabrina’**

Es un cultivar relativamente nuevo en el valle, perteneciente al grupo short-days, se caracteriza por presentar mayor precocidad y productividad que otros cultivares de su misma clase. Fue desarrollada por la empresa española Plantas de Navarra S.A. (Planasa) en el año 2010 (EUROPA PRESS, 2011).

La planta es vigorosa, erecta y compacta, con hojas de un color verde intenso y un buen sistema radicular. Produce frutos de calibre grande (23 – 25 g.), color rojo brillante y de forma cónica alargada. Otra característica a destacar de ellos es que presentan pedúnculos largos que facilitan la cosecha en camas elevadas (Ñahuinlla, 2018).

#### **2.2.8. Conducción del cultivo de fresa**

Las labores culturales que se realizan previa a la instalación del cultivo son decisivas para iniciar una buena producción. La elección del campo de cultivo y la preparación de terreno influyen en el manejo integrado de plagas y malezas que se efectuará durante la campaña (Undurraga & Vargas, 2013).

La secuencia de labranza dependerá de las características del suelo y cómo ha recibido el agricultor el campo del arrendatario anterior. Por lo general, en el valle de Huaral se usa una grada de discos y el arado de rejas para iniciar la labranza, si el terreno tiene una compactación superior, se opta por el subsolado siguiendo la secuencia de labranza descrita en la Figura 5.

Siempre es recomendado un análisis de suelo para iniciar la incorporación de enmiendas y la fertilización durante el ciclo del cultivo (Olivera, 2012).



**Figura 5:** Secuencia de trabajos previo a la plantación de fresa. Fuente: (Boletín INIA N° 262, 2013)

La conducción por riego a gravedad que predomina en la zona es de surco simple con camas elevadas, un distanciamiento entre surcos de 0.8 – 0.9 m. y 0.25 – 0.3 m. entre plantas, colocando las plantas a ambos lados del surco (Figura 6). Transcurrido un mes, se realiza el cambio de surco al momento de la fertilización (Figura 7).



**Figura 6:** Disposición de plantas en el surco previo a la fertilización.



**Figura 7:** Disposición de plantas luego de 1 mes de haber sido fertilizadas.

En el caso de conducción por riego tecnificado (goteo), se tiene predilección por colocar dos cintas de goteo por cama. El distanciamiento entre camas va de 1.2 – 1.3 m. entre ellas, mientras que las plantas son sembradas a doble hilera, en tresbolillo, con una distancia predominante de 0.3 m. entre ellas (Figura 8).



**Figura 8:** Sistema de siembra en tresbolillo.

El control de malezas se realiza manualmente, utilizando pala y/o escarda, y constituye un costo significativo en la conducción bajo riego por gravedad. En caso de optar por el control químico, se recomienda usar herbicidas de amplio control previo al trasplante. Después del trasplante se puede emplear herbicidas selectivos: Oxifluorfen, Quizalofop etil, Fluazifop butil, por citar algunos ingredientes activos (Olivera, 2012).

El uso de coberturas y la conducción bajo sistema de riego a goteo supone un ahorro importante en el control de malezas, sobre todo por la reducción significativa de mano de obra (Olivera, 2012).

Para la fertilización ha de tenerse en cuenta el análisis de suelos y la extracción de nutrientes del cultivo. Según Olivera (2012), la fresa extrae en promedio, por cada 100 kg. de fruto, 0.88 kg. de nitrógeno (N), 0.34 kg. de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 1.42 kg. de potasio (K<sub>2</sub>O). Como recomendación general, para obtener rendimientos entre 25 – 50 t/ha, la dosis de fertilización debe ser como figura en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Parámetros de fertilización. (Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*), 2012).

	Cosecha (t/ha)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
<b>Extracción media (kg/t)</b>	25 - 50	2 - 3	1 - 1.5	4 - 5	0.4 - 0.5
<b>Recomendación de fertilización (kg/ha)</b>	25 - 35	100 - 150	50 - 100	100 - 200	20 - 30
<b>Recomendación de fertilización (kg/ha)</b>	35 - 50	150 - 260	90 - 150	150 - 300	30 - 50

El manejo del agua, ya sea mediante riego por gravedad o a goteo, debe ser el adecuado debido a que el exceso de riego conduce al crecimiento lento de raíces y pérdida de nutrientes, además de los problemas sanitarios radiculares. En el otro extremo, riegos insuficientes, especialmente en la etapa de desarrollo del fruto, reducen su tamaño, influyendo negativamente en el rendimiento y calidad de la cosecha (Undurraga & Vargas, 2013).

La calidad del agua es un factor determinante en la producción, sobre todo bajo sistema de riego a goteo (Llanos, 2018). Los parámetros que definen la evaluación de la calidad del agua de riego resultan de sus características físicas, químicas y biológicas (Apella & Araujo, 2005). Los problemas de la calidad de agua varían tanto en tópicos como en grado y estos pueden ser modificados por el suelo, el clima, el cultivo y, más importante aún, por las habilidades y conocimiento de quien las usa (Ayers & Westcot, 1985).

En el caso de la fresa, la salinidad del agua juega un papel fundamental en los niveles de producción. El nivel de salinidad del agua es medido mediante la conductividad eléctrica de la misma ( $CE_w$ ). Ayers & Westcot (1985), indican que se debe obtener un rendimiento de 100, 90, 75 y 50% cuando se usa una  $CE_w$  de 0.7, 0.9, 1.2 y 1.7 dS/m, respectivamente.

Respecto al requerimiento hídrico del cultivo, se ha estimado que la fresa consume durante todo su ciclo entre 4 000 – 9 000  $m^3.ha^{-1}$ . Volúmenes que pueden variar dependiendo de variedad, clima, suelo, sistema de riego, etc. (Amézquita, 2018).

Por otro lado, el requerimiento hídrico teórico del cultivo se puede obtener al multiplicar la evaporación de referencia, la cual no supera los 6  $mm.día^{-1}$  durante el verano en el valle de Huaral, por el coeficiente único del cultivo ( $K_c$ ), para calcular este último se requieren solamente tres valores: los correspondientes a la etapa inicial ( $K_{c\ ini}$ ), la de mediados de temporada ( $K_{c\ med}$ ) y la etapa final ( $K_{c\ fin}$ ). En el caso de la fresa, estos valores tabulados son iguales a 0.40, 0.85 y 0.75, respectivamente (FAO, 2006).

Finalmente, el máximo requerimiento diario será el resultado de multiplicar los mayores valores de la  $ET_c \times K_c$  ( $6\ mm.día^{-1} \times 0.85$ ), lo que resulta en un consumo de 51  $m^3.día^{-1}$  de agua para una hectárea de fresa bajo riego por goteo.

### **2.3. SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO**

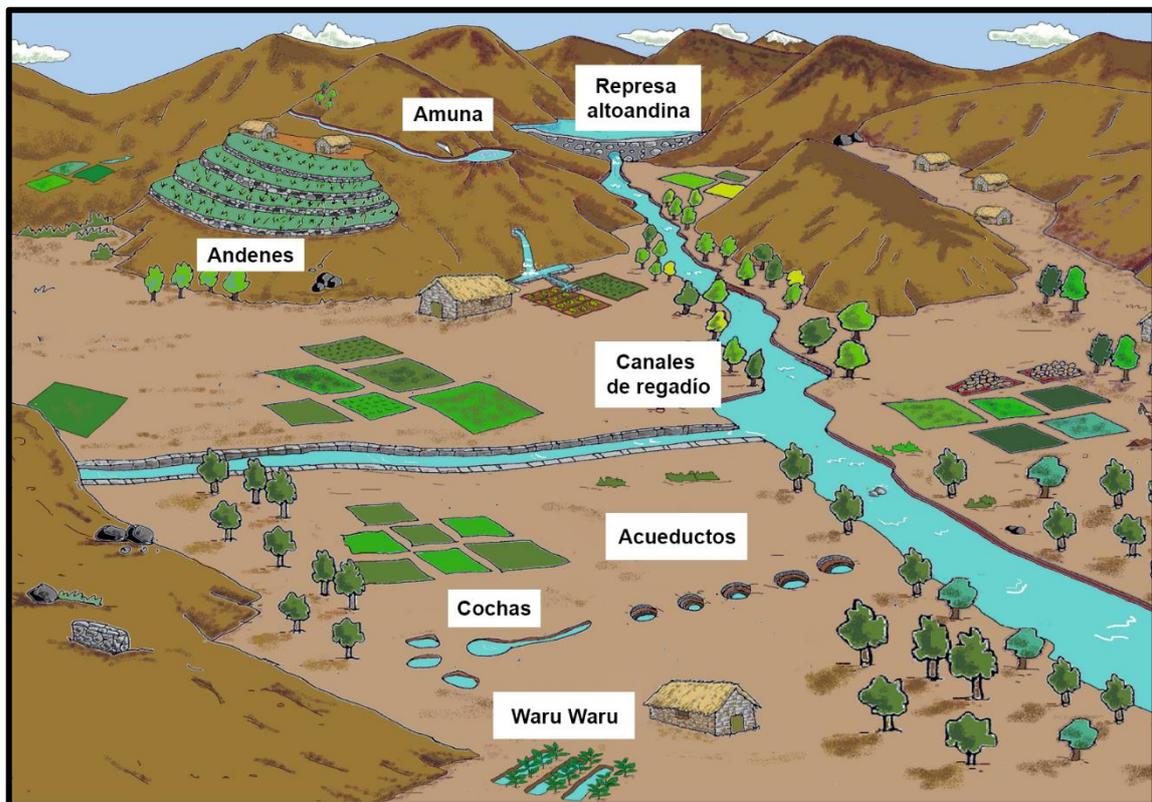
Desde el punto de vista agronómico, podríamos definir el riego como la operación consistente en aportar agua a un vegetal, con la finalidad de aumentar la producción orientando la fisiología de la planta hacia un estado correcto (Zapata, 2020).

El riego es una práctica vital y necesaria para la supervivencia, al asegurar el aporte de alimentos y materias primas a una población en continuo aumento. Tecnificar el riego consiste en incorporar prácticas que mejoren la distribución de agua desde su captación hasta la parcela de cultivo, en otras palabras, incrementar la eficiencia del riego.

Los cambios más importantes introducidos en los sistemas de riego por superficie incluyen el revestimiento de canales y acequias de riego, maximizando el caudal y así fomentando el

incremento del área agrícola para facilitar la mecanización y mejoramiento en la nivelación de las parcelas (Faci & Playán, 1994).

El Perú prehispánico fue esencialmente agrícola y las principales culturas de entonces dependieron del agua como elemento vital para su desarrollo; la escasez de este recurso generó interés y preocupación por asegurar su disponibilidad, prueba de ello son sus grandes obras hidráulicas (Figura 9). En la actualidad nuestra agricultura mantiene su actividad supeditada al agua, habiendo una peligrosa tendencia hacia la escasez hídrica (Valdez, 2006).



**Figura 9:** Sistemas hidráulicos prehispánicos en el Perú. Modificado de: (Hidráulica Inca, 2014).

Al día de hoy la tecnificación del riego ha crecido a pasos agigantados a nivel mundial. Cada región geográfica tiene varias alternativas para acceder al recurso hídrico, lo que hace falta es la implementación de estas, para lo cual es necesario el estudio e investigación de las condiciones locales (clima, suelo, agua, recursos humanos, materiales y económicos) es clave para el éxito de la transformación.

Cuando se piensa realizar una nueva transformación de regadío deben plantearse preguntas que van desde la disponibilidad de recursos hídricos, energéticos y económicos, hasta el destino final de las especies vegetales que serán irrigadas (Faci & Playán, 1994).

Todo sistema de riego tecnificado está integrado por los siguientes componentes (Figura 10):

**Fuente de agua:** Pueden ser ríos, canales, lagunas, puquiales, reservorios.

**Unidad de presión:** Elemento encargado de generar fuerza y velocidad sobre un determinado caudal de agua, la cual podría ser mediante bombeo o diferencia de alturas (caída de agua).

**Redes troncales:** Matrices y secundarias. Son los canales o tuberías que se encargan de conducir y distribuir el agua hasta los hidrantes y puntos de conexión de los emisores de riego (portarregantes).

**Líneas de riego:** Pueden ser fijas o móviles. En ambos casos, su función es distribuir de manera equilibrada el agua de regadío por todo el sector de riego, pudiendo ser, o no, presurizada. Como ejemplo tenemos a los surcos, en el riego por gravedad, y a las cintas de goteo, por citar un sistema presurizado.

**Emisores:** Componentes de los sistemas de riego presurizados. Aseguran la repartición homogénea del agua desde las líneas de riego hacia las plantas en irrigación.

(Fuentes Yagüe, 2003)

Para elegir el correcto sistema de riego, han de contestarse 4 preguntas:

¿Conviene regar?

¿Cómo regar?

¿Con cuánta agua regar?

¿Cuándo regar?

(Faci & Playán, 1994)

Algunos de los sistemas de riego tecnificado más populares y extendidos, se enlistan a continuación:

### **2.3.1. Riego por multicompuertas**

Es un sistema de conducción y distribución de agua de riego a baja presión por medio de tuberías livianas hasta llegar al surco. Disminuyen las pérdidas por infiltración y puede alcanzar una eficiencia de 60%. Permite regar con agua de avenida, requiere mínima inversión, no requiere personal especializado para su operación y mantenimiento, además permite mejorar la fertilización del cultivo (PSI, 2021).

### **2.3.2. Riego intermitente o por impulsos**

También denominado riego discontinuo, tiene la misma arquitectura que el riego por multicompuertas. Consiste en aplicar agua en los surcos en intervalos de tiempo cortos, pero frecuentes, durante un mismo período de riego mediante un dispositivo que regula la apertura y cierre de las válvulas en el tiempo establecido. Incrementa la eficiencia de riego hasta alcanzar un 70% (PSI, 2021).

### **2.3.3. Riego por aspersión y microaspersión**

Simulan la precipitación natural de agua (lluvia) en todos sus aspectos, a diferencia que puede ser controlada en tiempo e intensidad. El sistema es presurizado y conduce el agua a través de tuberías hasta llegar a los aspersores, quienes la distribuyen con mayor uniformidad sobre el cultivo. Los aspersores pueden ser fijos o móviles (Bonifacio, 2020).

Por un lado, el riego por aspersión requiere mayores presiones, el tamaño de la gota de agua se asemeja al de la lluvia y se utiliza frecuentemente en terrenos con desnivel bajo cultivos hortícolas y forrajeros. Por otro lado, el riego por microaspersión trabaja con menos presión, el tamaño de la gota de agua se asemeja al de la llovizna y es más versátil, ya que también puede instalarse en cultivos arbóreos. El primer sistema puede alcanzar el 80% de eficiencia de riego, mientras que el segundo puede superar ese valor.

Ambos sistemas requieren asesoría especializada para su diseño e instalación, mas no para su operación y mantenimiento. Reducen significativamente la mano de obra empleada en riego, elimina el peligro de erosión de los suelos y pueden atenuar los efectos nocivos de las heladas (PSI, 2021).

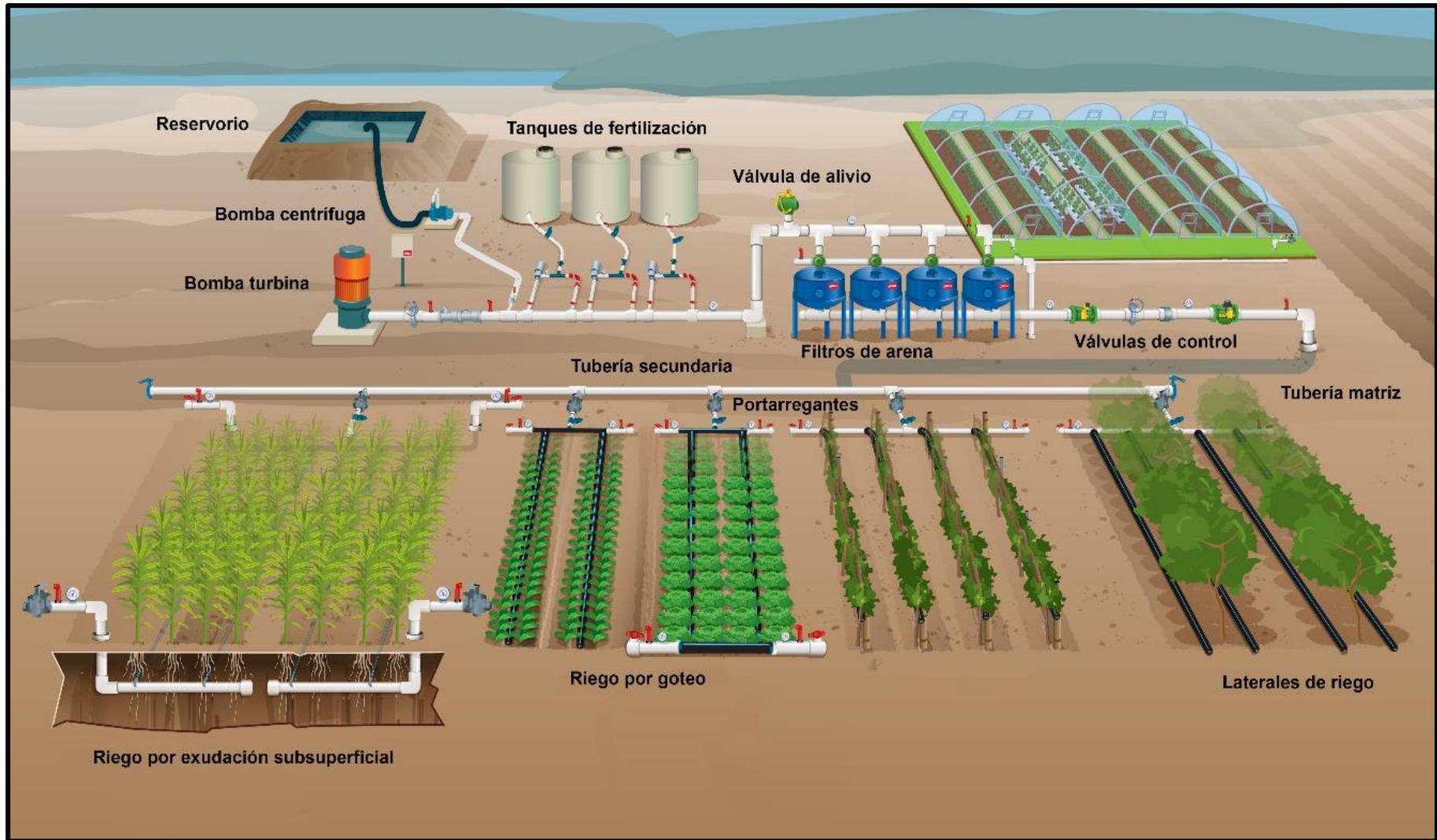
#### **2.3.4. Riego por goteo**

Denominado así porque los emisores utilizados en este sistema son goteros, los cuales permiten el aprovisionamiento de agua de manera localizada, en alta frecuencia, cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno, de modo que puede alcanzar una eficiencia de riego del 90% (PSI, 2021).

Si el sistema es utilizado correctamente, las ventajas que brinda son: aplicar fertilizantes, controlar plagas y enfermedades en la zona radicular, ahorrando tiempo y mano de obra. En cambio, un mal diseño y uso del sistema puede ocasionar salinización del suelo y pérdidas importantes en la producción (García, 2015).

#### **2.3.5. Riego por exudación**

Sistema de riego localizado, donde el agua se aplica continuamente mediante un tubo poroso que exuda en toda su longitud y superficie, o parte de esta. Este sistema puede ser usado sobre o bajo la superficie, incrementa la uniformidad de riego evitando pérdidas por percolación (PSI, 2021). Sin embargo, tiene la desventaja de limitar su uso dependiendo la calidad del agua y, en la fertirrigación, debido a las posibles obstrucciones ocasionadas por insolubilidad de fertilizantes.



**Figura 10:** Componentes de un sistema de riego. Modificado de (TORO, 2021).

### **2.3.6. Materiales**

Los materiales más usados en las instalaciones de riego tecnificado, desde la tubería de succión, pasando por los accesorios conectores, hasta el último terminal de los laterales de riego, están elaborados de polímeros que pertenecen al grupo de materiales popularmente conocidos como plástico.

En instalaciones medianas y extensas, donde las dimensiones de la tubería matriz superan las 8 pulgadas (ó 200 mm.) de diámetro, es conveniente usar tuberías de aluminio, hierro o acero galvanizado (INIA, 1999). No obstante, las tuberías de conducción más empleadas son de cloruro de polivinilo (PVC) y de polietileno. Este último es utilizado frecuentemente en dos presentaciones: polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad, LPDE y HDPE, por sus siglas en inglés, respectivamente.

Las tuberías se clasifican por clase, en relación a la presión que son capaces de soportar. Citando un ejemplo, las clases 5, 7.5, 10, etc. representan la presión máxima de trabajo expresada en kg/cm<sup>2</sup> (Liotta *et al.*, 2015).

Los accesorios de conexión y reparación en el sistema de riego tecnificado, tales como codos, tee, uniones, tapones, etc., son de polietileno de alta densidad (HDPE) y polipropileno (PP).

#### **Cloruro de polivinilo (PVC)**

El PVC es rígido y más barato que el polietileno (INIA, 1999). Se usa en diámetros superiores a 50 mm. para las líneas de distribución primaria, secundaria y terciaria. Los diámetros más comunes, en el sistema milimétrico son 50, 63, 75, 90, 110, 160 y 200 mm. En el sistema anglosajón de unidades de medida, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 6 y 8 pulgadas, respectivamente (Liotta *et al.*, 2015).

#### **Polietileno (PE)**

Se trata de un tipo de plástico económico que puede modelarse de muchas formas, desde formar cables o hilos hasta recipientes de diferentes tamaños. En el caso particular de emplearlo para fabricar tuberías y accesorios para riego, destaca su elevada resistencia al

impacto (en temperaturas bajas,  $< 80^{\circ}\text{C}$ ), baja densidad, impermeabilidad y de baja reactividad, respecto a otros materiales como los metales.

La producción de este plástico puede ocurrir bajo diferentes reacciones de polimerización, cada una de estas resulta en un tipo diferente de polietileno: de baja densidad (LDPE) o de alta densidad (HDPE).

La principal diferencia entre ambos es que el LDPE es más flexible debido a que la cadena polimérica tiene diversas ramificaciones, mientras que las cadenas que constituyen el HDPE son más compactas y, por tanto, el polímero es más rígido. Las tuberías fabricadas con este último son fuertes, flexibles y resistentes a la corrosión, por lo que son empleadas en la distribución de líquidos corrosivos y abrasivos. En cambio, el LPDE es empleado principalmente en la fabricación de laterales de riego, debido a su alta flexibilidad y bajo costo (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2015).

### **Polipropileno (PP)**

Es un termoplástico parcialmente cristalino, obtenido por la polimerización del propileno (subproducto gaseoso de la refinación del petróleo) en presencia de un catalizador, bajo un estricto control de presión y temperatura (PETROQUIM, 2021). Es un polímero muy versátil, con aplicaciones tanto en recipientes como en forma de fibras (REPSOL, 2021).

Las características más saltantes son: durabilidad, barrera al vapor de agua, buenas propiedades organolépticas, resistencia y transparencia. Es el material de plástico con menor peso específico ( $0.9 \text{ g/cm}^3$ ), lo que implica que se requiere menor cantidad de materia prima para obtener el producto final (PETROQUIM, 2021). Se utiliza ampliamente en accesorios de riego roscados tales como codos, tee, abrazaderas, uniones, etc.

### **2.3.7. Precio**

El precio de insumos, materiales y mano de obra son determinantes para decidir poner en marcha un proyecto de irrigación. En estos últimos años, la pandemia ocasionada por COVID-19 ha generado un enorme impacto en la economía, desde la oferta de materia prima, hasta el costo en transportes.

Jesús Salazar, presidente del Comité de Plásticos de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), explica que el costo por tonelada para traer un contenedor desde Asia al Perú ha pasado de \$60 a \$350. Por otro lado, los inventarios de polipropileno grado polímero (PGP) en Estados Unidos (uno de los principales proveedores) se encuentra en el nivel mínimo de los últimos 10 años (El Comercio, 2021).

Según IMEX-Aduana (2021), el valor CIF de la tonelada de polipropileno (PP) creció 28% en seis meses (julio – diciembre 2020). De igual manera, el policloruro de vinilo (PVC) se incrementó en 53% y el polietileno (PE), en 33% (El Comercio, 2021). En el caso del HDPE, solo entre el mes de enero y febrero del 2021, el costo por tonelada tuvo un incremento del 10%. Estos incrementos han sido ocasionados por la escasez de resinas producto del impacto negativo que ha generado la baja demanda de combustibles (desde abril de 2020) en las plantas de producción de PGP. Mientras la oferta disminuye, la demanda se mantiene, según Plastics Information Europe (PIE, 2021).

En el caso de mano de obra, el costo por instalación del sistema de riego se encuentra fijado en dólares. Según el Ing. José Álvarez, asesor y contratista en Bayer Semillas Perú, “la mano de obra en la instalación de una hectárea de riego tecnificado, tiene un costo que fluctúa entre \$250 - \$500, dependiendo de variables como: topografía del predio, sistema de riego, accesibilidad, entre otros” (Álvarez, J., comunicación personal, 2 de octubre de 2021).

El precio de venta de la moneda americana en el Perú, pasó de 3.314 soles, el 31 de diciembre de 2019, a 3.605 soles el 31 de diciembre de 2020 hasta alcanzar los 4.147 soles en octubre del 2021 (ANDINA, 2020).

### **III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL**

#### **3.1. PROBLEMÁTICA DEL CULTIVO DE LA FRESA**

El cultivo de la fresa bajo sistema de riego por goteo crece cada año en el valle de Huaral. Se estima que la superficie sembrada este año (2021) bajo riego tecnificado es 50% superior con respecto a la campaña anterior (2020).

Basta con recorrer los caminos principales de penetración y conexión entre el distrito de Aucallama y Huaral para notar que cada campo de fresa bajo riego por goteo muestra una identidad propia. Los hay abastecidos por amplios reservorios, lo suficientemente grandes para irrigar 5 ha. por 3 días, otros son pequeños y efectúan su bombeo mientras sigue entrando en ellos el agua del turno de riego por gravedad. También se vislumbran predios que lleva instalada una y dos cintas de goteo por cama, unas con plástico de color blanco y otras con plástico negro.

No cabe duda que no existe un consenso entre los agricultores y técnicos en el sistema de riego idóneo para conducir el cultivo. Aun así, la idea predominante es emplear “plástico mulch” con dos cintas de goteo por cama. Cada agricultor usa una marca diferente de cinta de goteo, todas con goteros de 1.0 LPH.

A pesar de esta heterogeneidad en cada ítem mencionado anteriormente, llama la atención que todos los campos comparten el mismo criterio hidráulico: establecer una o más tuberías matrices, todas de 90 mm de diámetro. y usar portarregantes de 63 mm de diámetro. sin importar el tamaño del campo. La longitud de sus camas también es una constante: 60 m. de largo en casi todos los campos instalados con 2 cintas por cama (Figura 11).



**Figura 11:** Campo A: plástico blanco. Campo B: plástico negro. Longitud de camas constante en ambos. CCPP Miraflores, Aucallama, Huaral (Google Earth, 2021).

### **3.2. PROYECTO DE IRRIGACIÓN PARA EL CULTIVO DE LA FRESA.**

#### **3.2.1. Diseño agronómico**

El diseño agronómico es el cimiento de un proyecto de irrigación, ya que el volumen de agua de riego será definido por la densidad de siembra (número de plantas en un área determinada).

El sistema de siembra de los plantines de fresa es en tresbolillo, tanto para un sistema de riego por goteo como en riego por gravedad, con un distanciamiento de 0.3 m. entre plantas de una misma hilera. El cambio ocurre en el distanciamiento entre hileras o camellones, para riego por gravedad, la distancia oscila entre 0.85 – 1 m., mientras que en riego por goteo la distancia entre camellones varía entre 1 – 1.3 m. Para el primer caso, tendríamos entre 85 – 66 mil plantas/ha. Por otro lado, en riego por goteo el número de plantas por hectárea está entre 66 – 51 mil.

**Tabla 3:** Densidad de siembra en dos sistemas de regadío.

<b>SISTEMA RIEGO</b>	<b>DIST. ENTRE PLANTAS</b>	<b>DIST. ENTRE HILERAS</b>	<b>CANTIDAD PLANTAS/HA</b>
<b>Gravedad</b>	0.3 m.	0.85 – 1 m.	85 – 66 mil
<b>Goteo</b>	0.3 m.	1.0 – 1.3 m.	66 – 51 mil

Cabe resaltar que la mayoría de agricultores define su densidad de siembra según experiencia gremial o la propia. A través de esta, concluyen que el rendimiento de la parcela no necesariamente es directamente proporcional a la densidad de siembra.

Una adecuada demarcación de la densidad de siembra debería tener asesoría técnica, sin embargo, la formación de los técnicos agrícolas sesga su postura al respecto, ya que un agrónomo abarca principalmente el manejo nutricional y sanitario del cultivo, sin profundizar en la conducción del recurso hídrico, orientando sus asesorías hacia la parte más rentable del cultivo. Por otro lado, un ingeniero agrícola tiene basto conocimiento en la eficiencia de uso y la conducción del agua de regadío, no obstante, su presencia en el ámbito agrícola es a nivel de agroindustria, no en la agricultura atomizada de valle.

Es así, que en cada visita a campo compartimos con nuestros agricultores la importancia del diseño agronómico para el inicio de una buena campaña. Información básica, pero vital para el éxito del cultivo desde la variedad elegida, el tipo de suelo, la inversión inicial en instalación del cultivo (número de plantines, cantidad de materiales para riego y mano de obra) hasta la facilidad para realizar labores culturales (deshierbo, poda, fumigación, cosecha, etc.).

El diseño agronómico finaliza con el cálculo del requerimiento hídrico de la planta por unidad de área. Debe quedar claro que el sistema de riego será diseñado para satisfacer el requerimiento hídrico del cultivo en su etapa de mayor demanda (ETc), la cual pudiera ser un estado fenológico puntual y/o una época estacional. Este dato es clave para continuar con el proyecto, ya que nos permitirá definir nuestra adecuada distribución del riego en el diseño hidráulico. En el caso de la fresa el requerimiento máximo ocurre durante la etapa de establecimiento del cultivo, en las primeras 5 – 6 semanas, en condiciones del valle de Huaral es de  $51 \text{ m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$  de agua para una hectárea de sembrío.

### 3.2.2. Diseño hidráulico

Una vez definido el diseño agronómico, es de suma importancia la asesoría de un ingeniero(a) agrícola especializado en el diseño hidráulico para sistemas de riego tecnificado.

Hemos comprobado que, dependiendo el requerimiento hídrico del cultivo y la topografía del terreno, es necesario un diseño hidráulico a partir de la tecnificación de un área superior a 1 ha. Es este el quid para el éxito de un sistema de riego.

Muchos agricultores tienen la pericia para determinar su diseño agronómico, sin embargo, incurren en gastos excesivos durante toda su campaña al prescindir de un diseño hidráulico. Tanto pequeños (2 – 4 ha.) y medianos agricultores (5 – 40 ha.) prescinden del diseño hidráulico y son ellos mismos, o algunos “pragmáticos”, quienes definen este aspecto.

Si el diseño agronómico es el cimiento de un proyecto de irrigación, el diseño hidráulico es la arquitectura del mismo. Así como en una edificación se plantan los cimientos de acuerdo al número de pisos que se erigirán, el diseño agronómico se plantea según la máxima demanda de agua del cultivo; y en símil con las vigas y columnas que sostienen la edificación, el diseño hidráulico brindará el soporte requerido para conducir la cantidad apropiada de agua en el tiempo justo.

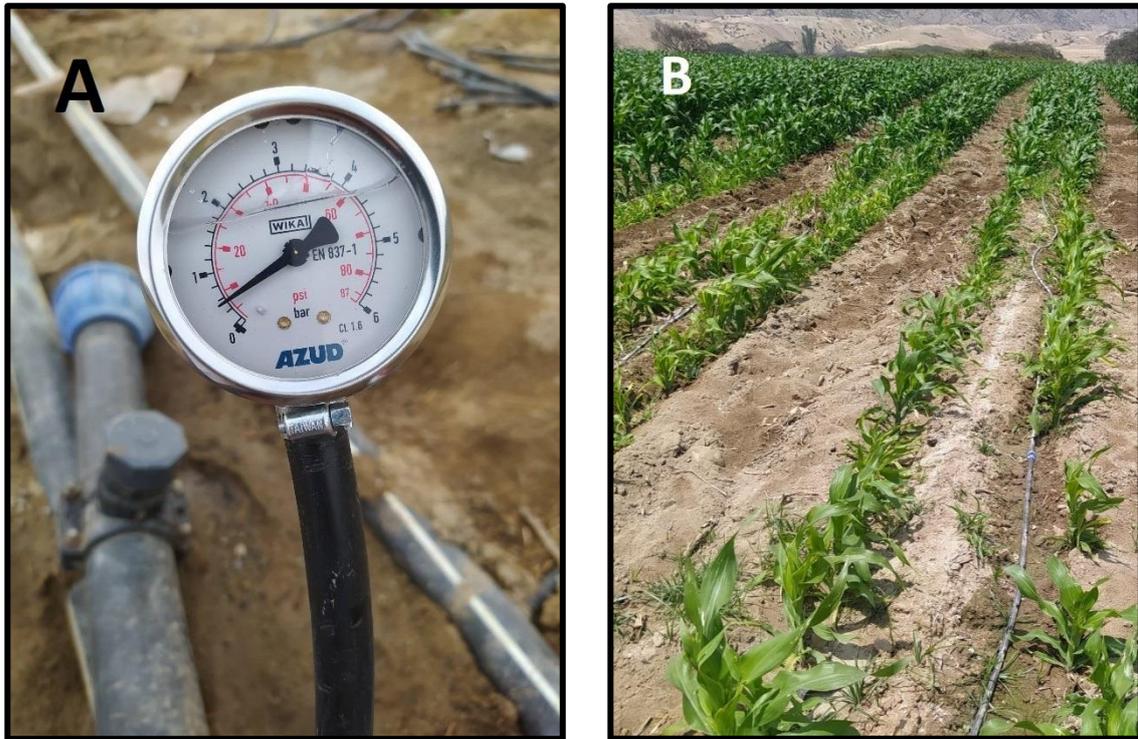
En adición, el plano del diseño hidráulico se asemeja a la guía que seguirá el maestro de obra para delimitación de ambientes (parcelación del terreno), permite presupuestar los materiales que se usarán en obra y, más importante aún, define la distribución de turnos de riego en armonía con las leyes de la dinámica de fluidos. En una palabra: EFICIENCIA.

En resumen, el diseño hidráulico comprenderá los siguientes aspectos:

- **Cálculos hidráulicos:** Tienen como objetivo minimizar la pérdida de carga del agua en su recorrido desde la estación de bombeo hasta llegar al emisor de riego en el cultivo.

Determinarán los diámetros de la matriz principal y submatriz, las tuberías portarregantes y laterales de riego (cintas o mangueras que portan los emisores de riego), definirá los turnos de riego, además del motor o la bomba más apropiada para poner en marcha el sistema.

En concreto, un buen diseño hidráulico se reflejará un riego óptimo, reduciendo las probabilidades de fallas dentro del sistema, tales como rotura de tuberías por golpes de ariete y/o sobrepresiones, y la obstrucción de emisores de riego, lo que resultará en estrés hídrico para el cultivo, deficiencias nutricionales vía fertirriego y crecimiento dispar del cultivo (ver Fig. 12).

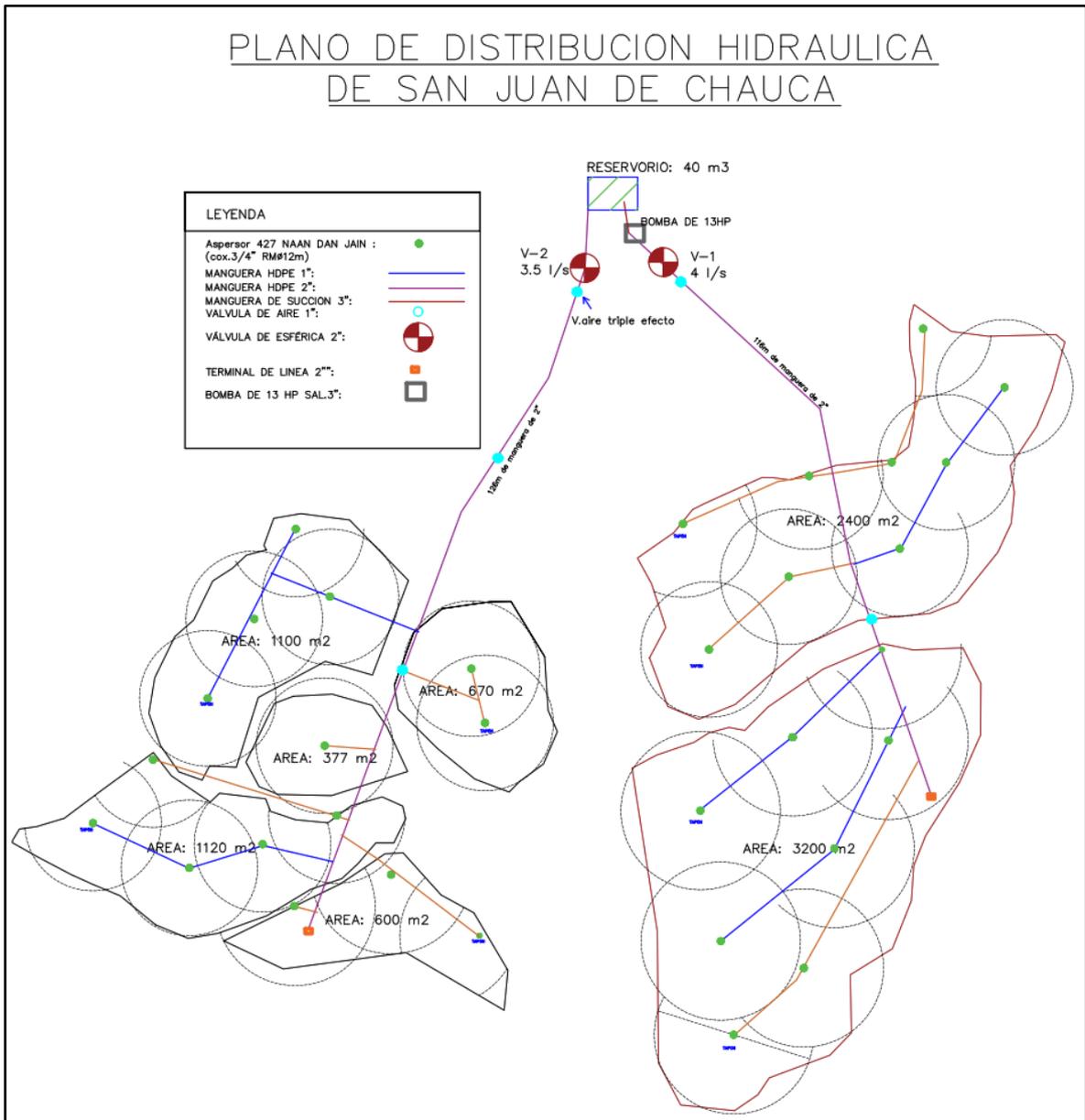


**Figura 12:** Efectos negativos de un diseño hidráulico deficiente.

**A.** Presión de trabajo insuficiente ( $< 1.0 \text{ bar}$ ). **B.** Desuniformidad en la distribución del agua.

- **Metrado de tubería:** Es consecuencia del punto anterior, el objetivo es maximizar la eficiencia en el recorrido del agua a través del campo de cultivo. Por lo general, se busca coincidir con los espacios de libre circulación (camino, división entre lotes agrícolas, etc.).
- **Diseño de planos:** Es la representación gráfica resumida de los cálculos hidráulicos, la distribución de los materiales a emplear en la instalación y turnos de riego. Los planos muestran la dimensión y magnitud del proyecto de irrigación, son la guía que

ha de seguir el técnico de instalación y puede replantearse según la experticia del mismo o de un ingeniero de campo (Figura 13).



**Figura 13:** Plano de distribución hidráulica. CCPP San Juan de Chauca, Santa Cruz de Andamarca, Huaral.  
Elaboración en sociedad con Bach. Ing. Agrícola Tatiana Chapoñan F.

Habiendo expuesto lo anterior, queda claro para el agricultor que el diseño hidráulico brindará el soporte necesario para garantizar el correcto funcionamiento de su sistema de riego, no obstante, surge en él la pregunta: ¿podré pagar la asesoría de un agrónomo y el plano de diseño de un ingeniero agrícola?

### 3.2.3. Lista de materiales

Aunque parezca sencillo enumerar y cuantificar los materiales para la instalación, es en esta circunstancia donde se responde la pregunta pendiente. Los materiales e insumos para la instalación del proyecto de irrigación no significan menos del 80% del costo total del proyecto, por tanto, es aquí donde se evidenciará el impacto económico del diseño agronómico e hidráulico.

Ha habido proyectos en donde el replanteamiento del diseño supuso ahorrar suficiente material para instalar hasta un 50% de área adicional a las ya instaladas, sin mencionar la reducción de incluso 30% en turnos de riego, traducidos en economizar agua, jornales y energía de bombeo.

Por otro lado, otros casos no han logrado ese superávit en materiales, sino que se ha tenido que reemplazar casi el 50% de la instalación por ser esta insuficiente para abastecer el requerimiento hídrico de la planta. Este escenario es muy frecuente en la instalación de huertos o parcelas frutícolas arbóreas, donde el diseño agronómico es determinado para los dos o tres primeros años del árbol frutal. Pasado ese período, los turnos de riego definidos y limitados por ese deficiente diseño hidráulico se vuelven incapaces de abastecer el requerimiento hídrico diario del árbol ocasionando cuantiosas pérdidas de producción y capital de mantenimiento del huerto (Figura 14).

**5 de septiembre de 2021**



**29 de septiembre de 2021**



**Figura 14:** Antes y después de la modificación y rediseño del sistema de riego en árboles de lúcuma.

Durante la pandemia del COVID-19 muchos productos importados han incrementado su precio en porcentajes importantes. Es el caso del PVC y PP, insumos primarios para las tuberías y accesorios de riego, que en este último año han incrementado su valor hasta 50% más en los últimos 6 meses. Por tanto, la diferencia de inversión entre un buen diseño adquiere un valor sustancialmente mayor al que ya venía siendo anteriormente.

Ante el incremento de precios, la búsqueda por reducir el presupuesto en materiales puede resultar perjudicial. En una instalación se emplean materiales con fines múltiples, desde soportar presiones elevadas hasta servir de conexión o soporte para las demás. También debemos recordar que la mayor parte de estas se encuentran expuestas al embate del clima y su pronto deterioro puede ocasionar pérdida de carga o un daño estructural en el sistema, en el mejor de los casos, y cobrar una vida en la peor circunstancia.

Por ende, una correcta asesoría contribuye a prevenir contratiempos y desestimar la calidad de materiales apropiadamente. Siempre será aconsejable solicitar un número mínimo adicional de ciertos materiales que podrían dañarse durante la instalación o requerirse en caso de un inconveniente durante el funcionamiento del sistema.

#### **3.2.4. Instalación del sistema de riego tecnificado**

Una vez adquiridos los materiales necesarios para la instalación, es prioridad contar con personal técnico capacitado para supervisión y ejecución. La mayoría de agricultores pequeños (1 – 4 ha) prescinden de este personal debido a que asumen la facilidad de realizar las conexiones entre los materiales siguiendo el plano del proyecto (Anexo 3). No obstante, al trabajar con un fluido a presión es fundamental prestarles atención a los detalles y realizar correctamente cada paso de la instalación.

En caso de agricultores medianos (5 – 40 ha) es imperativo la presencia de personal cualificado debido a que a menudo se requiere de la instalación de una estación de bombeo, la cual es el corazón del sistema de riego, esta puede llegar a requerir de elementos electrónicos tales como un variador de velocidad para la bomba, un programador de riego o un timer sencillo. Además, podemos requerir otros accesorios importantes que han de ser calibrados para uso como filtros de retrolavado automático, hidrómetros, válvulas sostenedoras de presión y válvulas de alivio, por citar unos pocos. Estos accesorios deben trabajar en armonía con el sistema y esa garantía nos la brindará un experto en la materia.

En general, para asegurar los parámetros mínimos de seguridad en una instalación se debe tener en cuenta:

### **En el cabezal de riego**

**Tubería de succión:** Esta deberá ser ofrecer la mejor resistencia y, de requerir empalmes, han de garantizar la hermeticidad desde su extremo distal en contacto con el agua hasta su conexión a la bomba. Deberá colocarse a cierta altura del fondo del reservorio o fuente de agua para evitar succionar sedimentos. Podría llevar alguna canastilla filtro y una válvula check, ambas apropiadas para las condiciones específicas de trabajo.

**Bomba de agua:** Si la bomba es eléctrica, se debe cumplir con proporcionar el voltaje y amperaje requeridos por el fabricante para su correcto funcionamiento. Si la bomba es accionada por un motor a hidrocarburo, es prioridad la calidad de este insumo. En ambos casos deberán regularse las revoluciones para garantizar volúmenes de agua a la presión adecuada. Puede, o no, requerirse un variador de velocidad para este fin.

**Válvulas de aire:** Deberá colocarse después de la bomba y antes del filtro, en la tubería de descarga. Es prioridad que sean, como mínimo, de doble efecto (de aire y de vacío) para extraer la mayor cantidad de aire y limitar su ingreso al sistema, cuando cese el bombeo esta válvula llenará con aire el vacío resultante en la tubería. El tamaño de la válvula dependerá del diámetro de la tubería, la relación es directa.

**Filtro:** Es fundamental en todo sistema de riego, el diámetro y la elaboración de un sistema de filtrado dependerá de la calidad y cantidad de agua que se requerirá filtrar en el menor tiempo posible. Existen diferentes tipos de filtros y podrían usarse varios de estos a la vez, el profesional a cargo tomará esta decisión.

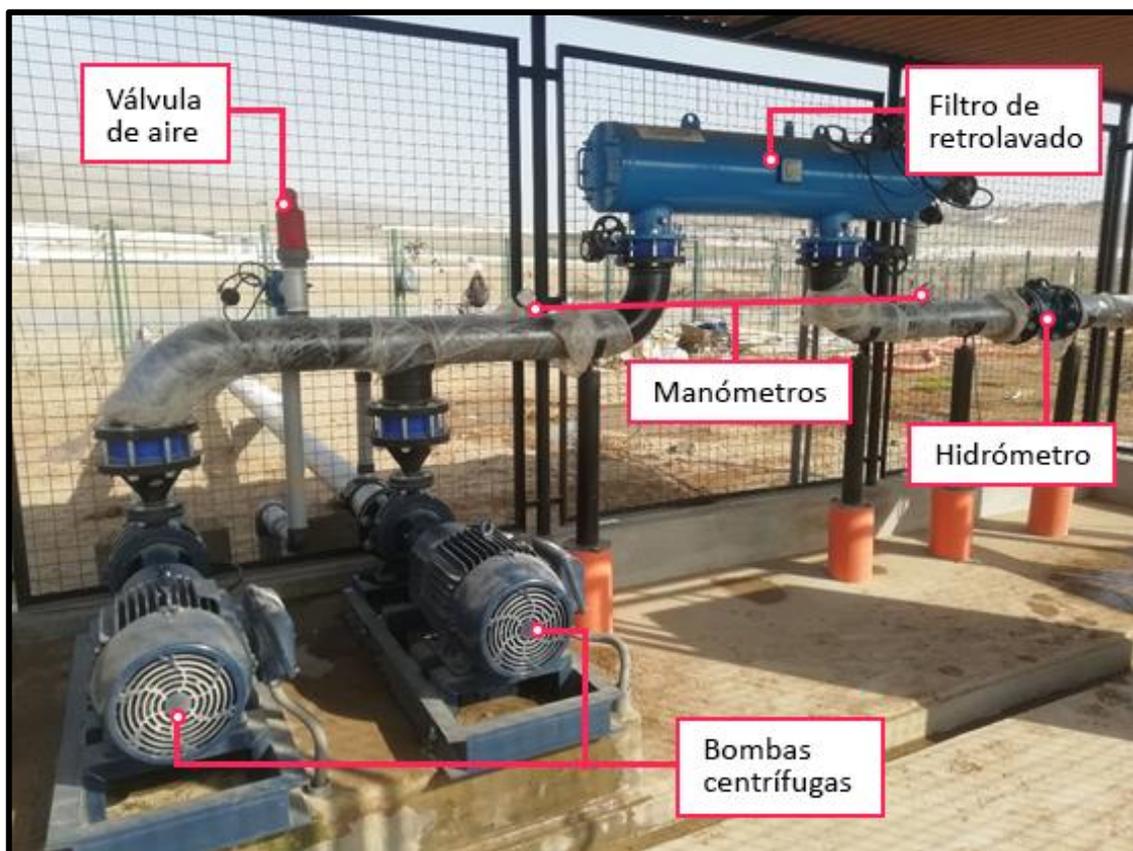
**Manómetros:** Principalmente antes y después del filtro, debido a que monitorear la presión de ingreso y salida del agua del filtro nos indicará si hace falta realizar una limpieza del mismo, por tanto, nos asegura un correcto funcionamiento.

**Hidrómetro:** Si el tamaño del proyecto lo amerita, monitorear el volumen de agua ingresado al sistema nos permitirá monitorear si hay fugas que no detectamos en campo, además del correcto caudal de nuestros emisores por turno de riego.

**Válvula sostenedora de presión:** Garantiza el correcto funcionamiento de la bomba, ya que su función es asegurar la presión de trabajo, evitando que la bomba trabaje en vacío cuando pudiera presentarse una gran fuga de agua en el sistema.

**Válvula de alivio:** Pueden colocarse antes del filtro, su función es liberar el exceso de agua a presión dentro del sistema. Se calibran para expulsar agua si el sistema excede una determinada presión, su cierre es automático cuando la presión cae por debajo de la medida calibrada.

Se debe priorizar que las conexiones entre los accesorios mencionados mantengan el mismo nivel de altura para que dichas uniones sellen herméticamente (Figura 15). Cada vez que se unan dos piezas lisas, ha de haber un sello o empaque de goma entre ellas para garantizar un ajuste y cierre hermético. Cuando se coloque algún accesorio roscado, se utilizará cinta teflón para evitar fugas por la rosca.



**Figura 15:** Cabezal de riego. Sistema de bombeo y filtrado. Válvula de aire y manómetros.

## En campo

**Tubería matriz:** Debe tener una ubicación fija, puede ir enterrada o sobre la superficie del suelo, dependerá de la dimensión del campo y el material designado para la misma. Usualmente, los agricultores pequeños usan tubería HDPE expuesta, mientras que, para proyectos de mayor envergadura, resulta más económico utilizar tubería PVC, además esta brinda mejores condiciones hidráulicas.

En el caso de las tuberías HDPE, estas suelen venir en rollos de 100 m. lineales y para unirlos entre sí se emplean conexiones de compresión diseñadas para este fin. Estas conexiones usan un empaque que ha de ser instalado correctamente para evitar fugas a través de estas.

Las tuberías de PVC suelen venir en presentaciones individuales que miden entre 5 y 6 metros de largo. Pueden ser pegadas o embonadas entre sí. En caso de ser pegadas, debe emplearse pegamento para PVC que sea específico para el diámetro del tubo. Si las uniones son por embone, debemos asegurar que la goma colocada en medio de la campana sea de la medida apropiada, debe quedar intacta después del embone y el extremo distal del tubo embonado debe ingresar hasta el tope de la campana del tubo que lo recibe. Se recomienda aplicar lubricante de PVC para facilitar el embone cuando el diámetro supera los 63mm (Figura 16).



**Figura 16:** Instalación de tubería matriz por embone (izq.) y pegado (der.).

**Tubería portarregante:** Ha de seguirse las mismas consideraciones que con la tubería matriz. Usualmente son perforadas para colocar los conectores iniciales, los cuales serán la conexión entre el portarregante y una manguera ciega a la que irá conectada la cinta o lateral de riego. Se debe tener en cuenta que todas las perforaciones se encuentren a una misma altura y que brinden las condiciones adecuadas de modo que la manguera ciega (“bigotes”) no se doble e impida el paso del agua hacia los laterales de riego (Anexo 2). Finalmente, ha de purgarse con agua limpia antes de conectar los laterales de riego (Figura 17).



**Figura 17:** Purga de portarregantes antes de conectar laterales de riego.

**Laterales de riego:** Se deben tender las cintas orientando sus emisores hacia la cara superficial de la misma. Cuando se emplean cintas de riego esta labor es más sencilla, ya que la cara que contiene los goteros está claramente identificada. El problema ocurre cuando los emisores de riego (goteros, aspersores, etc.) han de colocarse sobre una manguera ciega. Por lo general estas mangueras no tienen alguna franja de referencia y, debido a que son distribuidas en rollos de 100 – 500 m., resulta difícil alinear todos los goteros que serán insertados. Se recomienda extender bien la manguera y templarla antes de empezar con la inserción de sus emisores (Figura 18).



**Figura 18:** Correcta instalación de laterales de riego.

**Collarines:** Se colocan a modo de abrazadera sobre la tubería deseada donde la salida de agua se producirá por una perforación en la misma. El collarín canalizará el agua a la siguiente conexión. Se recomienda primero instalar el collarín y luego realizar la perforación, de esta manera se asegura que el sello entre el collarín y la tubería queden en el borde externo del hoyo perforado, por tanto, un cierre hermético (Figura 19).



**Figura 19:** Instalación incorrecta del collarín. Corrupción del sello.

### 3.2.5. Calidad del agua

Un factor que poco o nada se considera dentro de la ecuación para la implementación de un sistema de riego en el valle de Huaral es la calidad del recurso hídrico.

Las características físicas, tal como la turbidez del agua debida a la cantidad de residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos) y el tamaño de los mismos, han de evaluarse para proponer los filtros más apropiados para el sistema, la capacidad del reservorio y la necesidad de un desarenador (Figura 20 y 23).



**Figura 20:** Obstrucción de filtro de anillos por mala calidad física del agua de riego.

Las propiedades químicas del agua, con énfasis en la salinidad y el pH son cruciales para definir la fracción de lavado, elección de fertilizantes, su fraccionamiento y concentración en la solución de fertirriego, de modo que la planta encuentre disponibles todos los nutrientes que se le administre por esta vía.

Por último, las cualidades biológicas del agua permiten definir tratamientos químicos en el reservorio para evitar la acumulación de algas y otros microorganismos que puedan afectar negativamente la distribución del recurso hídrico mediante su acumulación en el sistema de tuberías y, más importante aún, garantizar la diversidad de la microbiota del suelo y la inocuidad del producto cosechado.

Para cumplir con este fin se recomienda realizar un primer análisis físico-químico del agua de riego en un laboratorio cualificado. La interpretación de los resultados conllevará a un buen planteamiento inicial del proyecto. Desde la construcción de un desarenador sencillo, el tamaño del reservorio y la elección del sistema de filtración, hasta el planteamiento del plan de fertirrigación.

Si bien, la mayoría de agricultores no ven la importancia o necesidad de las recomendaciones mencionadas, una serie de pruebas tangibles pueden convencerlo. Para denotar los parámetros más saltantes, solo hace falta un recipiente cilíndrico de vidrio transparente, de 1 – 2 litros de capacidad, en donde se tomará una muestra de la fuente de agua de regadío. Se dejará el recipiente con su contenido en reposo, a la exposición de luz natural y, en el momento, podría evaluarse la turbidez del fluido, además de la cantidad de partículas en suspensión. Al paso de 2 – 3 días se podrá evidenciar la decantación de la mayor parte de partículas y podría medirse en función al volumen que ocupan dentro del recipiente. Por otro lado, de extender el tiempo de observación, entre el 4° – 6° día se evidenciará la colonización de microorganismos fotosintéticos debido a la intensidad en la coloración verde del líquido que los contiene dependiendo su concentración en este.

De esta manera se pueden evidenciar las características físicas y biológicas del agua de riego, no obstante, las características químicas (CE y pH) han de requerir un instrumento de medición para ser evaluadas correctamente. Para cumplir este objetivo, emplear un combo de medición debidamente calibrado.

Los valores que resultaron de medir la CE y pH en el agua de riego del CCPP Miraflores, Aucallama, fueron de 0.55 dS/m y 10.10, respectivamente (Figura 21). Con estos números concluimos que el agua tiene un moderado riesgo de salinización y un pH alcalino, lo cual podría indicar un elevado contenido de carbonatos, sin embargo, hace falta conocer otros parámetros determinados en laboratorio para concluir respecto a la relación de adsorción de sodio (RAS) y su dureza.

Para fines prácticos, se recomendarán trabajar con fertilizantes de reacción ácida (fuentes nitrogenadas y fosfatadas para fertirriego), no se tomará en cuenta el ácido fosfórico por el riesgo que representa en su conducción y manejo.



**Figura 21:** Conductividad eléctrica y pH del agua de riego CCPP Miraflores, Aucallama.

### 3.2.6. Costos

A continuación, se presenta una comparativa de costos respecto a la instalación del mismo campo de fresa de 1.75 ha con dos servicios diferentes.

La **primera**, es de la instalación encontrada en campo, llevada a cabo por el mismo agricultor y un “pragmático” en instalaciones de riego. La parcelación del campo se realizó de modo que la matriz (90 mm.) dividiera el predio longitudinalmente por la mitad, los portarregantes (63 mm.) fueron colocados cada 50 m., perpendicularmente a la matriz. Se colocan dos cintas de goteo por cada cama con goteros de 1 LPH y cada 20 cm.

Se emplea una motobomba, a gasolina, de 3 pulgadas de diámetro para la succión y descarga, con 13 HP de potencia. Los turnos de riego se dividen en 4 turnos de 45 minutos para la etapa inicial del cultivo, de acuerdo a la parcelación. Se proyectan hasta 90 minutos por turno en la etapa de mayor requerimiento hídrico. Cabe notar que no se instalaron válvulas de aire en este diseño (ver Figura 22).

La **segunda**, es el replanteo realizado por Ricardo Vergara y Tatiana Chapoñan, egresados de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), de la carrera de agronomía e ingeniería agrícola, respectivamente. La densidad de siembra fue la misma: 1.3 m. entre camas  $\times$  0.3 m. entre plantas, sembradas en tresbolillo, con dos cintas por cama, manteniendo el mismo caudal y distanciamiento entre goteros, 1 LPH y 20 cm., respectivamente. La parcelación se realizó de tal manera que resultaran 4 divisiones con la misma área, en adición los diámetros de tubería matriz y portarregantes son de 110 y 90mm, correspondientemente (Figura 24).

La motobomba a usarse será la misma que ya tiene el agricultor. El campo fue dividido en 2 turnos de riego de 45 minutos por turno, que pudiera llegar hasta 60 minutos, en el pico máximo de consumo de agua por parte del cultivo.

Para evaluar el costo total de la instalación, se incluirá el presupuesto diferencial de: diseño del sistema, lista de materiales y costo semanal de la operación de riego en el cultivo. Este último no es tomado en cuenta por el agricultor, ya que no se ofrece un plan de riego para el cultivo cuando se realiza la propuesta de tecnificación. El costo por semana dependerá de la frecuencia de riego (días a la semana) y la cantidad de horas que se riegue al día. Se toma en cuenta el consumo de combustible de la bomba y la mano de obra del regador.



**Figura 22:** Plano de la instalación ejecutada por el agricultor para cultivo de fresa cv. Sabrina.

Diseño en colaboración: Bach. Ing. Agrícola Tatiana Chapoñan y Bach. Agronomía Ricardo Vergara.

El presupuesto ejecutado en materiales para el proyecto en uso fue el siguiente:

**Tabla 4:** Cotización de accesorios de riego en la instalación realizada por el agricultor.

IT.	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. UNIT.	TOTAL
1	Cinta Exxtreme, 16mm, @20cm, 1LPH, 5 mil	metros	16,155	S/ 0.21	S/ 3,318.2
2	Manguera HDPE 90mm	metros	200	S/ 9.60	S/ 1,920.0
3	Manguera HDPE 63mm	metros	344	S/ 4.00	S/ 1,376.0
4	Unión compresión HDPE 90mm	unidad	2	S/ 76.58	S/ 153.2
5	Tapón compresión HDPE 90mm	unidad	1	S/ 54.52	S/ 54.5
6	Tapón compresión HDPE 63mm	unidad	8	S/ 24.43	S/ 195.4
7	Adaptador macho compresión HDPE 63mm x 2"	unidad	8	S/ 15.01	S/ 120.1
8	Válvula esférica PVC Sanking 2"	unidad	8	S/ 37.79	S/ 302.3
9	Collarín sin refuerzo PP 63mm x 2"	unidad	8	S/ 12.89	S/ 103.1
10	Manguera ciega 16mm, 0.5mm	unidad	265	S/ 0.38	S/ 100.7
11	Conexión manguera-cinta 16mm	unidad	530	S/ 0.42	S/ 223.6
12	Conexión cinta-cinta 16mm	unidad	100	S/ 0.51	S/ 50.6
13	Conector inicial c. goma 16mm	unidad	530	S/ 0.62	S/ 328.0
14	Niple galvanizado c. rosca 63mm x 3"	unidad	8	S/ 12.89	S/ 103.1
15	Cinta teflón 10 yds x 19mm x 0.075mm	unidad	30	S/ 1.90	S/ 57.0
					<b>S/ 8,405.9</b>

Según la Tabla 4, casi el 40% del presupuesto lo constituye la cinta de riego, porcentaje similar a lo invertido en tubería matriz y portarregantes, el otro 20% de los materiales se encuentra distribuido en accesorios menores, sin contar el filtro de anillos de 3", el cual es el mismo para ambas propuestas y tiene un costo de S/ 580.

El costo semanal de la operación de riego es:

**Tabla 5:** Resumen de frecuencia y tiempo de riego durante la campaña.

CONCEPTO	mín	máx
<b>Días riego a la semana</b>	3	4
<b>Horas de riego</b>	0.75	1.25
<b>Turnos de riego</b>	4	4
<b>Consumo combustible (galones/hora)</b>	0.5	0.5

La Tabla 5 muestra valores mínimos y máximos de la frecuencia de riego semanal que requerirá el cultivo, tiempo de riego por turno, turnos de riego y el consumo de combustible de la bomba de riego en galones por hora. Estos parámetros son fundamentales para medir en primera instancia la eficiencia del diseño de riego, no obstante, en alguna o ninguna ocasión son tomados en cuenta por el agricultor sino hasta la liquidación de cuentas al final de la campaña.

El costo diario de la operación de riego se manifiesta en la Tabla 6, donde el requerimiento mínimo de riego tiene un costo total de S/ 51.00 y en el pico más alto de la demanda de agua por parte del cultivo, ascendería a S/85.00 en un día de riego.

En el CCPP Miraflores el riego por gravedad tiene un costo de S/ 40.00 por hectárea de riego y los turnos tienen una frecuencia semanal, sin límite de tiempo por área durante la mayor parte del año, cubriendo así la demanda hídrica de cualquier cultivo. Este predio en particular tiene un área de 1.75 hectáreas, a lo cual el costo por ejercer el riego por gravedad es de S/70.00 semanales; frente a un máximo de S/340.00 en riego por goteo.

**Tabla 6:** Costo diario de la operación de riego en mínimo y máximo requerimiento hídrico.

IT.	CONCEPTO	UND.	P.U	COSTO DÍA MÍN	COSTO DÍA MÁX
1	Gasolina 90	galones	S/ 16.50	S/ 24.75	S/ 41.25
2	Mano de obra regador	hora	S/ 7.00	S/ 26.25	S/ 43.75

Transcurridas 30 semanas de riego, al término de la campaña, el costo de riego alcanza los S/ 6 700.00 solo en combustible y mano de obra. Punto aparte de los fertilizantes. Además, el agricultor notó pérdida de presión en todos los laterales de riego, por debajo de 0.5 bar en los terminales, lo que ocasionó obstrucción de goteros y estrés hídrico en la planta.

Según Tatiana Chapoñan, “estos problemas se deben al deficiente diseño hidráulico pues la tubería de 63mm que usan como portarregantes no puede abastecer más de 6 LPS al sistema”. El diseño agronómico requiere de un caudal de casi 9 LPS en las primeras 3 parcelas y cerca de 12 LPS en la última, 50% y 100% más de lo que la tubería puede abastecer.

Por otro lado, el sistema de inyección de fertilizantes que utilizan es el más popular de la zona, el cual consiste en perforar la manguera de succión de la bomba e insertar tubería transparente de 20 mm. para aprovechar la fuerza de succión e inyectar los fertilizantes mientras se ejecuta el riego (Figura 23).



**Figura 23:** Calidad de agua y método de inyección de fertilizantes.

Este método de inyección de fertilizantes tiene, al menos, tres problemas técnicos. El primero, es que no hay un tiempo definido para la inyección de fertilizante en función a la llegada del fertilizante a los emisores del turno de riego, sino que se regula según las revoluciones de la bomba. En segundo lugar, consecuencia de la primera práctica, un porcentaje del fertilizante de los primeros turnos de riego se acumula en la tubería matriz y,

de no terminar en el último turno, quedan formando precipitados en las tuberías y laterales de riego debido a la alta concentración de sales por tan poco tiempo de inyección. Esta alta concentración desde el punto de inyección ocasiona el tercer problema: la corrosión y desgaste de las partes internas de la bomba.



El replanteo del sistema de riego, resultó en la siguiente lista de materiales (Tabla 7), presupuestados en la misma distribuidora donde se compró lo requerido para la instalación ya ejecutada.

**Tabla 7:** Cotización de accesorios de riego en el proyecto rediseñado.

IT.	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. UNIT.	TOTAL
1	Cinta Exxtreme, 16mm, @20cm, 1LPH, 5 mil	metros	16,155	S/ 0.21	S/ 3,318.2
2	Manguera HDPE 110mm	metros	200	S/ 14.50	S/ 2,900.0
3	Manguera HDPE 90mm	metros	200	S/ 9.60	S/ 1,920.0
4	Unión compresión HDPE 110mm	unidad	1	S/111.51	S/ 111.5
5	Tapón compresión HDPE 110mm	unidad	1	S/126.38	S/ 126.4
6	Tapón compresión HDPE 90mm	unidad	8	S/ 54.52	S/ 436.1
7	Adaptador macho compresión HDPE 90mm x 3"	unidad	4	S/ 38.45	S/ 153.8
8	Tee compresión HDPE 90mm	unidad	4	S/ 84.37	S/ 337.5
9	Collarín sin refuerzo PP 110mm x 2"	unidad	3	S/ 20.36	S/ 61.1
10	Collarín sin refuerzo PP 110mm x 3"	unidad	4	S/ 38.94	S/ 155.8
11	Válvula esférica PVC C&A 3"	unidad	8	S/ 75.00	S/ 600.0
12	Niple PP 3"	unidad	4	S/ 11.79	S/ 47.2
13	Manguera ciega 16mm, 0.5mm	unidad	170	S/ 0.38	S/ 64.6
14	Conexión manguera-cinta 16mm	unidad	339	S/ 0.42	S/ 143.0
15	Conexión cinta-cinta 16mm	unidad	100	S/ 0.51	S/ 50.6
16	Conector inicial c. goma 16mm	unidad	339	S/ 0.62	S/ 209.8
17	Cinta teflón 50 yds x 19mm x 0.10mm, PLIMAT	unidad	3	S/ 20.51	S/ 61.5
18	Válvula aire Doble Efecto, 2"	unidad	3	S/130.10	S/ 390.3
					<b>S/11,087.4</b>

Nótese que, a comparación del diseño anterior, el presupuesto de cinta de goteo y tuberías representa poco más de 70% del total. El incremento en la participación de los accesorios dentro del presupuesto se debe a que los cálculos hidráulicos sugieren emplear tuberías de mayor diámetro para garantizar el aprovisionamiento de agua según los turnos de riego.

La inclusión de válvulas de aire en el sistema contribuye a maximizar la eficiencia en la conducción del fluido. El aire comprimido por el agua, que no puede salir dentro del sistema, llega a ocasionar roturas de tubería en caso sean de PVC, accesorios y, más importante aún, reducción de presión en los laterales.

La cinta teflón juega un papel fundamental en el sellado hermético de los accesorios usados en las conexiones, escoger una cinta más ancha y de mayor espesor, cumple con este objetivo y facilita la instalación.

Las tablas 8 y 9 permiten calcular el costo máximo semanal de la operación de riego, siendo este de S/ 149.00, resultando 54% menor que su costo equivalente en el diseño de riego anterior, incluso con un consumo de 20% más de combustible debido al incremento del diámetro de las tuberías.

**Tabla 8:** Rediseño. Resumen de la distribución del riego durante la campaña.

CONCEPTO	mín	máx
Días riego a la semana	3	4
Horas de riego	0.75	1
Turnos de riego	2	2
Consumo combustible (glns/hora)	0.6	0.6

**Tabla 9:** Rediseño. Costos diarios operativos del riego.

IT.	CONCEPTO	UND.	P.U	COSTO DÍA MÍN	COSTO DÍA MÁX
1	Gasolina 90	galones	S/ 16.50	S/ 14.85	S/ 19.80
2	Mano de obra regador	hora	S/ 7.00	S/ 13.13	S/ 17.50

Una tubería de 90 mm., como portarregante, es capaz de abastecer hasta 11 LPS, caudal que supera en creces al establecido por parcela en el diseño agronómico. En adición, la tubería matriz de 110 mm. tiene la capacidad de abastecer dos parcelas de riego en un solo turno, ahorrando así tiempo y recursos.

Respecto al problema de la inyección de fertilizantes, la opción más económica para el tamaño del predio y diseño del sistema es emplear un inyector tipo vénturi. El mecanismo de inyección no requiere más que generar una diferencia de presiones de 1 bar entre aguas arriba (tubería matriz) y aguas abajo (portarregante). Este diferencial de presión se puede obtener instalando el vénturi en by-pass entre la tubería matriz y la llave de paso hacia el portarregante (Figura 25).



**Figura 25:** Vénturi de 2", instalado en bypass.

Las ventajas de usar el vénturi es que permite la inyección localizada de la solución fertirriego, en esta oportunidad, directo de la matriz hacia los portarregantes. El tiempo de inyección se puede regular midiendo la presión antes y después del vénturi o, en términos prácticos, regulando la llave de paso que se encuentra debajo del bypass hasta obtener el tiempo deseado según la llegada de fertilizante al último lateral de riego. Una vez obtenido el tiempo deseado, se marca el grado de apertura de la llave para aplicaciones posteriores. Con estas pautas podemos incrementar la eficiencia de la fertirrigación, dejando de lado los inconvenientes técnicos descritos en el proyecto anterior.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Finalmente**, una tabla comparativa de costos para evaluar la diferencia económica entre un diseño pragmático y uno bajo asesoría técnica.

**Tabla 10:** Resumen diferencial de costos significativos entre proyectos de tecnificación del riego.

IT.	DESCRIPCIÓN	SIN ASESORÍA	CON ASESORÍA
1	Diseño y planos de instalación	S/ -	S/ 250.00
2	Mano de obra de instalación	S/ 1,575.00	S/ 1,750.00
3	Materiales	S/ 8,405.89	S/11,087.37
4	Costo de operación de riego	S/ 6,698.00	S/ 3,228.00
		<b>S/16,678.89</b>	<b>S/16,315.37</b>

Las diferencias marcadas se encuentran en los dos últimos ítems, donde la diferencia entre materiales supera los S/ 2 500.00 a favor del proyecto sin asesoría, sin embargo, el costo de operación de riego inclina la balanza en casi S/ 3 500.00 menos para el proyecto bajo asesoría técnica, cubriendo así el costo que esta supone.

De evaluar las implicancias en la producción, quedaría demostrado con creces que el proyecto bajo asesoría técnica de profesionales del sector agrario puede significar un crecimiento positivo de hasta 50% más rendimiento, al lograr un estado hídrico óptimo del cultivo durante todo su ciclo de vida.

## V. CONCLUSIONES

- El principal problema que atraviesan los agricultores del valle de Huaral que cultivan fresa bajo riego tecnificado es el deficiente diseño hidráulico de su sistema de irrigación, debido a la falta de asesoría técnica especializada, lo que les ocasiona una sobreinversión de tiempo y recursos económicos, a la vez que reduce el rendimiento esperado del cultivo bajo ese sistema de tecnificación.

Adicionalmente, la calidad de agua de avenida y el tratamiento que reciba antes de su ingreso a campo mediante los emisores de riego representa otro problema que no es contemplado por los agricultores, lo cual requiere de guía profesional, sustentada por la experticia del manejo hídrico desde el tratamiento en reservorios hasta los fertilizantes idóneos a emplear para mitigar las características químicas indeseables del agua de riego.

- La eficiencia del diseño de un sistema de irrigación para el cultivo de fresa permite que el costo relacionado a los honorarios profesionales sea cubierto en su totalidad, además de dejar un superávit en favor del agricultor.

Por lo tanto, entre mayor sea el área del predio agrícola, mayor será la diferencia en costos, eficiencia hidráulica y rendimiento del cultivo, a favor del diseño bajo tutoría técnica.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Evaluar el agua de regadío, parámetros de calidad y frecuencia de turno de riego, antes de proponer un proyecto de riego tecnificado. Este aspecto es clave ya que el cultivo puede sufrir estrés hídrico ocasionado por deficiencia de agua producto de una solución de fertirriego de mala calidad y/o el dimensionamiento del reservorio, incapaz de proveer la cantidad necesaria en el momento requerido.
- El mantenimiento del sistema de riego (limpieza de filtros y purga de tuberías) alargará el tiempo de vida de los materiales empleados en la instalación, pudiendo reutilizarse en más de una campaña. Más importante aún, sostiene la uniformidad de riego desde el gotero más cercano a la bomba hasta el lateral más distante.
- El monitoreo constante de la solución fertirriego (CE, pH y volumen) en varios puntos de muestreo garantizará una fertiirrigación óptima del cultivo y reducirá el riesgo de salinización del suelo por exceso de fertilizantes en la solución y que la planta no consume.
- Solicitar el apoyo de un ingeniero agrícola para obtener resultados óptimos en el diseño final del sistema de riego. Recordar que el diseño propuesto puede tener modificaciones menores que reduzcan los costos, sin afectar la hidráulica del sistema.
- La actualización profesional es clave en la búsqueda de soluciones técnicas para la agricultura. Implementación de tecnologías 4.0 y 5.0 en la producción de pequeños y medianos agricultores tendrá repercusiones positivas en la economía del país.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGQ Labs. (2021). *Informe de ensayo - Suelo*. CCPP Miraflores: AGQ Perú.

AgroData Perú. (Septiembre de 2021). *agodataperu.com*. Obtenido de <https://www.agodataperu.com/category/exportaciones>

AgroNegocios Perú. (9 de Octubre de 2019). *agraria.pe*. Obtenido de [agraria.pe/noticias: https://agraria.pe/noticias/peru-exportaria-entre-10-mil-a-12-mil-toneladas-de-fresas-co-19984](https://agraria.pe/noticias/peru-exportaria-entre-10-mil-a-12-mil-toneladas-de-fresas-co-19984)

Alsina Grau, L. (1984). *Cultivo de fresas y fresones*. Barcelona: Síntesis.

Álvarez Arone, J. (2 de Octubre de 2021). Precio de mano de obra en la instalación de riego tecnificado en el Perú. (R. Vergara Castro, Entrevistador)

Amézquita Álvarez, M. A. (2018). *Niveles de "bocashi" y "microorganismos eficaces" en el rendimiento de fresa (Fragaria x ananassa Duch) cv. Selva en condiciones de zonas áridas - Irrigación Majes*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

ANDINA. (31 de Diciembre de 2020). *andina.pe*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-dolar-bajo-163-2019-fortaleza-economia-local-y-mejor-panorama-externo-779997.aspx>

Andrade, C. (2019). Caracterización de predios de fresa en el distrito de Aucallama (Huaral - Perú). *BIG BANG FAUSTINIANO*, 24-27.

Apella, M. C., & Araujo, P. Z. (2005). Microbiología de agua: Conceptos básicos. En M. C. Apella, & P. Z. Araujo, *Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua* (págs. 33 - 50). Buenos Aires: Universidad Nacional de San Martín.

- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Bonet Gigante, J. (2010). *Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en *Fragaria diploide* para la mejor del cultivo de fresa*. Bellaterra, Barcelona.: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Bonifacio Vivanco, J. L. (2020). *Sistemas de riego tecnificado para la producción de forrajes*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Bühler, J. (1922). *Schriften der Heiligen Hildegard von Bingen*. Leipzig: Insel Verlag.
- Capitán Perea, M. (1997). *Estudio de la evolución del nitrógeno en el cultivo de fresón*. Sevilla: Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla.
- Chiqui Chiqui, F., & Lema Cumbe, M. (2010). *Evaluación en el rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) variedad oso grande, bajo invernadero bajo dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Darrow, G. M. (1966). *The Strawberry. History, Breeding and Physiology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- El Comercio. (3 de Febrero de 2021). SNI: el precio de los productos plásticos se elevará desde este mes tras la escasez mundial de resinas. *Diario El Comercio*.
- EUROPA PRESS. (1 de Marzo de 2011). *20minutos.es*. Obtenido de [20minutos.es/noticia/975242/0/](https://www.20minutos.es/noticia/975242/0/)
- Faci Gonzáles, J. M., & Playán Jubillar, E. (1994). *Cruso internacional de técnicas de riego y gestión del regadío. Riego por superficie*. San Fernando de Henares, Madrid: MAPA-IRYDA.
- FAO. (2006). ETC - coeficiente único del cultivo (Kc). En R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, & M. Smith, *Evapotranspiración del cultivo* (págs. 103 - 134). Roma: FAO.
- Fuentes Yagüe, J. L. (2003). *Técnicas de riego* (Cuarta ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

- García Morillo, J. (2015). *Hacia el riego de precisión en el cultivo de fresa en el entorno de Doñana*. Córdoba, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Hancock, J. F. (2014). *Plant Evolution and the Origin of Plant Species* (Tercera ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Hancock, J. F. (2020). *Strawberries* (Segunda ed.). Boston: CABI.
- Hancock, J. F., Lavin, A., & Retamales, J. B. (1999). Our Southern Strawberry Heritage: *Fragaria chiloensis* of Chile. *HortScience*(34), 814-816.
- Hidráulica Inca. (16 de Noviembre de 2014). *hidraulicainca.com*. Obtenido de <https://hidraulicainca.com/2014/11/16/uso-ancestral-del-agua-en-el-peru/>
- IICA. (2017). *Manual de buenas prácticas agrícolas y de producción para el cultivo de la fresa*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- INIA. (1999). *Elementos de riego tecnificado*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. Intihuasi: Cromograf Ltda. Recuperado el 10 de Octubre de 2021, de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/28965/NR29540.pdf?sequence=1>
- Lavin, A., & Maureira, M. (2000). La frutilla chilena de fruto blanco [*Fragaria chiloensis*]. *Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias*(39), 1-32.
- Liotta, M., Carrión, R., Ciancaglini, N., & Olgún, A. (2015). *Manual de capacitación: Riego por goteo*. San Juan, Argentina: UCAR. Unidad para el cambio Rural.
- Llanos Ortiz, R. M. (2018). *Calidad y cantidad de agua de riego en el desarrollo y rendimiento de la fresa (Fragaria x ananassa) cv. San Andreas*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- MINAGRI. (2008). *Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo*. Lima: Dirección General de Información Agraria.

- Moreno Ramón, H., & Ibañez Asensio, S. (11 de Junio de 2020). Cómo determinar la textura de un suelo al tacto. Valencia, Valencia, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/146019>
- Municipalidad Provincial de Huaral. (Septiembre de 2021). *munihuaral.gob.pe*. Obtenido de <http://munihuaral.gob.pe/Huaral/Turismo/1>
- Ñahuinlla, M. (2018). *Optimización del protocolo de micropropagación in vitro con cuatro cultivares de fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Olivera Soto, J. (2012). *Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. Huaral: Programa Nacional de Medios y Comunicación Técnica - INIA.
- Otterbacher, A., & Skirvin, R. (1978). Derivation of the binomial *Fragaria X ananassa* for the cultivated strawberry. *HortScience*, 637-639.
- Pact Perú. (2012). *Diagnóstico, diseño de la estrategia y planes de sensibilización para la formación y desarrollo de una nueva cultura del agua en el ámbito de 10 cuencas de la vertiente del Pacífico*. Huaral: ANA.
- PETROQUIM. (10 de Octubre de 2021). *petroquim.cl*. Obtenido de <http://www.petroquim.cl/que-es-el-polipropileno/>
- PIE. (24 de Setiembre de 2021). *Plastics Information Europe*. Obtenido de <https://pieweb.plasteurope.com/Default.aspx?pageid=199&docid=247936>
- Planasa. (30 de Agosto de 2021). *planasa.com*. Obtenido de [planasa.com: https://planasa.com/wp-content/uploads/2021/08/Guia-espanol.pdf](https://planasa.com/wp-content/uploads/2021/08/Guia-espanol.pdf)
- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (2015). HDPE, polietileno de alta densidad. En E. d. Diseño, *Construcción y estructura náutica* (págs. 2 - 24). Valparaíso: EAD. PUCV.
- PSI. (8 de Octubre de 2021). *psi.gob.pe*. Obtenido de [http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cguias%5Cprograma\\_de\\_riego\\_tecnificado.pdf](http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cguias%5Cprograma_de_riego_tecnificado.pdf)

- Red Agrícola. (Mayo de 2017). *redagricola.com/pe*. Obtenido de <https://www.redagricola.com/pe/la-hora-las-fresas/>
- Red Agrícola. (Abril de 2021). *redagricola.com/pe*. Obtenido de <https://www.redagricola.com/pe/la-fresa-sigue-consolidandose-en-peru/>
- REPSOL. (10 de Octubre de 2021). *repsol.com*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/quimica/productos/polipropileno/index.cshtml>
- Rey de las Moras, M. (2008). Factores que influyen en el desarrollo: el fotoperiodo. *Agricultura*, 920 - 922.
- TORO. (5 de Octubre de 2021). *toro.com*. Obtenido de <https://driptips.toro.com/wp-content/uploads/typical-drip-irrigation-system-layout-sans-header-resized-2Artboard-1.jpg>
- UNALM. (30 de Marzo de 2005). *lamolina.edu.pe*. Obtenido de [lamolina.edu.pe/siglo21/marzo/](http://www.lamolina.edu.pe/siglo21/marzo/): [http://www.lamolina.edu.pe/siglo21/marzo/fresa%20\(fragaria%20vesca\)3.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/siglo21/marzo/fresa%20(fragaria%20vesca)3.pdf)
- Undurraga Díaz, P., & Vargas Schuldes, S. (2013). *Boletín INIA N° 262*. Chillán, Chile: Instituto de Innovaciones Agropecuarias.
- University of California. (2008). *Integrated Pest Management for Strawberries* (Segunda ed.). California: UC IPM.
- Valdez, F. (2006). *Agricultura ancestral. Camellones y albarradas: Contexto social, usos y retos del pasado y del presente*. Quito: Ediciones Abya-Yala.
- Wilhelm, S., & Sagen, J. E. (1974). *A History of the Strawberry: From Ancient Gardens to Modern Markets*. Berkeley, California: University Of California.
- Zapata Sierra, A. J. (2020). *Manual práctico de sistemas de riego localizado*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

# ANEXOS

## Anexo 1: Resultado de análisis de suelo CCPP Miraflores. AGQ 2021.



### INFORME DE ENSAYO - SUELO



Nº de Referencia:	<b>S-21/029018</b>	Registrada en:	AGQ Perú		
Análisis:	S-PR-0014	Centro Análisis:	AGQ Perú		
Tipo Muestra:	SUELO AGRICOLA	Fecha/Hora Muestreo:	14/06/2021	Fecha Recepción:	16/06/2021
Lugar de Muestreo:	ALEJANDRO - MIRAFLORES	Fecha Inicio:	19/06/2021	Fecha Fin:	25/06/2021
Punto de Muestreo:	PARCELA 2	Contrato:			QMT-PE21060 0431
Muestreado por:	RICARDO VERGARA C.	Cliente 3º(^):	----		
Descripción(^):	SUELO / MIRAFLORES / PAPA	Domicilio (^):	CAL.LOS JILGEROS MZA E LOTE 21 URB. SANTA ANITA - LIMA - LIMA SANTA ANITA		
Cliente (^):	AGRO INDUSTRIA GLASO E.I.R.L.				

#### FERTILIDAD FÍSICA

* Clase Textural	Franco-Arenosa
* Arcilla	15,0 %
* Limo	15,0 %
* Arena	70,0 %

#### Riesgo de Compactación

Bajo Alto



#### FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
Materia Orgánica Oxidab	1,03	%		1,20		2,00		Combustión	PEC-013
Nitrógeno Total	536	mg/kg sms		1 000		1 500			PEC-034
Fósforo Disponible Olsen	34,2	mg/kg		20,0		40,0		Olsen	PE-2125
Caliza Activa	0,9	% CaCO3		2		4		Oxalato Amonico 0.	PEC-014
Calcio Disponible	7,06	meq/100 g		8,00		14,0		Ac NH4	PEC-009
Magnesio Disponible	0,803	meq/100 g		1,50		2,50		Ac NH4	PEC-009
Potasio Disponible	0,34	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH4	PEC-009
Sodio Disponible	0,21	meq/100 g		0,25		0,75		Ac NH4	PEC-009
pH (Extracto 1/1)	8,24	Unidades de pH						Extrac 1/1	PEC-001
Cond. Eléctrica (Ext 1/1)	398	µS/cm a 20 °C						Extrac 1/1	PEC-002
Suma de Bases Disponibl	8,41	meq/100 g							PEC-020

Continúa...

## ...Continuación Anexo 1

### MICROELEMENTOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
Boro	1,00	mg/kg		0,60		1,00		Extrac Acuosa	PE-2126
Hierro (DTPA)	5,09	mg/kg		4,00		10,0		DTPA	PEC-009
Manganeso (DTPA)	2,55	mg/kg		1,00		5,00		DTPA	PEC-009
Cobre (DTPA)	1	mg/kg		0,4		1		DTPA	PEC-009
Zinc (DTPA)	1,78	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	7,03	meq/100 g		8,00		14,0		Ac NH4	PEC-009
Magnesio de Cambio	0,67	meq/100 g		1,50		2,50		Ac NH4	PEC-009
Potasio Cambio	0,24	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH4	PEC-009
Sodio Cambio	< 0,05	meq/100 g		0,25		0,50		Ac NH4	PEC-009
Aluminio de Cambio	< 0,01	meq/100 g		0,50		1,0		Ac NH4	PEC-009
CIC Efectiva	8	meq/100 g		5		10			PEC-019
Bases de Cambio	7,93	meq/100 g						Ac NH4	PEC-009

### RELACIONES DE INTERÉS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
Relación C/N	11,2			10,0		15,0			PEC-041
Relación (Ca+Mg) / K Disponible	22,9								PEC-041
Relación Ca/Mg Disponible	8,78								PEC-041
Relación Mg/K Disponible	2,34								PEC-041

### RELACIONES CATIÓNICAS

#### % Cationes Disponibles

● Ca Disp.(65%/84%) ● Mg D(25%/10%) ● K D(10%/4%) ● Na D(0%/2%)



#### % Cationes de Cambio

● Ca(77%/88%) ● Mg C(15%/8%) ● K C(5%/3%) ● Na C(3%/1%)



#### 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 las 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 Legislado.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-502 emitida por IAS.

#### OBSERVACIONES (\*):

Los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

FECHA EMISIÓN: 25/06/2021

Leandro Crivillero Amancio

**Anexo 2:** Instalación de "bigotes" para conectar laterales dentro de casa malla.



**Anexo 3:** Equipo de instalación capacitado. Parque Zonal San Pedro - Ancón.



## **PROBLEMÁTICAS Y DESAFÍOS**

La “experiencia laboral” es el conjunto de aptitudes y conocimientos adquiridos desde el momento en que desempeñamos funciones o cumplimos tareas con objetivos específicos pudiendo ser, o no, remunerada. No existe límite inferior o superior en el tiempo de vida de una persona para seguir acumulando dicha experiencia.

En este contexto, entiéndase “experiencia profesional” como el aprendizaje y las vivencias transcurridas dentro de la “experiencia laboral” de una persona desempeñando una profesión, que le concederá las habilidades necesarias para resolver problemas relativos a su especialidad.

### **Hidráulica y fertirriego**

Si hay una necesidad en creciente demanda ocasionada por la escasez del agua, recurso primario en la agricultura, es la tecnificación del riego. Para la formación de un agrónomo, es realmente un gran reto estar en la línea media de mando en el área de fertirriego de una empresa transnacional de producción de semillas, con altos estándares de calidad y límite de tiempos que exigen soluciones inmediatas a problemas de fertirrigación que van desde desequilibrio nutricional en plantas hasta refacciones y soluciones estructurales del sistema de riego (Figura 26).

No está demás incluir en la formación académica de “mecanización agrícola” un capítulo acerca de sistemas de bombeo y en “fundamentos de riego”, la estructura básica y funcional de un sistema de riego tecnificado, acortando la brecha existente entre la universidad y el campo de acción.



**Figura 26:** Filtros de retrolavado en un cabezal de riego.

### **Administración de campo**

Encabezar la producción agrícola orgánica de un fundo de agroexportación es otro un gran desafío. La base académica es fundamental para resolver problemas relacionados con la nutrición y fitosanidad por el camino no convencional, de la mano con los principios que mantienen el equilibrio en el ecosistema.

En el otro extremo, se debe tener en cuenta la importancia del “núcleo de operaciones” para alcanzar los objetivos propuestos en una campaña y ser agradecidos con ellos, escucharlos y atender sus inquietudes con la misma o mayor atención que al cultivo. Entender que ocupar el “ápice estratégico” de la pirámide comprende derechos y deberes, el derecho de autoridad y el deber de ganarse el respeto y cuidar de la estabilidad laboral de todos y cada uno de los miembros de la familia proletaria y directiva en la compañía.

El temor a equivocarse en el planteamiento de la estrategia a seguir es grande, ya que la continuidad del proyecto depende de una sola cosecha, una inversión que aguarda un ciclo de 12 meses (Figura 27).



**Figura 27:** Fundo de cítricos orgánicos para exportación.

### **Extensión agraria**

La Universidad Nacional Agraria La Molina, inculca en sus alumnos la motivación trascendente de extender vuestra experiencia y tecnología a los pequeños y medianos agricultores (Figura 28).

El reto en esta faceta es recuperar la confianza perdida del agricultor hacia los profesionales de la agricultura, debido a que gran parte de estos han perdido el equilibrio entre la producción agrícola y el rubro comercial. Los agricultores del valle de Huaral ven a un agrónomo como RTC, Representante Técnico Comercial, sin embargo, la misma sigla podría significar: Representante Técnico del Conocimiento y cambiar el duro panorama agrícola que rige al país y pone en riesgo el abastecimiento de los mercados.

Cada vez los predios agrícolas se venden a medianas y grandes inmobiliarias debido a que la agricultura está dejando de ser un negocio. En ese contexto, hay prisa por salvar la actividad económica que emplea más mano de obra que ninguna otra en el valle de Huaral.



**Figura 28:** Día de capacitación con agricultores del CCPP Palpa, Aucallama.