

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“DESARROLLO AGRÍCOLA DE LA IRRIGACIÓN  
CHAVIMOCHIC”**

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

**NEL SIS MIGUEL MATICORENA BRITO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

# DESARROLLO AGRÍCOLA DE LA IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC

## ORIGINALITY REPORT

<b>5%</b>	<b>4%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.lamolina.edu.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>3</b>	<b>www.mef.gob.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>cdn.www.gob.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>www.ana.gob.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.canariasunica.es</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.ana.gob.pe</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>jalayo.blogspot.com</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“DESARROLLO AGRÍCOLA DE LA IRRIGACIÓN  
CHAVIMOCHIC”**

**NELNIS MIGUEL MATICORENA BRITO**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

---

Ph. D. Walter Eduardo Apaza Tapia  
**PRESIDENTE**

---

Ing. M.S. Andrés Virgilio Casas Díaz  
**ASESOR**

---

Ph. D. Jorge Ramón Castillo Valiente  
**MIEMBRO**

---

Ing. Mg. Sc. Isabel Maximiliano Montes Yarasca  
**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A Jesucristo nuestro señor, que guía y protege mis pasos.

A mi esposa Eliana, con quien camino este maravilloso viaje que es la vida y hemos construido una familia. Gracias por todo tu amor y ejemplo.

A la memoria de mis abuelos Alejandro y Margarita, por quienes descubrí el amor por la tierra y la agricultura.

A mis padres Elvira y Miguel, que dieron todo de sí para poder educarme.

A mis hijos Miguel, Alejandro, Micaela e Isabella, mis más preciados tesoros en este mundo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi hijo, Ing. Miguel Francisco Maticorena Quispe, quien me reto a culminar con mi titulación y su apoyo incondicional para lograrlo.

A mi patrocinador Ing. M. S. Andrés Casas por su asesoramiento y precisos consejos durante la ejecución del presente trabajo.

A mi jurado, PhD. Walter Apaza, PhD. Jorge Castillo, e Ing. Mg. Sc. Isabel Maximiliano Montes Yarasca, por sus aportes en la redacción y sustentación del presente trabajo.

A los diferentes consejos directivos de la Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao (JURP), quienes confiaron en mi persona para la gestión institucional desde su creación.

Al Sr. Marco Aurelio Peschiera Alfaro, ex presidente de la Asociación de Agricultores Propietarios de Tierras de Chavimochic (APTCH) quien me enseñó con su ejemplo la integridad profesional y la fortaleza de la asociatividad para el desarrollo de la irrigación Chavimochic.

Al Ing. Felipe Alejandro Venegas Catter, ex presidente de la JURP, por su liderazgo y apoyo decidido en la defensa de los intereses institucionales.

Al equipo técnico de la JURP, con quienes construimos un referente para el desarrollo agrícola nacional. Mención especial a la Biol. Teresa Rosales Sánchez, Biol. Elías Gonzales López, e Ing. Alexander Aguilar Angulo, quienes personalmente me apoyaron en la redacción del presente trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.	PROBLEMÁTICA.....	1
1.2.	OBJETIVOS .....	2
2.1.1	Objetivos principales .....	2
2.1.2	Objetivos secundarios.....	2
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1.	CONCEPTOS .....	3
2.1.1	Variables de calidad de agua para riego tecnificado .....	3
2.1.2	Tratamiento de aguas.....	9
2.1.3	Gestión integral del agua (GIRH).....	17
2.1.4	Asociatividad en la agricultura peruana .....	24
2.1.5	Extensión agrícola en el Perú .....	25
2.1.6	Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas en el Perú.....	27
2.2.	INSTITUCIONAL .....	28
2.2.1	Proyecto Especial Chavimochic .....	28
2.2.2	Asociación de Propietarios de Terrenos de Chavimochic .....	33
2.2.3	Comisión de Regantes de Riego Presurizado .....	34
2.2.4	Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao .....	34
<b>III.</b>	<b>DESARROLLO DEL TRABAJO .....</b>	<b>38</b>
3.1.	CONCLUSIÓN DEL PROBLEMA DE LA CALIDAD FÍSICA DEL AGUA DE RIEGO .....	38
3.2.	LA ASOCIATIVIDAD COMO ELEMENTO CLAVE PARA LA SOLUCIÓN A LA CRISIS FITOSANITARIA DE 2001 – 2002 EN LA IRRIGACIÓN.....	58
3.3.	EL PAPEL DE LA JURP EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS ...	67
3.4.	LA GESTIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DE MÓDULOS DE RIEGO Y ESTABLECIMIENTO DEL COSTO DEL AGUA .....	78
3.5.	LA JURP COMO AGENTE DE CAPACITACIÓN, ASESORÍA Y EXTENSIÓN .....	82
3.5.1	Jornadas y cursos periódicos de capacitación.....	83

3.5.2	Conferencias y cursos institucionales.....	83
3.5.3	Publicaciones especializadas .....	88
3.5.4	Extensión agrícola al área de influencia de la irrigación.....	90
3.6.	LOS RETOS FUTUROS PARA LA IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC Y SUS POSIBLES SOLUCIONES .....	91
3.6.1	Impulsar la culminación de la Presa Palo Redondo y la tercera etapa .....	91
3.6.2	Desarrollar un Plan de Cosecha de Agua en las cuencas altas de los ríos Santa, Chao, Viru, Moche y Chicama .....	92
3.6.3	Consolidar la Junta Regional de La Libertad .....	92
3.6.4	Búsqueda de fuentes complementarias de agua para las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic .....	93
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>96</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>118</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de la calidad de agua de riego que predisponen a la obstrucción en los goteros. ....	3
Tabla 2: Velocidades de sedimentación en agua para partículas de diferente diámetro. ....	11
Tabla 3: Subastas públicas de tierras del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, 1994 – 2008. ....	30
Tabla 4: Áreas totales en el ámbito del proyecto Chavimochic. ....	31
Tabla 5: Test de jarras N.º 01-23, realizado el 02/02/2023. ....	50
Tabla 6: Lista de productos utilizados para tratamiento primario (floculación/coagulación) durante el periodo 2017 - 2023. ....	51
Tabla 7: Análisis granulométrico por sedimentación (ASTM- D422) del agua post desarenado, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad Nacional de Ingeniería, 2006. ....	52
Tabla 8: Dosis recomendadas de floculante aniónico para obtener una turbidez de 60 NTU. ....	56
Tabla 9: Dosis recomendadas de sulfato férrico para obtener una turbidez de 40 - 60 NTU. ....	58
Tabla 10: Clasificación de zonas agroecológicas de la irrigación CHAVIMOCHIC. ....	67
Tabla 11: Consumo por cultivo principal, huella hídrica, y consumo total en toda la irrigación por cada. ....	71
Tabla 12: Reservorios instalados por la JURP por sector. ....	78
Tabla 13: Tarifa TUIHMA consensuada (en USD/m <sup>3</sup> ) según adendas a los contratos de compra venta de las tierras nuevas de la irrigación Chavimochic. ....	82
Tabla 14: Valores de turbidez (NTU) promedio del río Santa, periodo 1999 al 2023. Estación Condorcero. ....	118
Tabla 15: Caudal promedio del río Santa, periodo 1956 al 2018, estación Condorcero..	119

Tabla 16: Evapotranspiración potencial (Eto) mensual (mm/mes), estación San Carlos (valle Chao). .....	120
Tabla 17: Evapotranspiración potencial (Eto) mensual (mm/mes), estación San José (valle Virú). .....	121
Tabla 18: Evapotranspiración potencial (Eto) mensual (mm/mes), estación Moche (valle Moche).....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diferencia entre los conceptos de <i>turbidez</i> (“turbidity) y <i>sólidos solubles</i> (TSS). 6	6
Figura 2: Suspensiones con valores de 5, 55, y 515 NTU..... 6	6
Figura 3: Funcionamiento general de un turbidímetro. .... 7	7
Figura 4: Proceso de tratamiento primario: coagulación y floculación..... 10	10
Figura 5: Equipo para prueba de jarras..... 14	14
Figura 6: Floculadores del tipo hidráulico y tipo mecánico. .... 15	15
Figura 7: Sedimentador tipo laminar. .... 16	16
Figura 8: Diagrama del marco general de la GIRH..... 18	18
Figura 9: Ámbitos territoriales de las AAA y las ALA..... 19	19
Figura 10: Cuenca del Río Santa y las demás cuencas del sistema administrado por la Autoridad Administrativa del Agua de Huarney – Chicama..... 22	22
Figura 11: Disponibilidad hídrica en los meses de estiaje en el río Santa..... 23	23
Figura 12: Agua del río Santa discurre por primera vez por el canal madre, el 20 de julio de 1990. .... 29	29
Figura 13: Etapas del Proyecto Especial Chavimochic. .... 31	31
Figura 14: Plano de los 5 sectores hidráulicos de la irrigación, administrados por la JURP. Se pueden apreciar la vía Panamericana, los valles de Chao, Virú y Moche, y en la esquina superior izquierda, la ciudad de Trujillo. .... 35	35
Figura 15: Organigrama actualizado de la JURP. .... 36	36
Figura 16: Desarenador principal del Proyecto Especial Chavimochic (izquierda) y del Sector IV Parcelación Pur Pur (derecha). .... 39	39
Figura 17: Valores promedio mensuales de SS en ppm, años 1999 – 2008..... 39	39
Figura 18: Valores promedio mensuales de SS en ppm, años 2009 – 2023 (abril)..... 41	41

Figura 19: Canal Madre lleno de lodos. Obsérvese (derecha) en montículo de sedimentos que se han acumulado en el lado interior de la curva, a modo de una “orilla”, lo que reduce la capacidad del canal. ....	42
Figura 20: Sedimentador colapsado por exceso de SS. El lodo resultante forma capas que requieren ser eliminadas. ....	42
Figura 21: Desarenador colapsado por exceso de SS, de manera similar a la anterior Figura.....	43
Figura 22: Colapso de una válvula hidráulica de un sistema de riego por exceso de SS. Se abrió la brida para la limpieza del sistema. ....	43
Figura 23: Taponamiento de goteros por exceso de SS. Se muestra el detalle del colapso del “serpentin” del gotero. Además, se muestra la notable diferencia entre las emisiones de cada gotero, causada por lo anterior mencionado.....	44
Figura 24: Síntoma de presencia de nematodos en campos de caña de azúcar sembrados sobre suelos vírgenes en la irrigación Chavimochic. ....	45
Figura 25: Correlación entre turbidez medida (NTU) y sólidos suspendidos (ppm) en el agua del Canal Madre.....	46
Figura 26: Descargas promedio diarias de caudales del río Santa (estación Condorcerro), del 2012 al 2023 (julio). ....	48
Figura 27: Pruebas de jarras para determinar dosis óptimas de agentes coagulantes y floculantes.....	50
Figura 28: Prueba de jarras elaborado por el laboratorio de la JURP. ....	50
Figura 29: Test de jarras N.º 01-23, realizado el 02/02/2023.....	51
Figura 30: Estructuras principales del sistema de tratamiento de aguas. ....	54
Figura 31: Toma flotante en proceso de instalación.....	54
Figura 32: Sistema de dosificación.....	55
Figura 33: Evolución de áreas productivas de la irrigación Chavimochic por cultivo. ....	60
Figura 34: Organización del programa de Manejo Integrado de Cultivos. ....	63

Figura 35: Área bajo riego y consumo hídrico totales de la irrigación, 2004 – 2023. ....	69
Figura 36: Consumo hídrico histórico por área (m <sup>3</sup> /ha) de las áreas irrigadas, 2004 – 2022. ....	69
Figura 37: Calicata para la observación de la zona radicular del espárrago durante visita técnica del Dr. Albert Avidan.....	72
Figura 38: Monitoreo de la calidad de cursos de agua en la cuenca alta.....	74
Figura 39: Siembra de queñuales producidos en el vivero implementado.....	75
Figura 40: Producción de clavel con germoplasma importado. ....	76
Figura 41: Producción local de arándano con apoyo institucional.....	76
Figura 42: Donación de geomembrana para construcción de reservorios.....	77
Figura 43: Visita de campo de los asesores Dr. Jorge Castillo y Dr. Walter Apaza. ....	84
Figura 44: Taller de capacitación especializado a cargo del Dr. Jorge Castillo.....	85
Figura 45: Programa del I Curso de Manejo Integrado de Mosca Blanca y Prodiplosis en 2001. ....	86
Figura 46: Afiche publicitario del XXI Curso de Manejo Integrado de Plagas en la Irrigación Chavimochic. ....	87
Figura 47: Manual de Malezas. ....	88
Figura 48: Portadas de la revista Arenagro: N ° 1 (2005) y N ° 20 (2019).....	89
Figura 49: Primera edición del Boletín Técnico de la JURP.....	90
Figura 50: Acuerdo conciliatorio entre el Gobierno Regional de La Libertad y la JURP acerca de la tarifa TUIHMA.....	125
Figura 51: Modelo de contrato de compraventa para terrenos nuevos de la irrigación Chavimochic.....	129

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Turbidez promedio del río Santa, 1999 – 2023 .....	118
Anexo 2: Caudal promedio del río Santa, 1956 – 2018.....	119
Anexo 3: Evapotranspiración potencial mensual por estación de monitoreo.....	120
Anexo 4: Acuerdo conciliatorio entre el Gobierno Regional y la JURP.....	122
Anexo 5: Modelo de contrato de compraventa para terrenos nuevos de la irrigación Chavimochic.....	126

## RESUMEN

La irrigación Chavimochic se compone de terrenos agrícolas de los valles e intervalles de Chao, Virú y Moche. De estas áreas, 48 000 ha son terrenos de valle tradicionales a las que se le mejoró la infraestructura hidráulica para compensar el estrés hídrico; y 44 000 ha son terrenos eriazos recién incorporados a la frontera agrícola en los últimos 25 años. Es en estos terrenos donde se desarrolla una intensa actividad agrícola de alta tecnificación, con cultivos como el espárrago (*Asparagus officinalis* L.), palto (*Persea americana* Mill.), arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), diversas especies de *Capsicum*, entre otros, generando exportaciones superiores a USD 1300 millones anuales. A lo largo de su existencia, se han sucedido numerosos retos y oportunidades de mejora. Entre ellos, se encuentran el mejoramiento de la calidad física del agua para riego, el adecuado manejo fitosanitario de los cultivos, la gestión idónea de los recursos hídricos, el establecimiento y defensa de una tarifa del agua justa y un módulo de riego técnicamente viable, y la entrega de capacitación y extensión agrícola a los usuarios y a la comunidad que se encuentra bajo el ámbito del proyecto. En el presente trabajo, se describirán los retos mencionados durante los años de labores del autor, y se propondrá alternativas de mejora para los desafíos venideros.

**Palabras clave:** irrigación, Chavimochic, calidad de agua, manejo fitosanitario, gestión de recursos hídricos, módulo de riego, extensión agrícola.

## **ABSTRACT**

The Chavimochic irrigation project covers 48 000 ha of improved traditional farmlands of the Chao, Viru, and Moche valleys, and 44 000 ha of the desertic lands between these valleys, which are been recently irrigated in the last 25 years to make them productive. In these lands, there has been a hi-tech intensive agriculture, with some specialized crops, f. e. asparagus (*Asparagus officinalis* L), avocado (*Persea americana* Mill.), blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.), *Capsicum* species and others. This activity has generated more than USD 1.3 billion. There have been several challenges since the beginning of this irrigation project. To exemplify, the improvement of the physical quality of water for irrigation, the attainment of proper plant protection practices, the enhancement of water management and the fulfillment of a fair water cost and accurate water allocation, and the procurement of a capacitation and extension program for the concerning community on the realm of this project. This document will describe these aforementioned challenges during the author's working days, and will propose some alternatives to solve the oncoming ones.

**Keywords:** irrigation, water quality, plant protection, water management, water allocation, agricultural extension.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La irrigación Chavimochic constituye un hito en el desarrollo de la agricultura y agroexportación peruana. Esta irrigación inició actividades en el marco de un cambio en el modelo de privatización de tierras por parte del estado peruano, a inicios de la década de los noventa del siglo pasado: previamente, la mayoría de las irrigaciones propiciaban las áreas agrícolas menores de 50 ha que limitaban su uso para la gran agricultura.

### **1.1. PROBLEMÁTICA**

Las condiciones agroecológicas y la infraestructura hidráulica presentes en las denominadas *nuevas áreas* de la irrigación Chavimochic presentaron una serie de nuevos retos a superar para los ingenieros agrónomos que tuvieron la responsabilidad de sacar adelante las plantaciones. Desde la extremadamente alta turbidez del agua para riego y la gran crisis sanitaria de 2001 – 2002; pasando por la gran polarización inicial entre las organizaciones de usuarios de agua de los pequeños agricultores de los valles y las grandes empresas agroindustriales; las tensiones entre Chavimochic y Chinecas, los dos grandes proyectos hidráulicos que se abastecen del agua del río Santa; hasta los cambios en las políticas estatales para la culminación de la infraestructura hidráulica que garantice el abastecimiento de agua a lo largo del año, para afrontar los periodos de estiaje. El resultado actual de haber logrado incorporar a la agricultura nacional más de 25 mil hectáreas de cultivos con un gran nivel de tecnificación no solo a nivel nacional sino internacional es fruto de haber superado con éxito los retos descritos anteriormente.

No obstante, queda encontrar soluciones creativas a los retos de los siguientes años. Temas como el calentamiento global y cambio climático, nuevos estándares de calidad para acceder y permanecer en los mercados internacionales, y buscar la rentabilidad de la pequeña agricultura asentada en los valles tradicionales de Chao, Virú, Moche y Chicama; se constituyen en tareas ineludibles para las nuevas generaciones de ingenieros agrónomos y demás profesionales que forman parte de los equipos de trabajo de las empresas agrícolas, agroindustriales, organizaciones de usuarios e instituciones estatales como el Proyecto

Especial Chavimochic (PECH), Gobierno Regional de La Libertad (GRLL), Autoridad Nacional del Agua (ANA), MIDAGRI, etc.

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional desarrolla los aportes realizados por el autor dentro de la actual Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao (JURP) en el desarrollo agrícola de la Irrigación Chavimochic.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivos principales**

Detallar los principales retos presentados en el periodo laboral en la gestión de recurso hídrico de la irrigación Chavimochic y las soluciones gestadas por el equipo de trabajo.

### **1.2.2 Objetivos secundarios**

- Reseñar la conclusión al problema de la calidad física del agua de riego.
- Vincular la asociatividad como elemento clave para la solución a la gran crisis fitosanitaria de 2001 – 2002 en la irrigación.
- Analizar el papel de la JURP en la gestión integral y transversal del recurso hídrico.
- Sustentar la modificación de la licencia de módulos (m<sup>3</sup>/ha/año) y el impulso a la tercera etapa del proyecto realizado durante la gestión.
- Detallar el rol de la JURP en la extensión y capacitación a los actores en el ecosistema del manejo agrícola de los cultivos y el manejo del recurso hídrico en la irrigación.
- Plantear los retos para la irrigación Chavimochic en los años venideros, y sus posibles soluciones.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. CONCEPTOS

#### 2.1.1 Variables de calidad de agua para riego tecnificado

La calidad del agua se refiere al conjunto de sus características, tanto físicas, como químicas y biológicas. La evaluación de la calidad del agua es de los aspectos más fundamentales al momento de analizar el potencial agrícola de un predio. La calidad del agua, además, se refiere a que las propiedades de la misma coinciden con las necesidades del usuario (Ayers y Westcot, 1994).

Según Arshad y Shakoor (2017), las variables más importantes para analizar para el agua para riego son la Conductividad Eléctrica (CE), el Carbonato de Sodio Residual, la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y el Total de Sólidos Disueltos (TSD). Para complementar el análisis, se considera el pH, el Total de Sólidos (TS) y el Total de Sólidos Suspendidos (TSS), la Turbidez, el Color, Olor y Sabor, y la presencia de Cationes ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) y Aniones ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) determinados. En la Tabla 1, se muestra los valores de riesgo bajo, medio y alto de diversas variables de la calidad de agua para riego (Nakayama y Bucks, 1991).

**Tabla 1: Factores de la calidad de agua de riego que predisponen a la obstrucción en los goteros.**

Factores de obstrucción		Rango de riesgo		
		Menor	Moderado	Severo
<b>Físicos</b>	Sólidos suspendidos (mg/l)	< 50	50 - 100	> 100
	pH	< 7.0	7.0 - 8.0	> 8.0
	Sólidos disueltos (mg/l)	< 500	500 - 2000	> 2000
<b>Químicos</b>	Manganeso (mg/l)	< 0.1	0.1 - 1.5	> 1.5
	Hierro (mg/l)	< 0.2	0.2 - 1.5	> 1.5
	Sulfuro de Hidrógeno (mg/l)	< 0.2	0.2 - 2.0	> 2.0
<b>Biológicos</b>	Cantidad de bacterias	< 10000	10000 - 50000	> 50000

**Fuente:** Nakayama y Bucks (1991).

Los principales problemas relacionados con una baja calidad de agua son 1) Alta salinidad, 2) Baja tasa de infiltración, 3) Toxicidad asociada a iones específicos, y 4) Problemas misceláneos. En el último, se incluye los problemas causados por obstrucción y daño a los componentes del sistema de riego (Ayers y Westcot, 1994). En el presente trabajo, nos centraremos en este aspecto, sobre todo relacionados con los sólidos en suspensión, ya que es uno de los más grandes retos afrontados en la irrigación.

#### **a. Sólidos totales (TS)**

Los *sólidos totales* (ST) representan toda la fracción sólida del agua de riego, que queda como residuo al evaporar una muestra de agua. Es la suma de los sólidos solubles o disueltos, y los sólidos en suspensión, y se mide como la relación entre masa de sólidos y volumen de agua, generalmente expresados en miligramos por litro (mg/L) (American Public Health Association et al., 1999). Para aguas superficiales, los ST pueden provenir de diversas fuentes, tanto naturales (material de suelo erosionado, afluentes naturales, fuente animal), como humanas (desagües, descargas industriales, drenaje agrícola, etc.). Esta medida ayuda en general a detectar bajos caudales, descargas inusuales o retornos de flujo (Cude, 2001).

#### **b. Sólidos disueltos totales (SD)**

Los *sólidos disueltos* (SD) son todos los sólidos (expresados en mg/L) en el agua con un diámetro menor a 2.0 micras ( $\mu\text{m}$ ) (American Public Health Association et al., 1999), que expresa la *salinidad* del agua, y contiene a los cationes y aniones disueltos. Este concepto está estrechamente relacionado con la conductividad eléctrica, expresada por la relación:

$$TSD \text{ (mg/L)} = CE \text{ (dS/m)} \times K$$

Generalmente, se considera el valor de K como 640 (para un rango entre 0.5 a 5.0 dS/m), sin embargo, este valor se puede considerar como 735 para aguas mezcladas, o 800 para aguas con una conductividad mayor a 5 dS/m (Arshad y Shakoor, 2017). Para efectos de agua potable, un límite de 500 mg/l es lo recomendable para asegurar una buena palatabilidad (American Public Health Association et al., 1999).

#### **c. Sólidos suspendidos totales (SS)**

Los *sólidos suspendidos o en suspensión* (SS) incluye a todos los sólidos con un diámetro mayor a las 2 micras ( $\mu\text{m}$ ), y también se mide en unidades de masa por volumen (mg/L). En la suma, se incluyen tanto la fracción orgánica como inorgánica. La fracción *inorgánica*

suele ser la predominante, e incluye arena, limo y arcilla; mientras que la *orgánica* incluyen plancton, algas, bacterias, restos de materia orgánica, entre otros (Kentucky Water Watch, n. d.).

Los SS se clasifican en función de su capacidad de sedimentación en cuerpos de agua en reposo. Aquellas que sedimentan en un periodo máximo de 15 minutos se consideran *sólidos sedimentables*, conformados por la materia suficientemente pesada para sedimentarse (generalmente arena y limos, ocasionalmente partículas de arcilla), y se acumulan en el fondo del cuerpo de agua o son arrastrados por la corriente. Por otro lado, los *sólidos no sedimentables o coloidales* no sedimentan bajo dichas condiciones (Mountain Empire Community College, n.d.).

Para medir los SS de una muestra, se deben separar del resto de sólidos empleando un filtro estándar y desecando lo obtenido a una temperatura entre 103 a 105°C (American Public Health Association et al., 1999). Sin embargo, a diferencia de la medida de los SD (y su relación con la salinidad), este proceso se considera como tedioso y poco práctico, debido al tiempo requerido, la necesidad de llevar las muestras al laboratorio, y la precisión requeridos para realizar mediciones correctas. Por ello, se puede *estimar* los SS mediante la medición de la turbidez del agua, que se realiza con equipos *in situ* (Fondriest Environmental, Inc., 2014, Thackston y Palermo, 2000; University of Wisconsin-Madison, 2023).

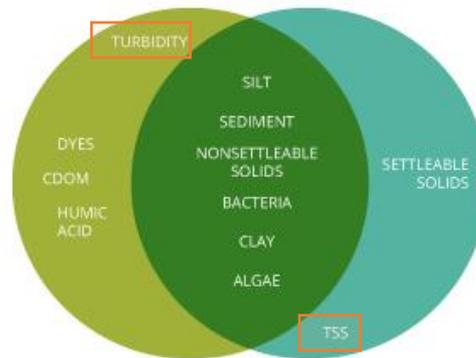
La medición de la concentración de SS es de vital importancia para la agricultura, sobre todo para el riego. No obstante, el límite es diferente para cada tipo de riego. Para efectos de riego por gravedad, la concentración máxima recomendada de SS está en función al drenaje del suelo a regar, pero se recomienda como máximo 2000 ppm (Bendezú Medina et al., 2002). Para sistemas de riego por goteo, el valor de los SS no debería superar los 100 ppm, pero siempre es mejor que se encuentren por debajo de los 50 ppm (Nakayama y Bucks, 1991; Netafim USA, 2014).

#### **d. Turbidez**

La *turbidez* es una medida óptica de la claridad del agua, es decir, la cantidad de luz dispersa en el cuerpo del agua. El agua es *turbia* cuando luce opaca, barrosa, terrosa, sucia, oscuro o con otra tonalidad (Fondriest Env., Inc., 2014).

A medida que aumenta la cantidad de partículas en el agua, aumenta la dispersión de la luz (Efecto Tyndall), por ello, existe una estrecha relación entre la turbidez y la cantidad de SS.

Sin embargo, la turbidez no puede ser usada como una medida “directa” de la cantidad de SS, pero si para explicar su variación; por ejemplo, cuando aumenten los SS, aumentará la turbidez, y viceversa. Esta diferencia radica en que la turbidez también puede provenir de los SD que tienen la capacidad de “teñir” el agua, como la materia orgánica colorida disuelta o *mancha húmica*, término que se refiere al característico color oscuro originado por los taninos liberados en la descomposición de órganos vegetales (Anderson, 2005) (Figura 1).



**Figura 1: Diferencia entre los conceptos de turbidez (“turbidity”) y sólidos solubles (TSS).**

**Fuente:** Fondriest Environmental, Inc., 2014

- **Medición**

La turbidez se mide principalmente en NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*, en español Unidad Nefelométrica de Turbidez) Estas unidades estandarizadas adimensionales miden el grado o intensidad en que la luz se dispersa a través de un líquido o gas, al utilizar una fuente de luz blanca de 400 a 680 nm de longitud de onda, y un detector ubicado a 90°. Las NTU son promovidas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (NERC Environmental Data Service, 2018). Es la unidad de mayor uso en nuestro medio. En la Figura 2 se puede observar suspensiones con valores conocidos de turbidez en NTU.

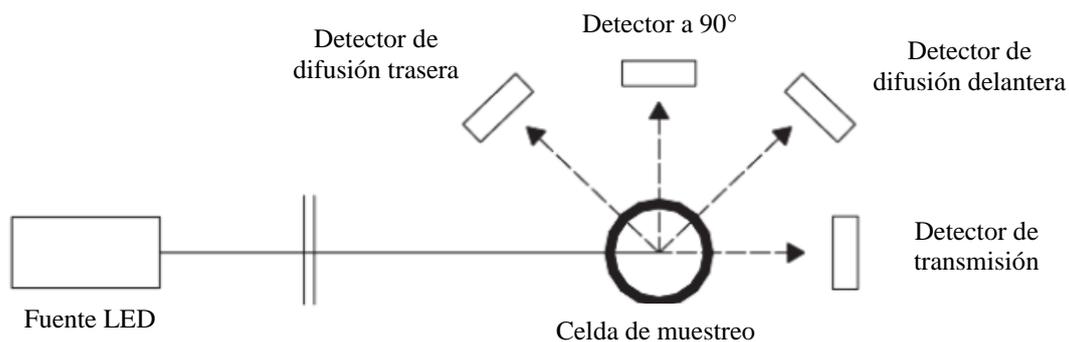


**Figura 2: Suspensiones con valores de 5, 55, y 515 NTU.**

**Fuente:** USGS (2022).

El FNU (*Formazin Nephelometric Unit*) es otra unidad utilizada, se diferencia en que esta utiliza una fuente infrarroja (780- 900 nm), lo que “compensa” el efecto del color de la solución (p. ej., de la mancha húmica), por ello, ambas unidades no son comparables (USGS, 2022). Los NTU y los FNU se calibran mediante una suspensión de *formazina*, polímero formado de la reacción de sulfato de hidracina y hexamina, método desarrollado por Kingsbury y Clark en 1926 (Sadar, 1998). Una suspensión formada de 1.25 mg/L de hidracina y 12.5 mg/L de hexamina arroja una turbidez de 1 NTU. Una suspensión estándar muy común es la de 4000 NTU (Tölgyessy, 1993). Estas unidades son utilizadas por el ISO 7027 (protocolo europeo sobre el agua potable) (Anderson, 2005).

El instrumento para la medición de la turbidez en agua se denomina *turbidímetro*, cuyo funcionamiento general se describe en la Figura 3(Pavanelli y Bigi, 2005). Existen diversos equipos, calibrados y diseñados en función al rango de valores de turbidez y la unidad en la que se van a medir principalmente (Anderson, 2005).



**Figura 3: Funcionamiento general de un turbidímetro.**

**Fuente:** Adaptado de Pavanelli y Bigi (2005).

- **Relación con los sólidos en suspensión**

No existe una conversión universal de valores de turbidez (NTU) a SS (mg/L). Para relacionarlos, se debe realizar una correlación entre ambas variables mediante el análisis de una gran cantidad de muestras. Esta relación por lo general es lineal, y los coeficientes de correlación ( $r^2$ ) suelen ser altos. Estos valores pueden ser más altos aún en muestras de colecta más antigua. (Pavanelli y Bigi, 2005).

Además, se ha comprobado que el tamaño de la partícula afecta la medida de la turbidez: las partículas más finas dispersan mejor la luz de onda corta, y de manera más uniforme, mientras que partículas más grandes tienden a dispersar la luz más hacia delante. Debido a

ello, suspensiones con una cantidad de SS igual (mg/l) no necesariamente tienen una misma turbidez (Sadar, 1998).

Otro factor a tener en cuenta en la correlación, es la ubicación de los sensores en el curso del agua. Esto puede afectar el valor estimado de SS dado un valor de turbidez. Por último, la correlación entre turbidez y SS varía cuando los valores de NTU son mucho más altos (por sobre 50 mg/L de SS), y la curva se describe mejor mediante el uso de modelos exponenciales (Thackston y Palermo, 2000).

#### **e. Importancia del estudio de los sólidos suspendidos y la turbidez**

La alteración en los valores de SS puede conllevar a alteraciones físicas, químicas y biológicas al cuerpo de agua: por ello, el monitoreo de los SS y la turbidez es de suma importancia para diversas actividades (Bilotta y Brazier, 2008). La elevada concentración de SS está relacionada con los siguientes aspectos:

- **Biológicos**

El exceso de SS reduce la tasa fotosintética de las plantas y otros organismos al reducir la claridad del agua, lo que conlleva a una reducción del oxígeno disuelto y aumentar la temperatura, por ende, la reducción de la actividad biológica de todo el cuerpo de agua (University of Wisconsin-Madison, 2023). Esto es especialmente nocivo para cuerpos de aguas naturales y ecosistemas acuáticos, como lagos, lagunas, albuferas, etc.

- **Ambientales:**

El aumento de los SS indicaría la creciente erosión en alguna zona del curso de agua, por lo que se puede rastrear su origen y evitar mayores deslizamientos (Kentucky Water Watch, n. d.). Por otro lado, el exceso de SS indicaría la contaminación del cuerpo de agua: presencia dañina de bacterias y microorganismos peligrosos para la salud humana, pesticidas, contaminantes no metálicos (nitratos, fosfatos), metales pesados, etc. (Murphy, 2007).

- **Técnico-económicos:**

El exceso de SS puede 1) reducir la profundidad de cursos y cuerpos de agua al sedimentarse en el fondo, lo que dificulta el tránsito de embarcaciones en ríos, lagos y zonas costeras (University of Wisconsin-Madison, 2023), además de la reducción de la capacidad potencial en embalses y reservorios (Calle, 2018); 2) afectar a la población de granjas piscícolas; 3) dañar los equipos del sistema de riego, los de conducción y, en especial, los de emisión,

como goteros y aspersores; y 4) daño a los cultivos, como la afectación del drenaje del suelo, y el incremento de plagas y patógenos de las plantas en el agua (Al-Abed, Abdulla, y Zahrawi, 2007). Es en estos dos últimos aspectos en los que se centrará el presente trabajo.

### **2.1.2 Tratamiento de aguas**

Es el proceso de eliminación de contaminantes del agua mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Los procesos utilizados son diversos en función al origen (aguas de río y lagunas, aguas servidas, aguas industriales, etc.) y destino (agua potable, agua para riego agrícola y de áreas verdes, retorno a fuentes naturales, etc.) del agua a tratar, pero pueden clasificarse de la siguiente manera (Escuela de Postgrado Industrial, 2022).

- Pretratamiento o tratamientos de entrada: aquellos que se realizan cuando el agua de la fuente original entra al espacio donde se realizará el tratamiento principal subsecuente. Incluye la *separación de grasas* y el *desarenado*.
- Tratamiento primario: Se busca la eliminación de la mayor parte de los SS por medio de procesos físico-químicos (*coagulación y floculación*) mediante la sedimentación. En el presente trabajo, nos vamos a centrar en dichos procesos.
- Tratamiento secundario: Se dirige a eliminar el exceso de materia orgánica del agua (por ende, reducir niveles de N y P), mediante la aplicación de microorganismos que consumen estos nutrimentos.
- Tratamiento terciario: Consiste en el mejoramiento de la calidad del agua para su destino final, en caso sea necesario. Uno de estos procesos es la *potabilización* del agua (aplicación de hipoclorito de sodio).

#### **a. Pretratamiento: Desarenado**

Es el proceso por el cual se busca remover del agua captada directamente de la fuente, partículas de mayor tamaño como arena, arcilla, grava fina y cierto material orgánico, por simple sedimentación. El desarenado se realiza para reducir el tiempo y mejorar la eficacia de los tratamientos, además de evitar el daño mayor a la infraestructura de riego. Se realiza mediante los desarenadores, estructuras ubicadas, mayormente, justo después de las bocatomas. Se puede clasificar en función a 1) su operación (de lavado continuo y discontinuo), 2) su velocidad de escurrimiento (de baja (<1 m/s) y alta (1 – 1.5 m/s) velocidad), 3) por su disposición (en serie y paralelo) y por tipo (Tipos Detritus y Vórtice) (Albuja et al., 2013).

## b. Tratamiento primario: proceso de coagulación-floculación

Consiste en la adición de compuestos específicos para la agregación de las partículas, favoreciendo la sedimentación, por ende, la calidad del agua a tratar (Bueno, 1997). Estas partículas por sí solas no sedimentarían o tardarían demasiado en hacerlo, debido a la estabilidad de la mezcla (coloide) (Figura 4). Consta de tres etapas: coagulación, floculación, y decantación/flotación (Cabrera Bermúdez et al., 2009).

### • Coloides

Mezcla heterogénea de dos o más fases (CSIC, 2021), en las que las partículas de una fase (*dispersa*) tienen un tamaño mucho menor a la de la fase mayoritaria (*continua*). El tamaño varía entre la escala nanoscópica ( $10^{-9}$  m o 1 nm) y microscópica ( $10^{-5}$  m o 10  $\mu$ m). A diferencia de las suspensiones (SS), las mezclas coloidales no se separan ni se pueden filtrar (Wang y Möhwald, 2004), por lo que se les considera mezclas “estables”. Esto es porque las partículas se encuentran en un equilibrio debido a su carga negativa, el movimiento browniano, los modelos de la doble capa y la regla de Schulze–Hardy (Cabrera Bermúdez et al., 2009).

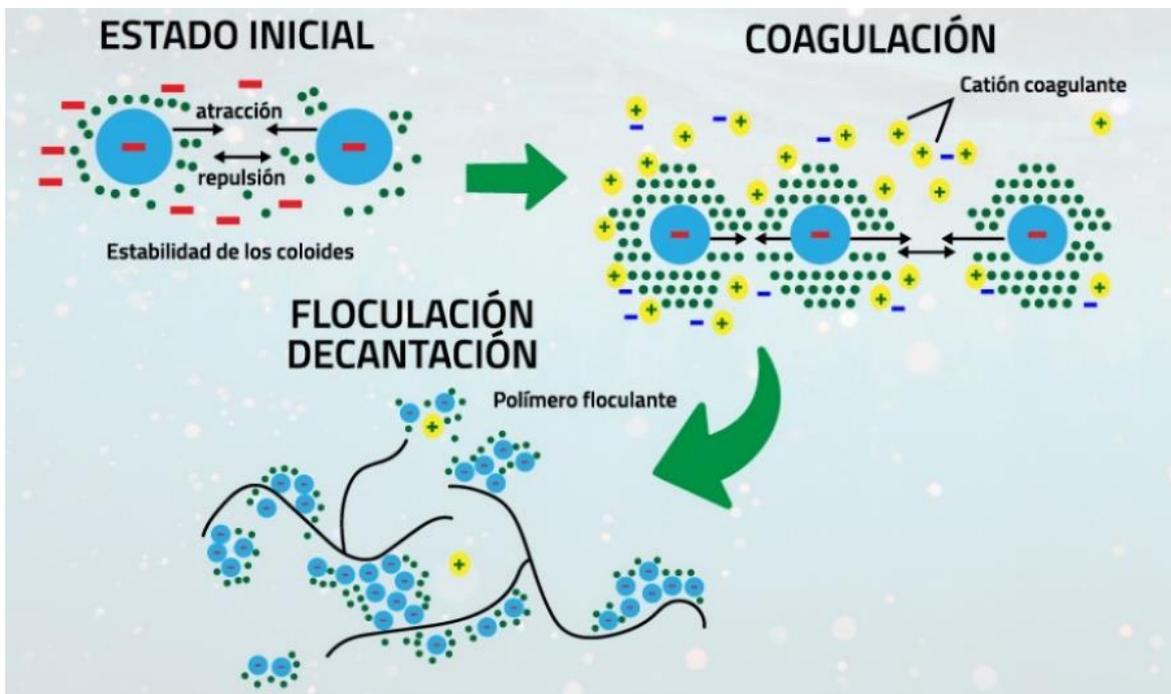


Figura 4: Proceso de tratamiento primario: coagulación y floculación.

Fuente: Tarazona (2023).

- **Tiempo de sedimentación**

Una partícula sedimenta por acción de la gravedad, sin embargo, la fuerza de fricción generada por el arrastre de la partícula y el empuje hidrostático (flotación) se oponen a la acción de la gravedad. Según la Ley de Stokes, la velocidad de sedimentación es proporcional al cuadrado del diámetro de la partícula suspendida: a más pequeña es la partícula, más tiempo va a tardar en sedimentar (Coagulación

La *coagulación* es el proceso químico de desestabilización de las partículas coloidales, es decir, la neutralización de sus cargas, mediante la adición de agentes coagulantes, formando “una masa gelatinosa que atrapa (o une)” dichas partículas (Mazille y Spuhler, 2020). Este fenómeno tiene una naturaleza física (modelo de “doble capa”: fuerzas de atracción y repulsión electrostáticas) y química (puente químico entre las superficies de los coloides) (Aldaco Gastélum, 1999).

Tabla 2). Por ello, aumentar el tamaño de la partícula reduce el tiempo de sedimentación de manera drástica (Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA, 2020).

- **Coagulación**

La *coagulación* es el proceso químico de desestabilización de las partículas coloidales, es decir, la neutralización de sus cargas, mediante la adición de agentes coagulantes, formando “una masa gelatinosa que atrapa (o une)” dichas partículas (Mazille y Spuhler, 2020). Este fenómeno tiene una naturaleza física (modelo de “doble capa”: fuerzas de atracción y repulsión electrostáticas) y química (puente químico entre las superficies de los coloides) (Aldaco Gastélum, 1999).

**Tabla 2: Velocidades de sedimentación en agua para partículas de diferente diámetro.**

Diámetro (m)	Clasificación	Velocidad de sedimentación (m/s)	Tiempo de sedimentación para 0.3 m
$1 \times 10^{-2}$	Grava	$1 \times 10$	0.3 s
$1 \times 10^{-3}$	Grava	$1 \times 10^{-1}$	3.0 s
$1 \times 10^{-4}$	Arena gruesa	$8 \times 10^{-3}$	38 s
$1 \times 10^{-5}$	Arena fina	$1.54 \times 10^{-4}$	33 min
$1 \times 10^{-6}$	Bacterias	$1.54 \times 10^{-6}$	35 h
$1 \times 10^{-6}$	Coloides	$1.54 \times 10^{-8}$	230 días
$1 \times 10^{-7}$	Coloides	$1.54 \times 10^{-10}$	63 años

**Fuente:** Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA (2020).

Debido a la estructura de la mezcla coloidal, los agentes coagulantes deben poseer una carga positiva para atraer a las partículas del coloide, aglutinándose y formando partículas mayores (Ingersoll Rand, 2023). Mientras mayor sea la carga, mejor será la eficiencia del componente coagulante. Otros factores que afectan el proceso son las dosis de coagulante a utilizar, el pH de la mezcla y el tiempo de agitación, para que el coagulante actúe sobre la mezcla (Cabrera Bermúdez et al., 2009).

Entre los coagulantes inorgánicos más usados están el cloruro férrico hidratado ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ), con mejor acción en pH ácidos (4 – 5), el sulfato de aluminio hidratado ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ ), que se desempeña mejor en pH neutro (7), y el hidróxido de calcio o cal hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), de mejor acción en pH alcalinos (9 – 11). (Cabrera Bermúdez et al., 2009, VERLEK, 2019). No obstante, se considera que su uso posee muchos riesgos para la salud, por lo que se están probando diversos coagulantes orgánicos. Se ha probado que las semillas de *Moringa oleifera* es una alternativa viable para reemplazar en parte el uso de sulfato de aluminio (Meza-Leones et al., 2018). Como coadyuvantes del proceso, se menciona la sílice activada, la bentonita, entre otras (Equipo Flowen, 2022).

- **Floculación**

La floculación es un proceso físico donde, mediante la adición de compuestos *floculantes*, las partículas coaguladas (o *microflóculos*) se unen formando partículas de mayor masa y volumen, denominadas flóculos (*flocs*). Por ello, la velocidad de sedimentación aumenta drásticamente, por lo que estos flóculos sedimentan en mucho menos tiempo (Cabrera Bermúdez et al., 2009; Equipo Flowen, 2022).

Según Aldaco Gastélum (1999), la floculación se explica por dos modelos: el *ortocinético* y *pericinético*. El primero se refiere a la acción de la velocidad (es decir, agitación) del medio, mientras que el segundo se refiere al movimiento browniano, es decir, el movimiento caótico de las partículas en medio fluido. Se ha demostrado que la agitación del medio es mucho más efectiva cuando la concentración de SS es relativamente alta y las partículas son mayores a 1  $\mu\text{m}$ .

Los agentes floculantes se clasifican por su naturaleza en naturales y sintéticos. Los floculantes naturales pueden ser minerales u orgánicos. Entre los minerales están la sílice activada (ácido polisilícico ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ )<sub>4</sub>), arcillas como la bentonita y caolinita; mientras que los orgánicos pueden ser derivados de algas (ácido algínico), taninos, derivados de celulosa,

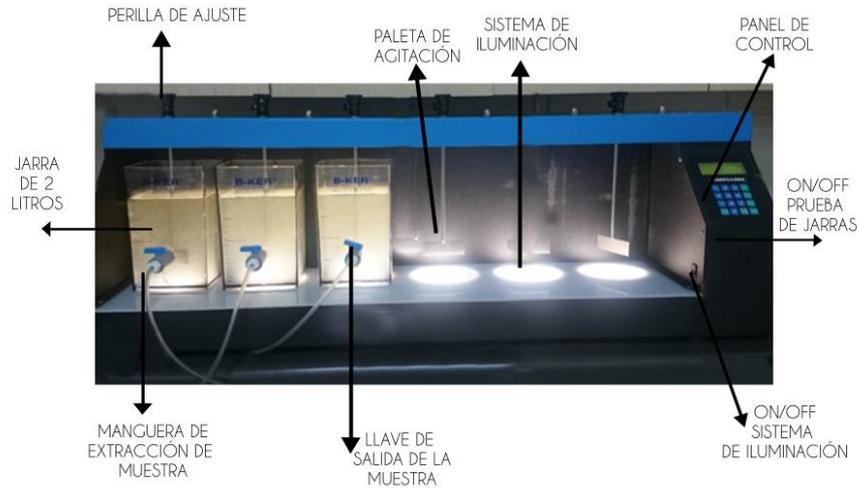
tierra de diatomeas, almidón extraído de cultivos como papa y yuca, etc. (Herrera, 2015; Vargas Camareno y Romero Esquivel, 2006).

Los floculantes sintéticos son polímeros de gran peso molecular (entre  $10^6$  y  $10^7$  g/mol), la mayoría son derivados de la acrilamida. Se clasifican por su carga en catiónicos, aniónicos y neutros. Los catiónicos poseen una carga positiva por la presencia de grupos amino, imino y amonio cuaternario, y se prefieren para aguas con alta carga de arcillas. Los floculantes aniónicos, con grupos con carga negativa, como la poliacrilamida parcialmente hidrolizada en medio básico, se usan para altas cargas de sedimentos (CIDTA, n.d.; Vargas Camareno y Romero Esquivel, 2006).

- **Ensayo de jarras**

El *ensayo de jarras* consiste en aplicar coagulante y/o floculante en contenedores, ya sean vasos de precipitación o jarras, para determinar las dosis necesarias de cada componente, el orden de aplicación, el periodo y revoluciones de la agitación, el pH óptimo, la temperatura óptima, y el tiempo de sedimentación. Debido al *gradiente de velocidad*, la cantidad de revoluciones necesarias para la agitación varía con el volumen y con la forma del contenedor (Lorenzo-Acosta, 2006).

Para este ensayo, se utiliza un equipo especializado estandarizado que permite la repetibilidad del experimento. Los equipos tienen una serie de vasos (que suelen ser de 2 L) para hacer varias repeticiones a la vez, y *agitadores*, especie de aspas para agitar el contenido (Figura 5). En general, los pasos para el ensayo son (Gómez Araiza, 2008): 1) Colocar vasos con muestras de agua en cada uno de los agitadores, de preferencia marcados con la cantidad de producto a agregar; 2) agregar las dosis a probar en cada vaso: se sugiere probar en dosis en aumento de 10 mg/L; 3) iniciar con entre 60 a 80 RPM durante 1 min, luego reducir a 30 RPM durante 15 min, y registrar el tiempo para la formación de flóculos sin fragmentación; 4) detener el agitador y registrar el tiempo de sedimentación; 5) analizar el agua sobrenadante (agua encima de los sólidos sedimentados): pH, color, turbidez y porcentaje de remoción (relación entre la turbidez final y la inicial); 6) filtrar el sobrenadante con un papel filtro y volver a analizar.



**Figura 5: Equipo para prueba de jarras.**

Fuente: ISA (2023).

- **Estructuras para la coagulación – floculación**

Las estructuras necesarias para el tratamiento primario deben diseñarse con base en los principios técnicos arriba mencionados. Los *floculadores* son las estructuras donde se forma el flóculo al agregarse los agentes coagulantes y floculantes al agua que circula de la estructura. Se ubican después de los desarenadores (pre-tratamiento). Los parámetros de funcionamiento de todos los floculadores son:

- El *gradiente de velocidad*, que expresa la disipación de la energía hidráulica, expresados en  $s^{-1}$  (se recomienda un valor de entre 90 y 20  $s^{-1}$  (Aguirre Martínez, 2015).
- El *tiempo de retención* del agua circulante, que es el tiempo necesario, dado un caudal calculado, que debe circular el agua para la formación correcta de los flóculos. Suele variar de 10 a 30 min (Fonseca et al., 2020).

Tal como se vio líneas arriba, la agitación es fundamental para la formación de los flóculos. Según la fuente de energía para la agitación (Figura 6), los floculadores se pueden clasificar en (Aguirre Martínez, 2015):

- *Hidráulicos*: la agitación se genera por la circulación misma del agua en la estructura, que generalmente consiste en un serpentín de tabiques. El espacio disponible de circulación es vital para su funcionamiento. A su vez, se pueden clasificar por el flujo del agua en los de *flujo horizontal* y los de *flujo vertical*. Son de operación más fácil y económica.
- *Mecánicos*: Requieren otra fuente de energía para la agitación. La agitación se puede transmitir por paletas, turbinas o cintas oscilantes.
- *Hidromecánicos*: estructuras híbridas de los tipos mencionados.



**Figura 6: Flocculadores del tipo hidráulico y tipo mecánico.**

**Fuentes:** Sidney Seckler Ferreira Filho (2016), MRI Meurer Research (2022).

- **Sedimentación**

Proceso de decantación de los flóculos generados anteriormente por acción de la gravedad. Este proceso se ve afectado por las corrientes generadas dentro de los sedimentadores, generadas a su vez por las diferentes densidades del agua (con mayor o menor SS), debido al viento, o al movimiento generado en las diferentes partes del sedimentador (Cánepa de Vargas, 2005).

Los *decantadores* o *sedimentadores* son las estructuras donde sedimentarán y quedarán retenidos los flóculos generados en los floculadores antes mencionados, y se ubican después de los floculadores. Básicamente, todos los sedimentadores poseen cuatro zonas diferenciadas: entrada, zona de sedimentación, zona de lodos, y salida. Se clasifican de acuerdo con su funcionamiento en (Ramírez Ortiz, 2013):

- Convencionales: de forma cilíndrica o paralelepípedo (poza), por donde entra el agua en forma turbulenta, y las partículas quedan en el fondo de la estructura (zona de lodos).
- Dinámicos: los lodos quedan suspendidos y separados por acción hidráulica (diferencia de secciones) o mecánica (agitación externa).
- Laminares: pozas con placas o láminas para separar los lodos (Figura 7).



**Figura 7: Sedimentador tipo laminar.**

**Fuente:** Optimización de Procesos y Tecnología SAS (2023)

### **2.1.3 Gestión integral del agua (GIRH)**

Es bien sabido que el agua dulce es un recurso cada vez más escaso. Todas las actividades humanas requieren de este recurso, cuya disponibilidad resulta estratégica y crítica para el desarrollo sostenible de la sociedad. Factores como el cambio climático, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos naturales afecta a esta disponibilidad.

Se denomina *Gestión Integral de Recursos Hídricos* (GIRH) al conjunto de enfoques e intereses relacionados con el uso, manejo y aprovechamiento del agua, mediante la aplicación de principios de equidad y sostenibilidad del recurso (Martínez Valdés y Villalejo García, 2018).

La Declaración de Dublín, emitida en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (Irlanda, 26 al 31 de enero de 1992), postula cuatro principios rectores sobre la GIRH (PNUMA y OMM, 1992):

- Principio N° 1: “El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, vital para el sostenimiento de la vida, el desarrollo y el medio ambiente”.
- Principio N° 2: “El aprovechamiento y la gestión del agua se debe basar e inspirar en un planteamiento participativo de los usuarios, los planificadores y responsables de las decisiones en todos los niveles”.
- Principio N° 3: “La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, gestión y protección del agua”.
- Principio N° 4: El agua posee un valor económico en todos los diversos usos a los que se destina, y se le debería reconocer como un recurso económico”.

#### **a. Organización en torno a la GIRH**

##### **• Organización global**

Debido a su aspecto global, la GIRH es promovida por diversos organismos multilaterales. El más importante de ellos es la *Global Water Partnership* (GWR), alianza mundial integrada por más de 3000 organizaciones provenientes de 180 países relacionadas a la GIRH, que promueve un manejo del recurso hídrico efectivo, eficiente y sostenible. Además, cuenta con una alianza directa con 77 países y 13 organizaciones regionales de GIRH (GWR, 2023b).

Según la GWR, la GIRH se basa en la sustentabilidad ecológica, la eficiencia económica y la equidad social (Figura 8). Además, debe sustentarse en tres pilares: un ambiente facilitador

(marcos normativos), roles institucionales, e instrumentos de gestión de dichas instituciones (GWR, 2017).

En el Perú, diversas asociaciones e instituciones forman parte de GWR, entre ellas, universidades y facultades, servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, proyectos de irrigación, empresas privadas, ministerios y otras agencias gubernamentales y no gubernamentales (GWR, 2023b).

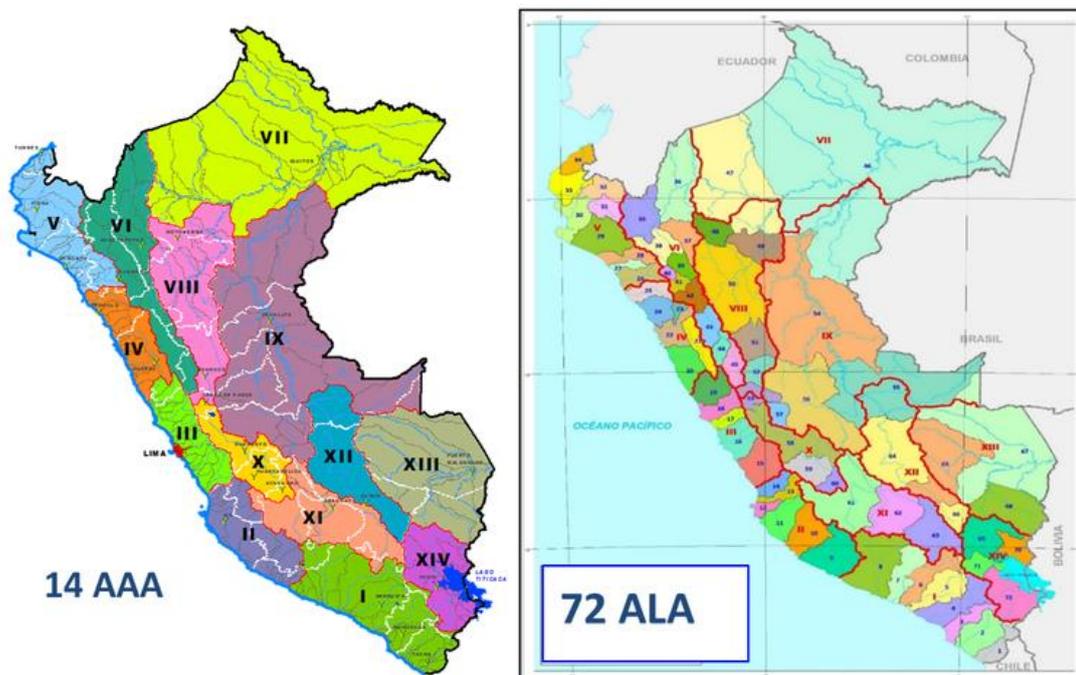


**Figura 8: Diagrama del marco general de la GIRH.**

**Fuente:** GWR (2017)

- **Organización nacional**

En el Perú, el ente rector nacional de la GIRH es la Autoridad Nacional del Agua (ANA, n. d. -a). Su organización, composición y funciones están estipulados por la Ley N° 29338 (2009), entre ellas, la autoridad para otorgar derechos de aguas a los usuarios. Además, dicha ley contempla la creación del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, cuyo principal conductor es el ANA. El ANA consta de 13 Autoridades Administrativas del Agua (AAA) y de 72 Autoridades Locales del Agua (ALA) (Figura 9), de menor jerarquía que las anteriores (Biffi Martín, n. d.).



**Figura 9: Ámbitos territoriales de las AAA y las ALA.**

**Fuente:** ANA.

Un *usuario de agua* es aquella persona natural o jurídica que goza de un derecho de agua otorgado por el ANA o su subsidiario correspondiente. Las organizaciones de usuarios (o *comunidades de regantes* para especificar su uso agrícola) son entidades sin fines de lucro que permite la participación conjunta en torno a la GIRH. Estas instituciones tienen un origen milenario de raíces españolas, que se rastrean hasta el Tribunal de Aguas de la Vega de Valencia (D. S. N° 005-2015-MINAGRI; Plataforma Tierra, 2022).

Las organizaciones más básicas son los *Comités de Usuarios*, organizados en torno a un pequeño sistema hidráulico. La jerarquía intermedia la conforma las *Comisiones de Usuarios*, conformadas en torno a un sector hidráulico menor. Las *Juntas de Usuarios* son el nivel mayor de organización, generalmente en torno a un sector hidráulico mayor. Actualmente, existen 127 Juntas de Usuarios en el Perú (D. S. N° 005-2015-MINAGRI, ANA, 2023).

### **b. Manejo de cuencas**

El *manejo de cuencas* se refiere al conjunto de actividades en torno a las cuencas hidrográficas, que pueden ser de planificación (evaluación, elaboración de modelos, diseño de programas y presupuestos, etc.) o aplicación (cambio de prácticas económicas,

rehabilitación de ecosistemas, manejo de represas, cambio de la reglamentación, etc.). Estas actividades se llevarían a cabo en diversos planos, desde el local hasta el internacional (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010). Es una parte fundamental del GIRH, puesto que es de donde proviene el agua aprovechable terrestre para las actividades humanas (PNUMA y OMM, 1992).

- **Cuenca hidrográfica**

Según Vásquez et al. (2016), una cuenca puede tener dos definiciones:

- Área geográfica demarcada por una divisoria de aguas (*Divortium Aquarum*), que capta y drena las precipitaciones hacia un río principal.
- Sistema abierto, complejo y sinérgico, donde acontece el ciclo hidrológico. Sus elementos (naturales, socioambientales, políticos, económicos e institucionales) varían en el tiempo, y se encuentran interrelacionados. Toda porción de la tierra pertenece a una cuenca.

Una cuenca posee elementos básicos como los recursos naturales, elementos antropogénicos, institucionales, y político-gubernamentales. Dentro de los elementos naturales, se encuentran el agua, el suelo, el clima, la flora y fauna, el relieve, los recursos minerales, el paisaje, y, sobre todo, el hombre (PNUD, 2010).

Una cuenca puede dividirse en componentes según su altura o su extensión. Según la primera división, se conforma de una *parte alta* (o *cabecera de cuenca*, de 3000 – 6500 msnm), parte media (800 – 3000 msnm), y parte baja (0 – 800 msnm). Por otro lado, según la extensión, se puede dividir a una cuenca por su extensión, es decir, por las ramificaciones del curso de agua y su ámbito. Al grado de división se le denomina *orden*. A la división menor se le denomina *microcuenca* (del primer al tercer orden), a una división media, *subcuenca* (cuarto y quinto orden), y a la cuenca en sí le corresponden grados superiores (sexto a más). Esta división no siempre es aplicable en todos los casos, por lo que primará el criterio técnico y pragmático. En general, una microcuenca tiene una extensión de 5 000 ha, una subcuenca, de 5 a 50 000 ha, y las cuencas, de 50 000 ha a más (Vásquez et al., 2016).

- **Cuencas en el Perú**

En el Perú, las cuencas hidrográficas se agrupan en *vertientes*, es decir, por el destino final dónde las aguas desembocan (PNUD, 2010):

- Cuenca del Pacífico: corresponde al 1.8 % de toda el agua del país, aunque alberga más del 62% de la población; sus ríos desembocan al océano Pacífico. Los principales ríos en caudal en esta cuenca son el Tumbes, el Chira, el Santa, el Ocoña, y el Camaná.
- Cuenca del Atlántico: es por mucho la mayor del país (97.7 % de toda el agua), pero alberga menos del 34 % de los peruanos; sus aguas desembocan al océano Atlántico por el río Amazonas.
- Cuenca del Titicaca: sus ríos drenan al lago homónimo, alberga al 4.1 % de los peruanos, y contiene solo el 0.5 % del agua del país.

A pesar de la distribución heterogénea, el Perú es un país rico en recursos hídricos: posee el 4.6% de toda el agua superficial del mundo, en una extensión que corresponde a menos del 0.87% de la superficie terrestre. Esto se complica por la insuficiente gestión institucional. El principal uso del agua en todas las cuencas es el agrícola, a excepción de la del Rímac (uso doméstico e industrial) (PNUD, 2010).

En el Perú, la ANA es el ente encargado de velar por la gestión correcta de las cuencas hidrográficas. Para ello, está implementando la creación de 29 Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (Ley N° 29338, 2009), catorce de los cuales ya han sido implementados (incluyendo la subcuenca mayo), y tres se encuentran en fase de establecimiento (ANA, n. d.-b). Anteriormente, el ente encargado era el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), del Ministerio de Agricultura. Este programa desapareció en junio de 2008, al fusionarse con otras entidades para crear AGRORURAL, el Programa de Desarrollo Agrario Rural (Ministerio de Economía y Finanzas, 2011).

- **Cuenca del río Santa**

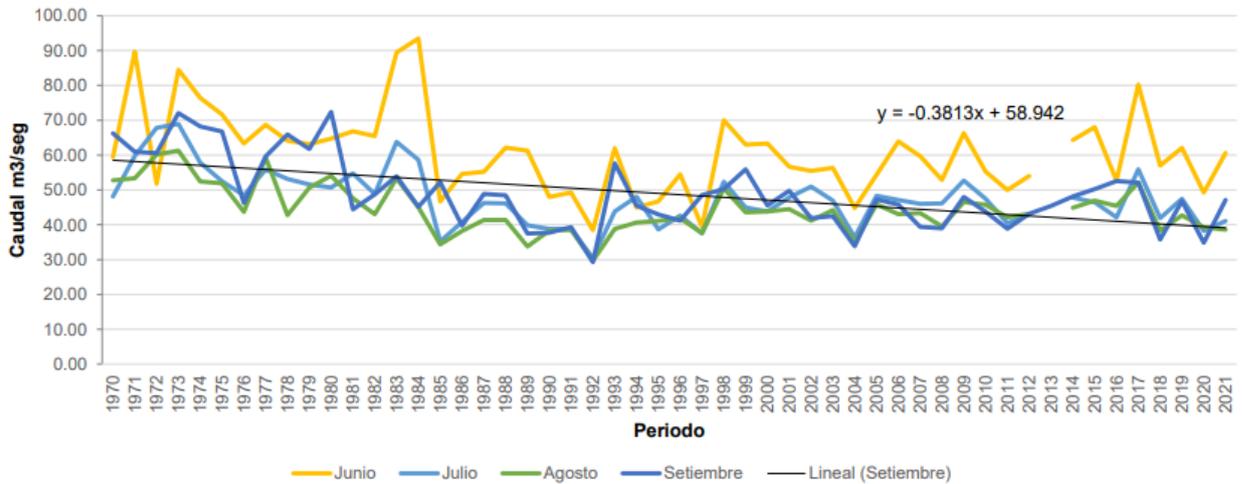
La cuenca del Santa es una de las más caudalosas, si no la mayor, de la vertiente del Pacífico, con 5591.6 hm<sup>3</sup> (o millón de m<sup>3</sup>) de volumen de descarga anual en 2009 (PNUD, 2010). Esta cuenca comprende dos regiones (Áncash y La Libertad, 12 provincias y 69 distritos, abarcando un área de casi 11600 km<sup>2</sup> (Figura 10). Está delimitado por dos ramas de la cordillera de los Andes, la Cordillera Negra por el oeste y la Cordillera Blanca por el este (Villanueva Ramírez, 2011).

Las aguas de la cuenca se originan en los glaciares de la Cordillera Blanca. Los 348 glaciares que la alimentan abarcan 298 km<sup>2</sup> (69 % de la superficie total) y contienen unos 8856 hm<sup>3</sup> de agua. Por desgracia, esta superficie se ha reducido un 38 % en los últimos 44 años. Esto ha supuesto una reducción de casi 4 m<sup>3</sup>/s del caudal del río. Además, ha supuesto una reducción del 30 % del caudal desde 1970 en época de *estiaje* (periodo de reducción del caudal del río, entre los meses de junio y setiembre) (Figura 11) (Cochachín, 2022).

Estos glaciares alimentan un gran número de lagunas, 540 de ellas con una superficie mayor a 50 ha, que sirven de reservorios naturales de agua para la regulación del caudal del río. Entre ellas se encuentran, por ejemplo, las lagunas Auquiscocha, Chequiacochoa, Rutu y Parón. Para su manejo hidrológico, se realiza una batimetría, es decir, una medición de su superficie interna y volumen, de manera similar a una topografía en el relieve terrestre (Cochachín, 2022).



**Figura 10: Cuenca del Río Santa y las demás cuencas del sistema administrado por la Autoridad Administrativa del Agua de Huarney – Chicama.**



**Figura 11: Disponibilidad hídrica en los meses de estiaje en el río Santa.**

**Fuente:** Cochachín (2022).

### c. Manejo del agua para riego

Tal como se vio líneas arriba, el principal uso del agua en el país es para la agricultura, siendo superior al 80% de todo el uso consuntivo nacional (PNUD, 2010). El manejo de agua para riego se encarga de planificar el momento y la lámina ideales para cada contexto. Para dicho propósito, se puede abordar desde el contenido de agua en el suelo; o bien desde el consumo de agua del cultivo, en función de diversos factores, sobre todo, la especie y el clima (NRCS, 2009).

### d. Huella hídrica

Concepto introducido por Hoekstra y Hung en 2002, que es la medida del uso de agua de una nación para la producción de bienes agrícolas consumidos dentro del país y la balanza comercial, es decir, la diferencia entre los bienes importados y exportados. El mismo concepto, analógicamente, se aplica a cada producto en sí, expresados en la relación entre volumen consumido y masa producida (L/kg). La *Huella Hídrica* (HH) se divide en 3 componentes (Hoekstra et al., 2011; Sellés van Schouwen et al., 2013). La suma se expresa en la siguiente ecuación:

$$HH = Ha + Hv + Hg$$

- Huella azul (Ha): es lo que se le denomina como “**uso consuntivo del agua**” o “**demanda hídrica del cultivo**”, y coincide con el concepto agronómico de *evapotranspiración*. En otras palabras, es toda el agua que se aplica al cultivo por medio del riego. Esta agua no vuelve a la cuenca hidrográfica, por lo que no se toma en cuenta el agua que sí retorna.

- Huella verde (Hv): incluye la fracción de las precipitaciones que queda almacenada en el suelo y luego se evapotranspira, es decir, es la parte de la lluvia aprovechada por la planta.
- Huella gris (Hg): Es la cantidad de agua contaminada por la producción del bien. En otras palabras, es “el volumen de agua dulce que se necesita para asimilar la carga de los contaminantes” originados en la actividad agrícola, según la normativa ambiental (Sellés van Schouwen et al., 2013).

#### **2.1.4 Asociatividad en la agricultura peruana**

Se puede definir la asociatividad como el vínculo que se forma de manera voluntaria entre personas o entidades, con el fin de lograr objetivos en común (CENTA, 2002). Dentro del ámbito agrícola, se ha asociado este término comúnmente a la pequeña agricultura por todas las series de necesidades que ésta debe afrontar; sobre todo desde las instituciones de nuestro país (El Peruano, 2018). No obstante, la asociatividad también puede aplicarse a las grandes empresas agrícolas.

La asociatividad en la agricultura es casi tan antigua como la agricultura misma, dada la naturaleza comunitaria de dos de sus elementos más importantes: el agua y la tierra de sembrío (Hazak, 2006). Un caso especial es la organización en torno al manejo del recurso hídrico, del cual se comentó en el presente trabajo líneas arriba.

En el Perú, la asociatividad en la agricultura se puede remontar a la época precolombina. La *Minka*, el *Ayni* y la *Mita*, son ejemplos de formas de trabajo colectivo tradicionales comunales del Incanato, del que todavía quedan rastros hasta el día de hoy (Bazán, 2019).

La asociatividad agrícola peruana encontró un fuerte impulso en la década de 1970, por la Reforma Agraria decretada por el general Juan Velasco Alvarado en 1969, mediante el Decreto Ley n.º 17716 (Ley de Reforma Agraria). El modelo, denominado *Cooperativas Agrarias de Producción* (CAPS). Estas cooperativas estaban autogestionadas por los mismos campesinos que, antes. No obstante, este modelo no prosperó, debido al cambio de modelo abrupto entre el latifundismo y capitalismo, la falta de capacitación, y la corrupción de funcionarios, entre otras razones (Ramírez Castillo, 2020).

Los principales modelos asociativos para el fomento de la productividad agrícola son la *asociación civil* y la *cooperativa*. Se diferencian por su finalidad: mientras que la primera tiene un fin social, la cooperativa tiene un fin empresarial (Rondinel Barcena, n. d.).

Actualmente, el gobierno peruano fomenta la asociatividad agrícola desde diversas instituciones, desde el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) hasta las municipalidades (R. M. N.º 0218-2021-MIDAGRI). Se han incentivado los modelos enfocados al pequeño agricultor, debido a su situación de vulnerabilidad (p. ej. la atomización de las unidades agrícolas) (Toledo Velásquez, 2016; El Peruano, 2018). Este impulso no se percibe hacia la gran empresa privada, sin embargo, existen asociaciones privadas gremiales para impulsar la gran agricultura tecnificada como *ADEX* (Asociación de Exportadores), o gremios en torno a un tipo de cultivo, como *Procitrus* (Asociación de Productores de Cítricos del Perú), *ProHass* (Asociación de Productores y Exportadores de Palta Hass del Perú), *ProVid* (Asociación de Productores de Uva de mesa del Perú) y *AGAP* (Asociación de Gremios Productores Agrarios del Perú) (MINCETUR, 2017).

Las principales ventajas de la asociatividad frente a una producción tradicional son 1) bajar los costos de adquisición de insumos (por economía de escala), 2) acceder a inversiones conjuntas entre los miembros, 3) facilitar el acceso a servicios de apoyo a la producción (p. ej. la *extensión agrícola*), 4) favorecer el procesamiento de productos (valor agregado), 5) ayudar al acceso al mercado para los productos, y 6) mejorar el poder de negociación con las autoridades (CENTA, 2002; Ferrando Perea, 2015).

### **2.1.5 Extensión agrícola en el Perú**

La extensión es un instrumento fundamental para el desarrollo rural. Se puede definir como (Sánchez de la Puerta, 1996):

- La gestión en los procesos de generación, intercambio y uso del conocimiento e información agrícola.
- Conjunto de acciones en torno al uso del conocimiento e información, que tiene como objetivo el desarrollo del ámbito rural (económico, social y político), por parte de agentes externos e internos a dicho ámbito.

Uno de las herramientas más utilizadas en la extensión agrícola es el *día de campo*, que consiste en una jornada de exhibición en campo de los resultados obtenidos de la mejora de las prácticas agrícolas en las denominadas *Unidades Productivas de Monitoreo* (UPM) o comúnmente llamadas parcelas demostrativas (MIDAGRI, 2023)

A diferencia de la asistencia técnica, cuyo fin es la solución de problemas técnicos para el aumento de la producción, y, por ende, el aumento de los objetivos económicos; la finalidad

de la extensión agrícola es “la superación del individuo como sujeto y objeto del desarrollo” (Ramsay Arce y Beltrán Salmón, 1997).

En el Perú, la extensión agrícola estatal se puede dividir por etapas de desarrollo durante el siglo XXI (Barrantes Bravo, 2015):

- Etapa 1: Inicios del apoyo estatal a la agricultura y desarrollo de servicios de extensión agrícola (1896 – 1963), con la instalación de los primeros programas de extensión, muy influenciados por el Servicio de Extensión Agrícola de los Estados Unidos; además de la creación de las primeras instituciones del sector agrícola, enfocadas en el latifundio predominante.
- Etapa 2: La Reforma Agraria y su influencia en los servicios de extensión (1964 – 1979): con la degradación técnica de los servicios e instituciones por el clima político e ideológico.
- Etapa 3: La crisis agrícola y la inconsistencia en las políticas sobre extensión agrícola (1980 – 1997): a pesar de la creación del INIA (Instituto Nacional de Investigación Agrícola) como institución central en la investigación agrícola, su trabajo fue inconsistente por constantes cambios en su composición y propósito. Debido a esto y al débil papel de la universidad pública como agente de extensión, se trasladaron estas funciones al Ministerio de Agricultura, lo que menoscababa aún más el papel del Estado en la extensión agrícola; todo ello en medio de la aguda crisis económica y política de los años 80 y 90.
- Etapa 4: El retorno a la agricultura agroexportadora y búsqueda de un sistema de extensión e innovación agrícola (1997 a la actualidad). Con el nuevo marco normativo (D. Leg. 653, 1991), se impulsa la agricultura de agroexportación no tradicional. Sin embargo, los agricultores de subsistencia fueron marginados del desarrollo. El Estado principalmente se dedica a gestar “programas sociales” en lugar de promover el desarrollo. Programas como el PRONAMACHS tuvieron una gran presencia en el país, pero fueron descontinuados. El cambio de denominación y organización del actual MIDAGRI no permiten un trabajo sostenible en la extensión agrícola nacional.

Por otro lado, debido a la deficiente acción del Estado Peruano como agente promotor de la extensión agrícola, la extensión privada ha sido desarrollada por parte de ONG (Organizaciones No Gubernamentales), gran parte de ellas financiadas por la cooperación internacional e instituciones multilaterales; sin embargo, su trabajo muchas veces es reducido a una escala regional o local. Existe muy poca iniciativa por adquirir servicios de

capacitación privados por parte del mismo productor. Finalmente, como parte de la extensión no convencional y ancestral, las figuras del *Kamayoc* y del *Yachachic* son fundamentales en el ámbito andino (Barrantes Bravo, 2015).

### **2.1.6 Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas en el Perú**

Según la Universidad Nacional Agraria La Molina (2011), el *MIP* es el manejo coordinado y sostenido ecológicamente de los métodos de control para reducir los efectos perjudiciales de *insectos*, *enfermedades* y *malezas*. Además, según el Anexo del Decreto Supremo N.º 018-2008-AG (Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1059 - Ley General de Sanidad Agraria), el MIP posee un enfoque multidisciplinario y sistematizado. El MIP es integrado por diferentes *métodos de control* (mecánico, físico, químico, biológico, genético, etológico, cultural, legal) (Falconí Palomino, 2013).

A pesar de la tardía implementación de tecnologías e innovaciones agrícolas, como la extensión (Barrantes Bravo, 2015) y la asociatividad (Toledo Velásquez, 2016), el MIP se adaptó tempranamente en el país. Concretamente, Herrera (2011) menciona que el Perú es un país pionero en esta innovación, ya que el MIP se habría originado como una estrategia de control de plagas en las plantaciones de algodón en el valle de Cañete, durante la campaña agrícola 1955-1956, para mitigar una crisis sanitaria por la explosión poblacional de *Chloridea virescens* y otras plagas secundarias, generada por el abuso de insecticidas sintéticos como el DDT (dicloro difenil tricloroetano) y el BHC (hexacloruro de bencilo). Entre las medidas adoptadas por la Estación Experimental Agraria de Cañete, están algunas usadas en el MIP actualmente, como la limitación y/o prohibición de ciertos pesticidas, la planificación de áreas y fechas de siembras, el uso de rotación de cultivos, la promoción del control biológico y recuperación de entomofauna nativa, entre otras.

Lastimosamente, estas innovaciones, como tantas otras, se descontinuaron tras el inicio de la Reforma Agraria (Herrera, 2011, Barrantes Bravo, 2015). Posterior a esta etapa crítica en la agricultura nacional, Beingolea (1993) menciona que la aplicación del MIP tenía como dificultades: 1) el desconocimiento general del MIP, 2) falta de educación a los agentes de decisión de políticas y del agricultor, 3) carencia de un sistema de extensión, 4) falta de asesoría privada y/o capacidad para pagarla, y 5) la excesiva presencia del control químico, que muchas veces es promocionado como MIP.

Actualmente, las instituciones que promueven el MIP son el MIDAGRI, el INIA y el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria) (Jara Calvo, 2014). La cooperación

internacional y programas mundiales, como el CIP (Centro Internacional de la Papa) también fomentan el MIP (Kroschel et al., 2013). En el sector privado, los programas de MIP se trabajan en la gran empresa agroexportadora, pero generalmente son iniciativas trabajadas internamente. Una gran excepción, precisamente, es el trabajo realizado dentro de la Irrigación Chavimochic (Castillo, 2018), del cual se hablará más adelante.

## **2.2. INSTITUCIONAL**

### **2.2.1 Proyecto Especial Chavimochic**

#### **a. Antecedentes de la irrigación**

Según Landeras Rodríguez (2004), en su extenso trabajo sobre la historia de Chavimochic, se puede rastrear la propuesta de utilizar aguas del río Santa para irrigar tierras liberteñas desde inicios del siglo XX, precisamente en el año 1906, cuando ocurrió una grave sequía que dejó sin agua a los principales ríos de la región. Ya que el caudal del Santa es regular y considerablemente más alto que el de los otros ríos, no tendría dicho problema. Esta idea no se llegó a consolidar hasta años posteriores por factores políticos.

El primer intento serio de consolidar esta propuesta fue en 1909, por el diputado de La Libertad Luis José de Orbegoso, quien obtuvo los fondos para el primer estudio de factibilidad técnica de la irrigación y el primer reconocimiento tentativo de la ruta del canal. No obstante, el Estado retoma los estudios recién en 1936, y se determina que es factible irrigar más de 30 000 ha de las tierras de los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama. Entre 1942 y 1943, Charles W. Sutton, “padre de la irrigación peruana” (Historia Ciencia de Vida, 2017), formuló la primera propuesta del trazo del canal madre. Además, el ing. Abel Labarthe propuso por primera vez la ubicación de la Bocatoma en la cota 412 m.s.n.m. Posteriormente, se sucedieron diversas propuestas y observaciones hasta que la ex Corporación Peruana del Santa realizó los estudios definitivos entre 1957 y 1962, encabezados por el ing. Alfredo del Carpio Rosell, utilizados para ejecutar la I y II etapas actuales.

En julio de 1967 se crea (Ley N°16667) el proyecto de irrigación de los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama, por primera vez denominado CHAVIMOCHIC, y su Comisión Ejecutiva. Diez años más tarde, se instala la primera oficina técnica del PECH. Según el autor, el inicio de las obras se retrasó durante décadas debido a diversas contingencias

propias, políticas y técnico-administrativas, como el intento forzado y sin fundamento de unir CHAVIMOCHIC y CHINECAS (proyecto al sur del río Santa, acrónimo de Chimbote, Nepeña y Casma). Finalmente, en 1985, ambos proyectos se separan y se definen como Proyectos Especiales (D. S. N° 072-85-PCM).

El 13 de enero de 1986, el expresidente Alan García celebra el inicio de las obras (Figura 12), después de una intensa campaña mediática y popular en pro del proyecto, y en medio de un tira y afloja entre las autoridades regionales y nacionales. Ese mismo año, más adelante, se convoca a licitación el primer tramo del Canal Madre, y se inicia el trabajo de perforación del túnel *intercuencas* Santa-Chao. Al año siguiente, se inician los trabajos en la Bocatoma; y en 1988, se inicia el financiamiento con capitales brasileños. Finalmente, el 20 de julio de 1990, en medio de la más grande crisis económica nacional, se inauguran las obras, con la primera apertura del canal.



**Figura 12: Agua del río Santa discurre por primera vez por el canal madre, el 20 de julio de 1990.**

**Fuente:** Landeras Rodríguez (2004).

En un cambio de modelo de privatizaciones de tierras y promoción de la inversión privada, dictaminado por el Decreto Legislativo N° 653 (1991) y el Decreto Ley N° 26094 (1992), opuestos a la Reforma Agraria, comienzan las subastas públicas internacionales. La primera subasta se realizó entre abril, junio y setiembre de 1994, donde se logra vender solo 6 lotes con menos de 2000 ha netas. Posteriormente, gracias a la creación en 1996 del Comité Especial de Promoción de la Inversión Privada (CEPRI) en las tierras del proyecto (R. S. N° 485-96-PCM), de acuerdo con la Ley N° 26505 (1995), se sucedieron 10 subastas notablemente más exitosas, que configuraron la estructura actual del proyecto (Tabla 3). Finalmente, en 2003 (D. S. N° 017-2003-VIVIENDA), se transfiere la jurisdicción del

PECH del extinto INADE (Instituto Nacional de Desarrollo) al Gobierno Regional de La Libertad.

**Tabla 3: Subastas públicas de tierras del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, 1994 – 2008.**

Año	Proceso	Venta realizada		Resultados (USD)	
		Lotes sub.	Área neta de riego (ha)	Precio terreno	Compromiso de inversión
1994	Subasta N° 0	6	1,992.30	2,498,373.00	0.00
1997	Subasta N° 1	56	6,455.71	22,133,190.00	6,297,215.00
1998	Subasta N° 2	11	1,952.99	1,583,588.00	1,952,900.00
1998	Subasta N° 3	4	1,961.02	1,960,571.58	1,961,020.00
1998	Complejo Chao	1	1,457.69	3,001,100.00	1,457,690.00
1999	Subasta N° 4	5	259.96	193,160.00	259,960.00
1999	Subasta N° 5	6	1,092.45	711,704.00	1,092,450.00
2000	Subasta N° 6	4	198.21	445,007.50	198,210.00
2001	Subasta N° 7	5	915.82	142,571.89	980,439.02
2001	Subasta N° 8	2	4,214.37	786,600.00	487,960.00
2003	Subasta N° 9	1	1,296.31	58,334.00	2,537,000.00
2004	Subasta N° 10	9	5,096.37	678,267.00	26,980,575.00
2005	Subasta N° 11	4	7,672.28	518,698.18	16,541,803.05
2006	Subasta N° 12	20	6,243.15	3,717,080.00	16,203,380.00
2008	Subasta N° 13	14	3,400.95	831,590.20	3,571,470.00
<b>TOTAL</b>		<b>148</b>	<b>44,209.58</b>	<b>39,259,835.35</b>	<b>80,522,072.07</b>

Fuente: JURP.

## b. Infraestructura

El Proyecto Especial Chavimochic consta de áreas irrigadas en las provincias liberteñas de Virú, Trujillo y Ascope (PECH, 2023). Su ámbito cubre desde el río Santa hasta las Pampas de Urricape. Su jurisdicción abarca 144385 ha de los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama (Tabla 4).

La ejecución de la infraestructura supuso una inversión de USD 960 000 000, y el proceso se ha delimitado por 3 Etapas (Figura 13). Actualmente, solo están en funcionamiento las áreas de la I y la II Etapa. La I Etapa arranca con el inicio de las obras hasta la construcción de los sistemas de conducción y los primeros canales secundarios, en 1990.

**Tabla 4: Áreas totales en el ámbito del proyecto Chavimochic.**

Etapa	Valle	Áreas mejoram. (ha)	Áreas nuevas (ha)	Total (ha)
I Etapa	Tanguche	500	6725	7225
I Etapa	Chao	5331	9765	15096
I Etapa	Virú	12117	17467	29584
II Etapa	Moche	10315	12708	23023
III Etapa	Chicama	50047	19410	69457
<b>Total (ha)</b>		<b>78310</b>	<b>66075</b>	<b>144385</b>

Fuente: PECH.

Nota: “Áreas mejoram.”: Áreas de mejoramiento de riego (valles tradicionales).



**Figura 13: Etapas del Proyecto Especial Chavimochic.**

Fuente: Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao (2016).

La principal infraestructura del proyecto consta de:

- Bocatoma Principal, Desarenador, y Canal de derivación desde la Bocatoma hasta la futura represa Palo Redondo.
- Túnel *Intercuencas*.
- Canal Madre Chao – Virú y obras de cruce del río Chao.
- Minicentral Hidroeléctrica de Virú de 75 MW y micro centrales hidroeléctricas ubicadas en el Desarenador y en Tanguche
- Sistemas de conducción y canales secundarios de los valles de Chao y Virú, además del canal Pur (“Lateral 10”).
- Sistemas de drenaje en los valles mencionados.
- Obras de descarga y empalme al río Virú.

La II Etapa inicia consta de la siguiente infraestructura, entre otras:

- Primera y segunda línea del sifón sobre el río Virú.
- Ampliación del Canal Madre hasta el río Moche.
- Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

A diferencia de las anteriores, la III Etapa está en ejecución por parte del consorcio de las empresas Odebrecht (73.5%) y GyM (26.5%), pero se han paralizado las obras en diciembre de 2016. Se pueden citar razones políticas, judiciales y administrativas (p. ej., los retrasos en la entrega de terrenos de terceros por parte del Gobierno Regional de La Libertad (GRL) y el escándalo de corrupción de las empresas ejecutantes en el caso “Lava Jato” (Perú Compite, 2022). La infraestructura comprende:

- Represa Palo Redondo de 401 hm<sup>3</sup>.
- Tercera línea del sifón sobre el río Virú.
- Canal Madre de 128 km, del tramo Moche – Chicama – Pampas de Urricape, hasta el límite con el ámbito del P.E. Jequetepeque – Zaña.

### **c. Impacto del proyecto**

El PECH ha permitido un crecimiento sustancial de la economía de la región y de todo el país. Según Inga Durango (2017), la agroexportación liberteña ha incrementado en valor desde los USD 12.7 millones en 1995, cuando las áreas nuevas aún no producían, hasta los

USD 700.3 millones en 2016 (Redacción Gestión, 2023), lo que representa un crecimiento del 5400 %. Los valores reportados para el año 2022 por el PECH ascienden a USD 1392.41.

Asimismo, el desarrollo agrícola en el ámbito de las áreas nuevas del Proyecto Chavimochic ha generado 72 600 puestos de trabajo directo, además de los puestos de trabajo generados por las pequeñas y medianas empresas locales que abastecen de productos y servicios a las compañías agrícolas de la irrigación Chavimochic-(Inga Durango, 2017). Por otro lado, se ha mejorado el acceso a servicios básicos como la luz eléctrica y el agua potable, mediante la construcción de la Minicentral Eléctrica de Virú y la PTAP de Trujillo, respectivamente. (PECH, 2023).

La meta final del proyecto es la incorporación de 63 000 ha de tierras nuevas eriazas y el mejoramiento del riego de 48 000 ha de las tierras de valles e *intervalles* de las cuencas mencionadas (ProInversión, 2023).

### **2.2.2 Asociación de Propietarios de Terrenos de Chavimochic**

La Asociación de Agricultores Agro Exportadores Propietarios de Terrenos de Chavimochic (APTCH) fue fundada el 19 de febrero de 1998 en Trujillo. Esta fue la primera organización que englobaba a las empresas agropecuarias y agroexportadoras que operan en el marco del Proyecto Especial Chavimochic (PECH), las mismas que apostaron por comprar tierras privatizadas por el Estado Peruano.

Esta organización sin fines de lucro fue fundamental para la coordinación e integración de las empresas en los diversos retos que se mencionan en el presente trabajo. Sirvió como la contraparte gremial, técnica y administrativa de la JURP, complementando su trabajo fuera del aspecto de la administración del agua.

La APTCH fue reemplazada por la Asociación para el Desarrollo Agropecuario Sostenible (ADAS), fundada el 23 de septiembre de 2021. Según expresan ~~argumentan~~ sus propios miembros, se realizó esto debido a una redefinición de su propósito, “orientándolo hacia la búsqueda del bien común a través del trabajo conjunto entre los tres pilares del desarrollo de una sociedad: Estado, empresa privada y comunidad...” (Cámara de Comercio de La Libertad, 2022).

### **2.2.3 Comisión de Regantes de Riego Presurizado**

La primera subasta de tierras del PECH se realizó en el año 1996 (Landeras Rodríguez, 2004). Inicialmente, las empresas pagaban el costo del agua para riego directamente al PECH, pero esto trasgredía la legislación de aguas de esa fecha (Ley General de Aguas, Decreto Ley N° 17752, 1969).

Ante esta situación, la entonces Administración Técnica del Distrito Riego Moche-Virú-Chao (actualmente Autoridad Local de Aguas) dispuso la creación de comisiones de regantes por cada valle. En este caso, se trata realmente de un *intervalle*, es decir, las pampas arenosas entre los valles de Chao, Virú y Moche. Mediante Resolución Administrativa N° 042-98-DRA-LL/ATDRMVCH (17 de marzo de 1998), se crearon cuatro Comisiones de Regantes, una por cada Sector de Riego (Figura 14):

- Sector de Riego Presurizado (SPR) I: Perteneciente a las aldeañas al Valle Chao (margen izquierda, al sur). Comprende las áreas de Campamento San Carlos, San Juan, Chao Bajo y Coscomba.
- SPR II: En las áreas entre el Valle Chao (margen derecha) y la cuenca del río Virú, colindando con el Sector III. Comprende San Francisco Lunar Alto, Coronado, y El Tizal.
- SPR III: Entre el Sector II y el Valle Virú (margen izquierda). Comprende las áreas de El Portaduelo, San José y Compositan Alto.
- SPR IV: Entre la cuenca del río Moche y el valle Virú (margen derecha). Comprende San Idelfonso Alto, Pur y Pampas Gallinazo.

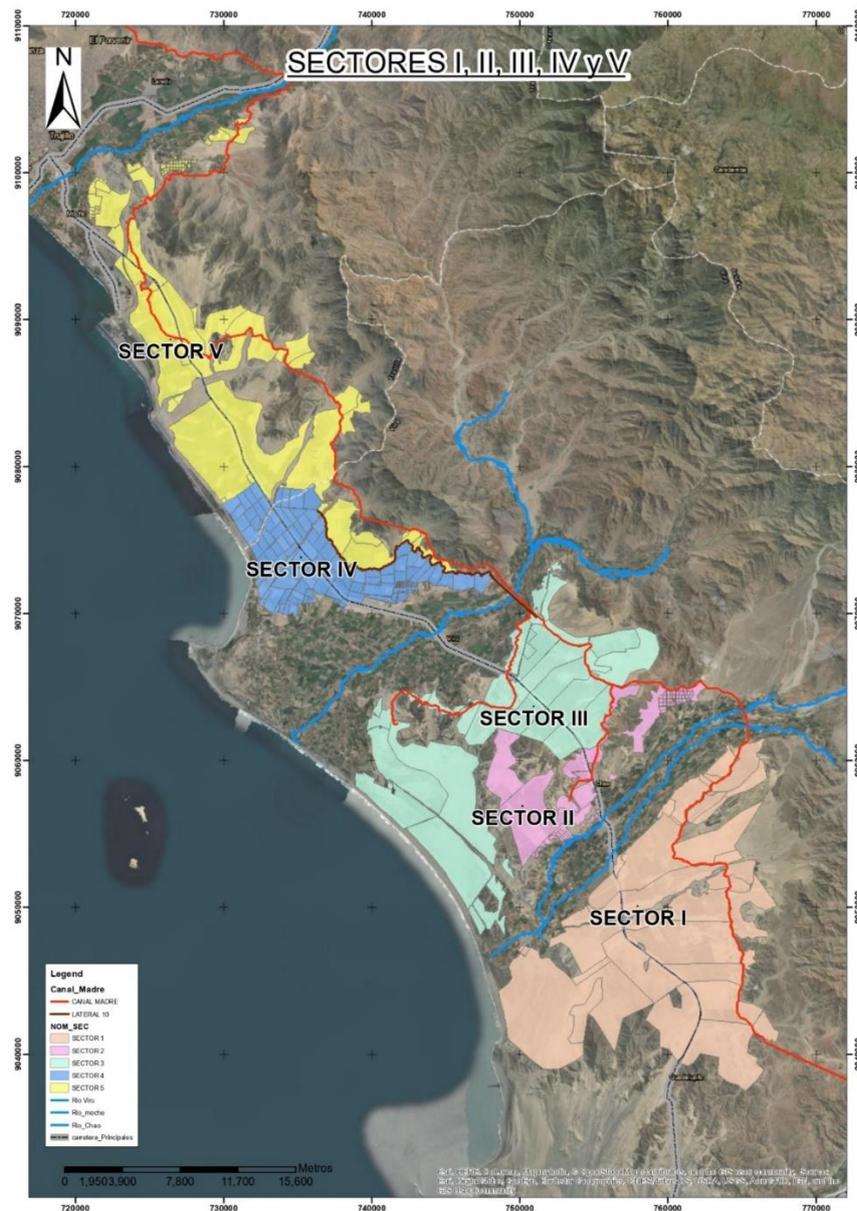
Todas estas áreas comprendían un espacio entre las cumbres rocosas del proyecto, por el este, y el océano Pacífico por el oeste. No obstante, estas comisiones funcionarían por cada valle, es decir, habría una Comisión de Regantes de Riego Presurizado del Valle de Chao (CRRPVCH), conteniendo los sectores I y II, y una Comisión de Regantes de Riego Presurizado del Valle de Virú (CRRPVV), que comprendía los sectores II y IV. Cada una de ellas respondería a la Junta de Usuarios del valle correspondiente. Al final, solo la CRRPVV entró en gestiones, controlando las áreas mencionadas.

### **2.2.4 Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao**

Dada las actividades que realizaba la CRRPVV, y el hecho de que compartiesen un solo origen y estructura hidráulica, era necesario que las comisiones, separadas por normativa, coordinen el trabajo conjunto como un solo ente, abarcando todo el Distrito de Riego Moche-

Virú-Chao. Además, dado el nivel de decisiones que se tomaban, era necesario que funcionara como una organización autónoma que no dependiera de otra comisión o junta. Es por ello que, mediante Resolución Administrativa N° 033-04-DRA-LL/ATDRMVCH (03 de marzo de 2004), se crea la Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao (JURP).

La jurisdicción de la JURP abarca los terrenos antes mencionados, en adición a las áreas que corresponden al Sector V, que se encuentran entre el Sector IV al sur y la cuenca del Río Moche al norte.

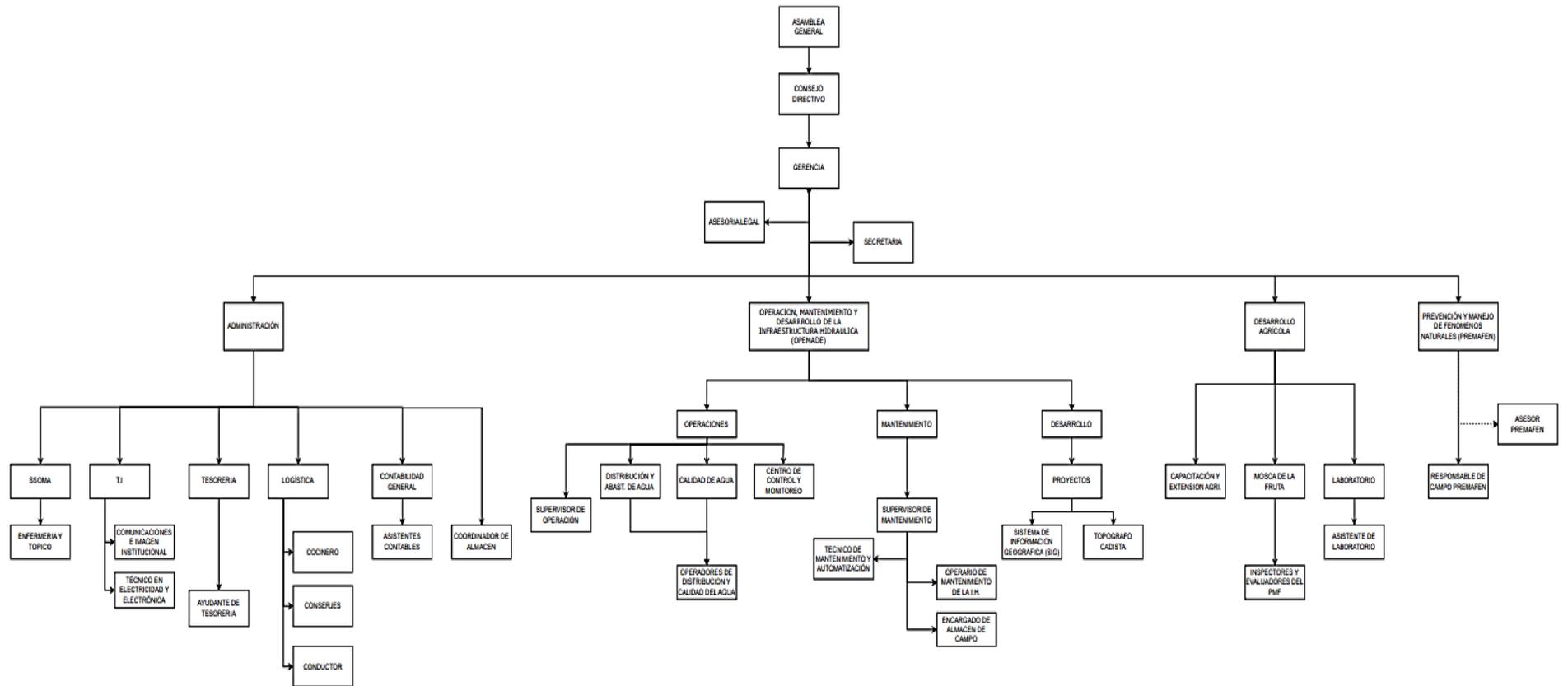


**Figura 14: Plano de los 5 sectores hidráulicos de la irrigación, administrados por la JURP. Se pueden apreciar la vía Panamericana, los valles de Chao, Virú y Moche, y en la esquina superior izquierda, la ciudad de Trujillo.**

Fuente: JURP.

**a. Actual organización**

La JURP posee la siguiente organización (Figura 15):



**Figura 15: Organigrama actualizado de la JURP.**

Fuente: JURP

La JURP consta de las siguientes divisiones<sup>1</sup>:

- Asamblea General: Ente de máxima jerarquía en la toma de decisiones. Lo conforman los representantes designados por las empresas agrícolas del ámbito del proyecto. Tiene entre sus funciones elegir a los miembros del Consejo Directivo.
- Consejo Directivo: Organismo ejecutivo supremo. Establece el plan de trabajo de la organización. Es dirigido por el Presidente del Directorio. Elige al Gerente General de la organización.
- Gerencia General: Posee la representación legal y dirige el día a día de la organización.
- Direcciones: La Junta está dividido en cuatro direcciones especializadas:
  - Administración
  - Operación, Mantenimiento, y Desarrollo de la Infraestructura Hidráulica (OPEMADE).
  - Desarrollo Agrícola.
  - Prevención y Manejo de Fenómenos Naturales (PREMAFEN).

#### **b. Valores institucionales**

La JURP posee los siguientes valores institucionales:

- **Misión:** Gestionar el recurso hídrico en forma oportuna y eficaz para satisfacer la demanda hídrica de los usuarios, proponiendo una mayor eficiencia de riego y calidad de agua en las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic.
- **Visión:** Ser el referente nacional en la gestión del recurso hídrico, acorde a las leyes vigentes en materia de aguas en el ámbito de las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic.

---

<sup>1</sup> Rosales (2023). Comunicación personal.

### **III. DESARROLLO DEL TRABAJO**

En el presente trabajo, se pormenoriza sobre la experiencia adquirida en los 18 años que tuve a mi cargo la jefatura de operaciones en la Comisión de Regantes de Riego Presurizado del Valle Virú (CRRPVV) y la gerencia técnica en la JURP (Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego de Moche Virú Chao). Este trabajo se centrará, además, en detallar las acciones realizadas para afrontar los retos que se presentaron en el periodo laboral, cada uno alineado con los objetivos específicos.

#### **3.1. CONCLUSIÓN DEL PROBLEMA DE LA CALIDAD FÍSICA DEL AGUA DE RIEGO**

Durante muchos años, el principal reto a afrontar fue la baja calidad física de agua suministrada a los usuarios, en especial, la alta carga de sólidos en suspensión (SS). Para el uso de los sistemas de riego tecnificados y localizados, es necesario que el agua cuente con una baja carga de SS a fin de evitar problemas como, por ejemplo, la excesiva y rápida acumulación de lodos, el rápido deterioro de los equipos de riego utilizados (filtrado, conducción, emisión), taponamiento de goteros, entre otros (Nakayama y Bucks, 1991; Batista et al., 2009). Es necesario aclarar que, bajo nuestras condiciones, se recomienda un máximo de 50 NTU para la entrada a los sistemas de riego.

Tal como se menciona líneas arriba, no es posible usar el agua del río Santa en forma directa para riego presurizado debido a la altísima concentración de SS. La ausencia de la presa Palo Redondo, estructura donde una gran cantidad de SS quedarían atrapados en ella, ocasionaba que el agua que se suministraba a los usuarios de las áreas nuevas sólo reciba el tratamiento de desarenado. La única infraestructura de cabecera con la que contaba la irrigación eran desarenadores (Figura 16), además de un sistema de conducción para dotar de riego presurizado a las empresas en el sector IV, instalados dentro de las obras iniciales del proyecto por el Estado Peruano. Estas estructuras están diseñadas para eliminar partículas de un tamaño mayor a las 300 micras, por lo que es insuficiente para suprimir los problemas de una alta carga de SS.

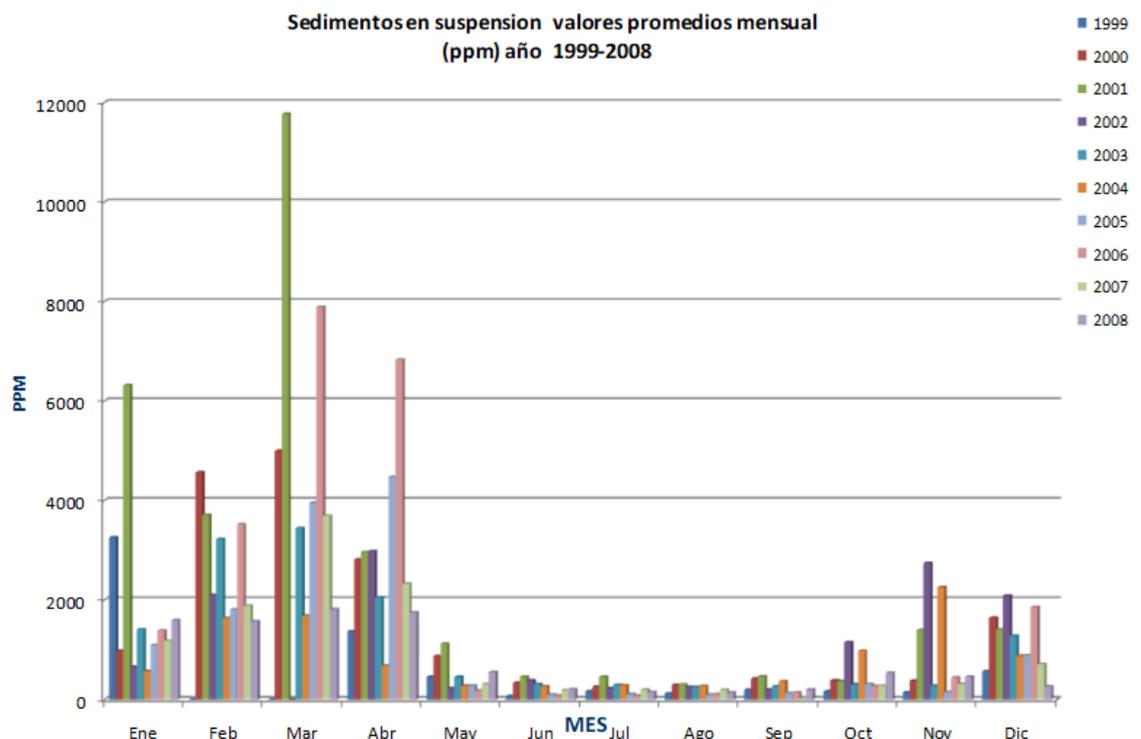


**Figura 16: Desarenador principal del Proyecto Especial Chavimochic (izquierda) y del Sector IV Parcelación Pur Pur (derecha).**

Fuente: Cortesía PECH y JURP.

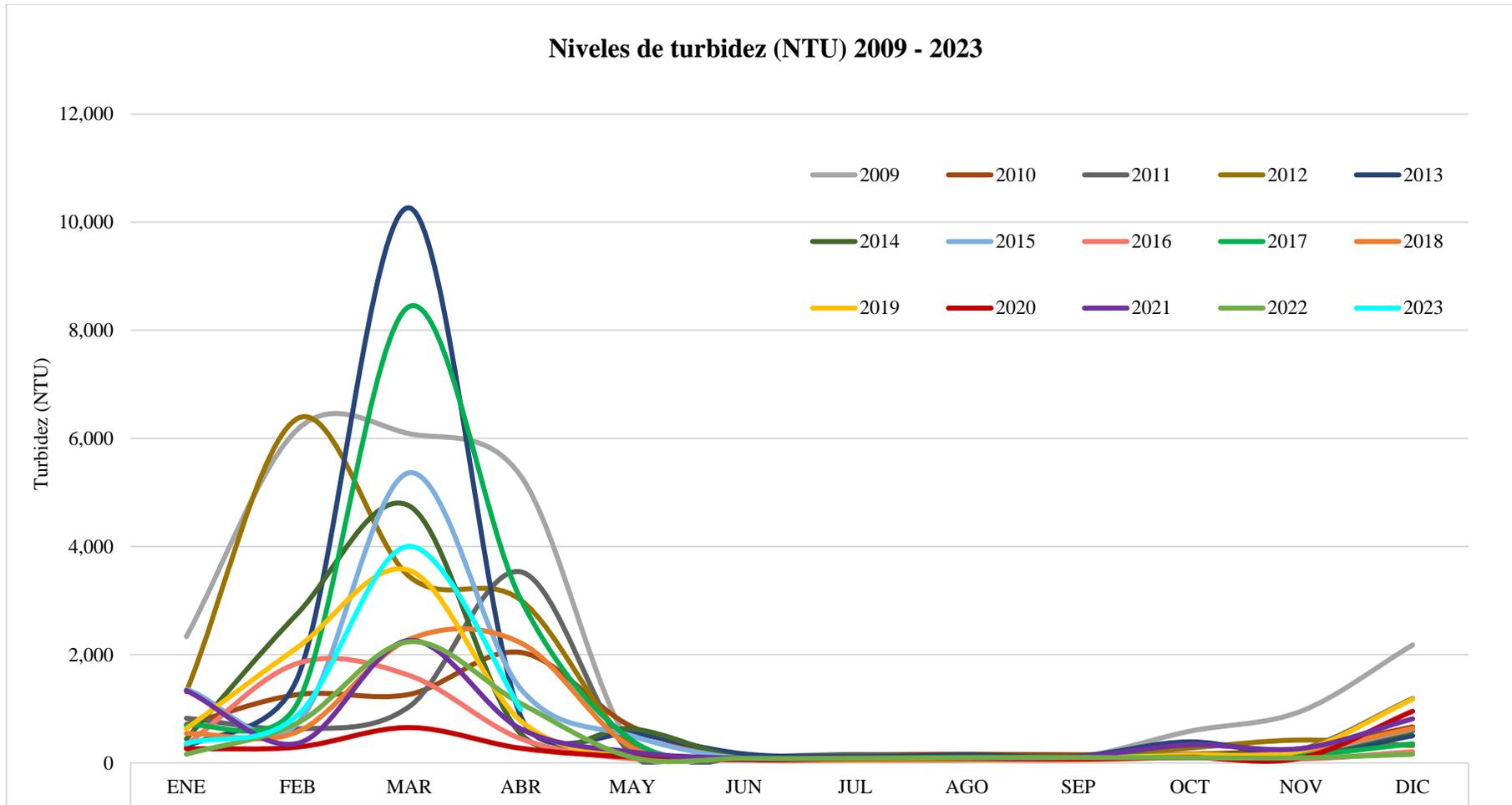
**III.** El impacto en los sistemas de riego y plantaciones de espárrago (principal cultivo en los años 1998-2000) era evidente. Como se muestra en la Figura 17, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.,** y el **Anexo 1: Turbidez promedio del río Santa, 1999 – 2023**

, los valores promedio superan ampliamente los 50 ppm (margen de 50% del valor máximo recomendado de 100 ppm de sólidos en suspensión) (Netafim USA, 2014).



**Figura 17: Valores promedio mensuales de SS en ppm, años 1999 – 2008.**

**Fuente:** JURP.



**Figura 18: Valores promedio mensuales de SS en ppm, años 2009 – 2023 (abril).**

**Fuente: JURP.**

Los efectos adversos percibidos por una alta carga de SS en el sistema de riego presurizado se pueden enumerar en:

- Colmatación de canales (Figura 19), sedimentadores (Figura 20), y desarenadores (Figura 21).



**Figura 19: Canal Madre lleno de lodos. Obsérvese (derecha) en montículo de sedimentos que se han acumulado en el lado interior de la curva, a modo de una “orilla”, lo que reduce la capacidad del canal.**



**Figura 20: Sedimentador colapsado por exceso de SS. El lodo resultante forma capas que requieren ser eliminadas.**



**Figura 21: Desarenador colapsado por exceso de SS, de manera similar a la anterior Figura.**

- Colmatación de sistemas de filtrado y demás componentes de un sistema de riego (Figura 22).



**Figura 22: Colapso de una válvula hidráulica de un sistema de riego por exceso de SS. Se abrió la brida para la limpieza del sistema.**

- Taponamiento de mangueras de riego y goteros (Figura 23).



**Figura 23: Taponamiento de goteros por exceso de SS. Se muestra el detalle del colapso del “serpentin” del gotero. Además, se muestra la notable diferencia entre las emisiones de cada gotero, causada por lo anterior mencionado.**

**Fuente:** JURP.

En tanto, el daño las plantaciones por una alta carga de SS se pueden resumir en:

- Impermeabilización de la superficie del suelo. La acumulación de los sólidos en suspensión sobre las superficies del suelo generaba un “sello” superficial, que se traducía en encharcamiento. Esto crea las condiciones para infecciones por hongos de suelo. Además, favorecía el microclima para la proliferación de *Prodiplosis* en cultivos como el espárrago (*Asparagus officinalis*: Asparagaceae).
- Infestación de nematodos, favorecida por las láminas de agua libre producto del encharcamiento (Figura 24). Los quistes de los nematodos forman parte de los sólidos en suspensión (Fondriest Environmental, Inc., 2014).
- Impregnación de los sedimentos en la superficie foliar en los cultivos que usaban riego por aspersión y pivotes, lo que reduce su actividad fotosintética.



**Figura 24: Síntoma de presencia de nematodos en campos de caña de azúcar sembrados sobre suelos vírgenes en la irrigación Chavimochic.**

Ante esta situación, mi primer encargo como *Jefe de Operaciones* de la CRRPVV fue encontrar una solución a esta problemática. El objetivo planteado fue reducir los SS a niveles no perjudiciales para el agua suministrada a los usuarios que la integraban.

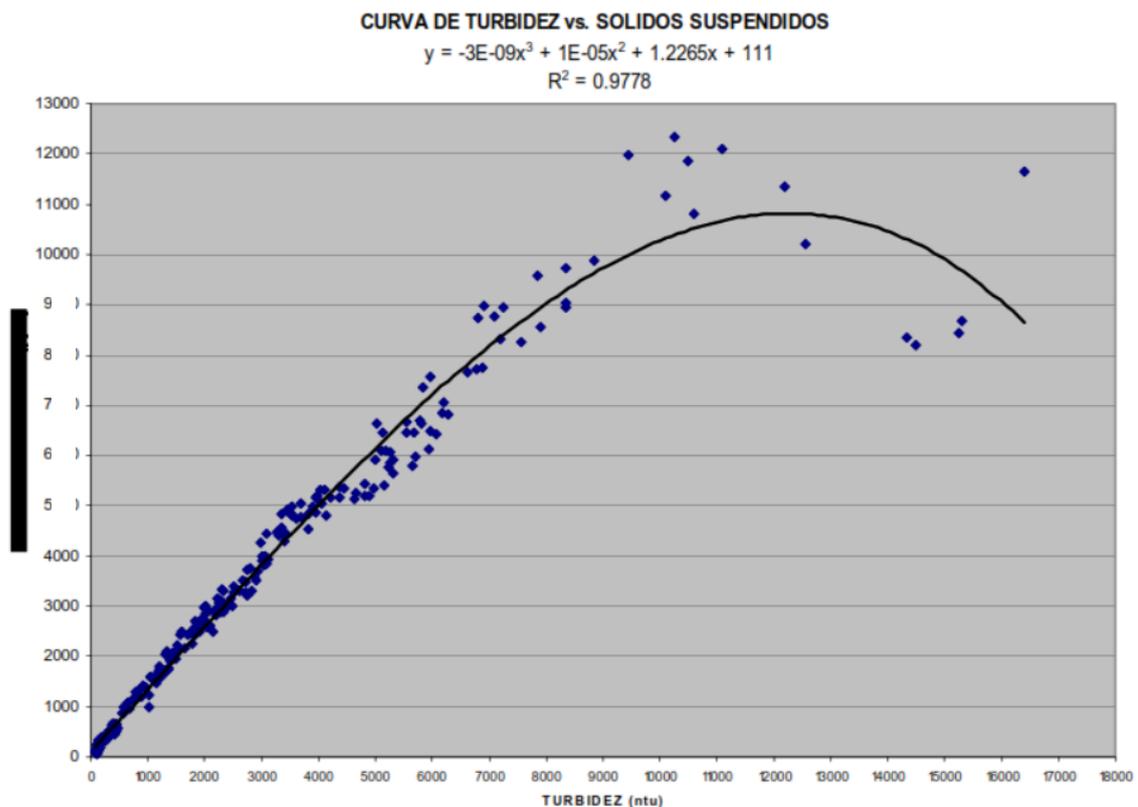
La experiencia de la planta de agua del PECH sirvió de base para aprender los procedimientos empleados, en parte del proceso de clarificación del agua para consumo humano. Tras un análisis técnico-económico, se determinó que era necesario aumentar la velocidad de decantación de los sólidos en suspensión (SS) utilizando agentes floculantes y coagulantes. Se inició utilizando como agente floculante polímeros aniónicos, tal como el Floerger® AN 910 VHM (CHEMTALL INCORPORATED) en combinación con coagulantes inorgánicos en base a sales de hierro, como el cloruro férrico.

Ahora bien, la primera pregunta planteada fue: *¿a qué valor de SS debería suministrarse el agua para riego a los usuarios?*

La información bibliográfica por aquellos años no era muy abundante. Además, se debe considerar que el acceso a internet y a bases de datos confiables no era fácil ni práctico. Nakayama y Bucks (1991) reportan que valores superiores a los 50 ppm de SS ya afectan a

los sistemas de riego localizado. Estos valores son superados con creces casi todo el año en condiciones del agua de riego del PECH (Figura 17 y Figura 18).

Tal como se leyó líneas arriba (Acápite d: Turbidez), la lectura de la turbidez del agua tiene notables ventajas sobre una lectura directa de SS. Condujimos un estudio para determinar la correspondencia entre los valores de SS (ppm) y turbidez (NTU) para el agua del río Santa suministrada a las áreas nuevas de la irrigación. Se demostró en este caso la alta correlación entre estos parámetros para los valores más comunes a lo largo del año del nivel de sólidos en suspensión. Como se puede apreciar en la Figura 25, los datos más bajos en la curva parecen describir una recta; conforme la turbidez incrementa, los datos siguen una curva polinomial cúbica.



**Figura 25: Correlación entre turbidez medida (NTU) y sólidos suspendidos (ppm) en el agua del Canal Madre.**

Fuente: JURP.

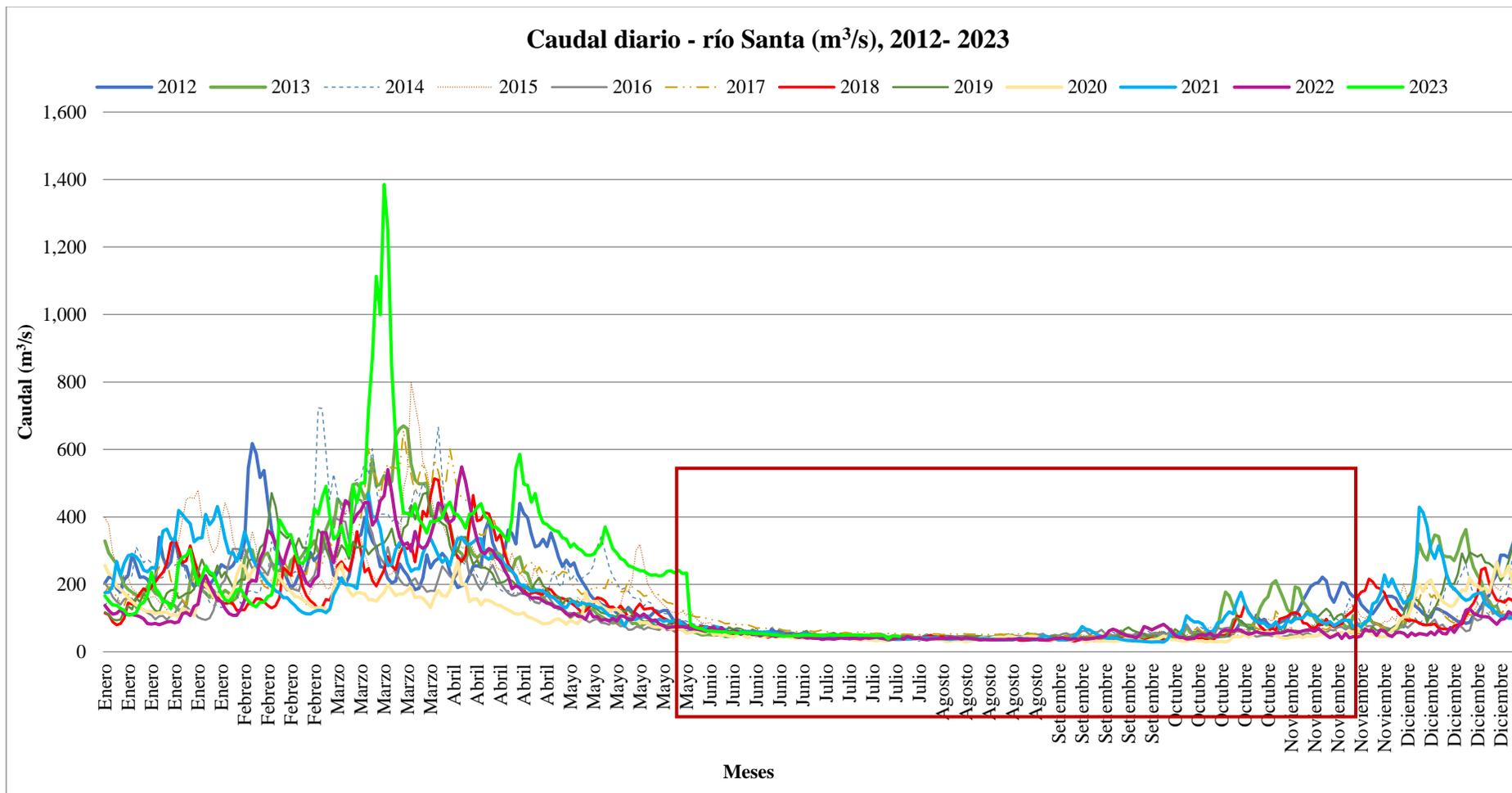
Por otro lado, la experiencia práctica nos indica que, durante la época de estiaje, los valores de SS son considerablemente menores que en época de lluvias (Figura 26). Coincidentemente, era durante estos meses cuando había una menor incidencia de los daños ocasionados por el exceso de SS en el sistema de riego y en los cultivos, y los intervalos entre los mantenimientos requeridos de matrices y mangueras era mayor. Esto se debe a que

las lluvias erosionan el terreno y arrastran sedimentos, lo que ocasionan una alta carga de SS (Kentucky Water Watch, n. d.).

Bajo estas premisas, se presentó una propuesta técnica a la Asamblea General de Usuarios, en la que se fijaba la turbidez máxima del agua para riego en 50 NTU. La CRRPVV estaba en la responsabilidad de entregar a sus usuarios agua respetando dicho límite. Cada usuario tenía la posibilidad de reducir más los niveles de 20 NTU. Actualmente, el constante trabajo de desarrollo de la JURP ha permitido reducir estos niveles hasta valores tan bajos como 7 NTU, además de realizar un constante soporte y capacitación a los equipos técnicos de los usuarios en esta materia.

La siguiente pregunta planteada fue: *¿Cómo logramos retirar los SS presentes en el agua de riego a los valores tope planteados?* La estrategia presentada tenía dos puntos críticos de implementación. 1) La elección de los productos químicos más adecuados para aplicar. 2) Cómo se debería aplicarlos para su mejor aprovechamiento.

Para responder al primer punto, se investigó en la bibliografía y en la diversidad de productos existentes por aquellos años. Se seleccionaron los que contaban con autorización para uso en agua potable, debido a que la mayor parte de la bibliografía disponible era, justamente, sobre procesos de potabilización. Además, es necesario evitar cualquier riesgo de contaminación del agua con productos que puedan tener restricciones en los mercados de destino. Asimismo, los equipos técnicos de los usuarios estipularon que los productos deben carecer de ion Aluminio por el riesgo potencial de acumulación en el suelo.



**Figura 26: Descargas promedio diarias de caudales del río Santa (estación Condorcerro), del 2012 al 2023 (julio).**

**Fuente:** JURP

**Nota:** Se muestran de 4 a 6 valores por mes. Enmarcado en rojo, los meses considerados de *estiaje*.

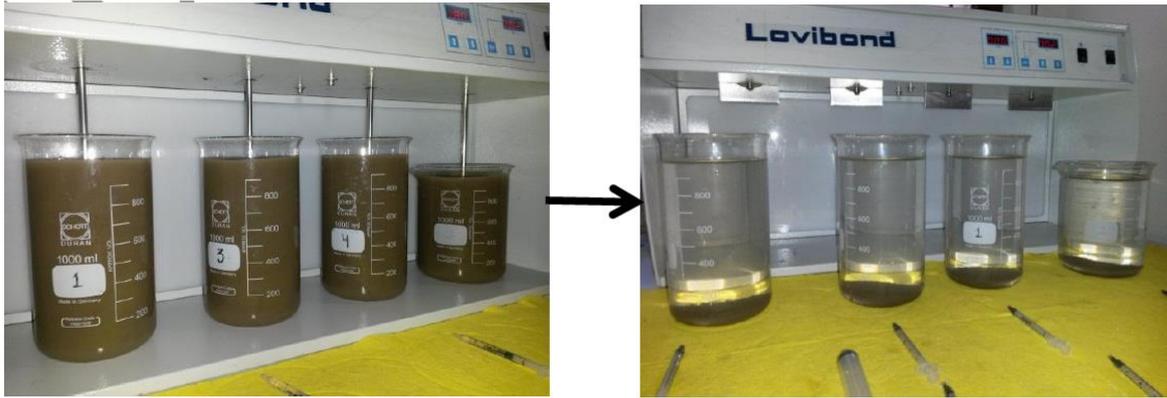
**Se comenzó a realizar test de jaras en laboratorio (Figura 27Figura 28: Prueba de jarras elaborado por el laboratorio de la JURP.**

Fuente: Maticorena (2006)Figura 28) para determinar los productos y dosis óptimas a utilizar, con el fin de lograr la turbidez objetivo. En la Tabla 5 y la Figura 29, se pueden apreciar los resultados actuales de test de jarras con productos vigentes. El porcentaje de remoción se calcula por lo general con base en la turbidez del agua sobrenadante a los 10 minutos. Estos ensayos se realizan constantemente debido a 1) las descargas (agua del río) no siempre tienen la misma turbidez o los mismos sedimentos, 2) los productos (floculantes o coagulantes) se van actualizando o descontinuoando constantemente, y 3) precio y disponibilidad en el mercado. Para garantizar la imparcialidad y en aras de la transparencia en los procesos de compra, se solicitó apoyo a la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para realizar los test ciegos de los productos comerciales con potencial. Actualmente, según la JURP, los productos utilizados para la remoción de los SS en el agua del río Santa suministrada a las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic son:

- Floculante: Polímero catiónico ARIFLOC® C606, de ARIS INDUSTRIAL.
- Coagulante inorgánico: Sulfato férrico al 40%.
- Coagulante orgánico: ARIFLOC® C601, de ARIS INDUSTRIAL. En los ensayos actuales, se ha demostrado que la eficiencia de este producto permite reducir costos de operación en comparación con el coagulante inorgánico.

Los primeros productos utilizados fueron los polímeros aniónicos como floculante, y el cloruro férrico como coagulante (Maticorena, 2006). En la

Tabla 6 , se puede apreciar la evolución de los productos utilizados para el tratamiento primario.



**Figura 27: Pruebas de jarras para determinar dosis óptimas de agentes coagulantes y floculantes.**



**Figura 28: Prueba de jarras elaborado por el laboratorio de la JURP.**

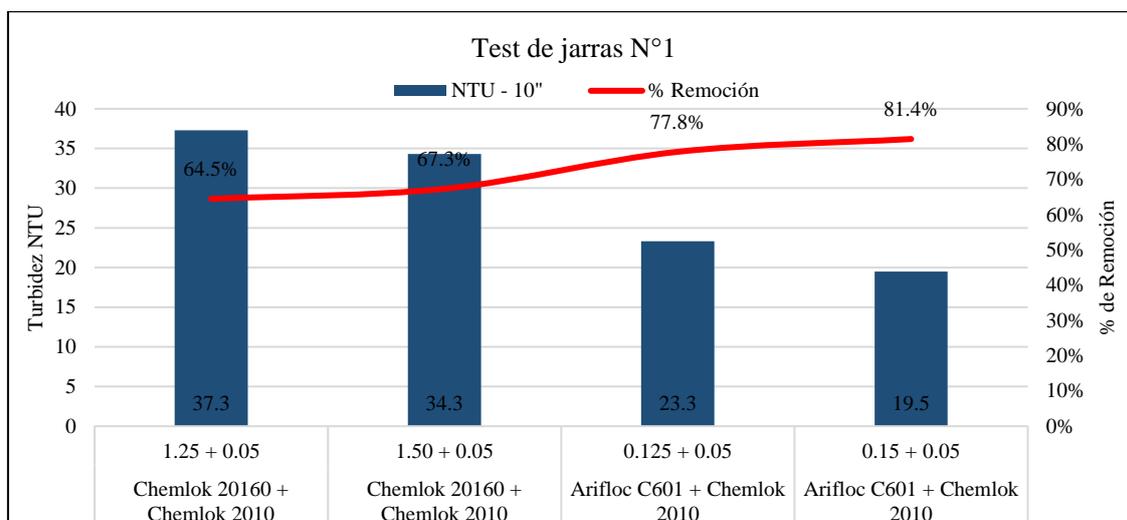
**Fuente:** Maticorena (2006)

**Tabla 5: Test de jarras N.º 01-23, realizado el 02/02/2023.**

Test de jarras N º 1 – 02/02/2023							
Turbidez inicial	:						105.0 NTU
Color de agua	:						Marrón claro
RPM	:						200 - 120
Nº jarra	P. Químicos	N. Comercial	Dosis (ppm)	NTU - 5"	NTU - 10"	% rem.	
J 1	C. Inorgánico + Floculante	CHEMLOK 20160 + CHEMLOK 2010	1.25 + 0.05	43.5	37.3	64.5%	
J 2	C. Inorgánico + Floculante	CHEMLOK 20160 + CHEMLOK 2010	1.50 + 0.05	43.9	34.3	67.3%	
J 3	C. Orgánico + Floculante	ARIFLOC C601 + CHEMLOK 2010	0.125 + 0.05	28.8	23.3	77.8%	
J 4	C. Orgánico + Floculante	ARIFLOC C601 + CHEMLOK 2010	0.15 + 0.05	24.9	19.5	81.4%	

**Fuente:** Cortesía de JURP.

**Nota:** NTU – 5” y – 10””: turbidez alcanzada a los 5 y 10 min, respectivamente. % rem.: % de remoción



**Figura 29: Test de jarras N.º 01-23, realizado el 02/02/2023.**

**Fuente:** Cortesía de JURP

**Tabla 6: Lista de productos utilizados para tratamiento primario (floculación/coagulación) durante el periodo 2017 - 2023.**

Año	Floculante	Coagulante inorgánico	Coagulante orgánico
2017	CHEMLOK 2010 AN910 PWG	Sulfato férrico 40%	LIPESA 1541
2018	CHEMLOK 2010	Sulfato férrico 40%	LIPESA 1541
2019	CHEMLOK 2010	Sulfato férrico 40%	ARIFLOC C601
2020	CHEMLOK 2010	Sulfato férrico 40%	ARIFLOC C601
2021	CHEMLOK 2010	Sulfato férrico 40%	ARIFLOC C601
2022	CHEMLOK 2010	Sulfato férrico 40%	INTER PC 45
2023	ARIFLOC C606	Sulfato férrico 40%	ARIFLOC C601

**Fuente:** JURP

El segundo punto implicó estudiar la infraestructura existente. Como se mencionó anteriormente, la única estructura diseñada y construida a nivel de la bocatoma, corresponde al desarenador principal. A lo largo del Canal Madre, desde donde toman el agua la mayoría de los usuarios, no existe ninguna estructura. En el Sector IV (parcelación Pur Pur), el Estado había construido desarenadores con la finalidad de retirar los aportes de arenas y limos eólicos antes de ingresar a las redes presurizadas de este sector.

Ninguna de estas estructuras retenía la mayor parte de los SS que acarreaban las aguas del río Santa. Esto se pudo cuantificar gracias al análisis granulométricos de los lodos retenidos luego del tratamiento (Tabla 7; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Se puede concluir que no más del 5% de los SS correspondían a arenas, siendo la mayor cantidad de ellos la suma de limos y arcillas, que tienen un diámetro de partícula mucho menor.

**Tabla 7: Análisis granulométrico por sedimentación (ASTM- D422) del agua post desarenado, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.**

Porcentaje de sólidos (%) en la fracción en suspensión (SS)				
Muestra	Grava	Arena	Limos	Arcillas y coloides
1	0.0	4.5	67.0	28.5
2	0.0	4.7	63.9	31.4
3	0.0	4.1	59.9	36.0
4	0.0	4.3	57.9	37.8

**Fuente:** JURP.

Los primeros ensayos en el uso de los agentes floculantes y coagulantes se realizaron utilizando los desarenadores existentes en el sector IV, y los resultados de los ensayos de jarras previos. Durante 2 años, se utilizó también el desarenador del Canal Madre para el tratamiento de floculación/coagulación, ya que los caudales derivados a toda la irrigación (incluidos los valles tradicionales) eran bajos, y el caudal de diseño de esta estructura es de 110 m<sup>3</sup>/s. Actualmente, este procedimiento se realiza en 2 puntos de tratamiento; 1) para los usuarios que se abastecen desde el canal madre del PECH, las estructuras de tratamiento se ubican luego de la toma lateral asignada por el PECH. 2) en el caso del sector IV (Parcelación Pur Pur, lateral 10) en la cabecera de cada Sub Lateral.

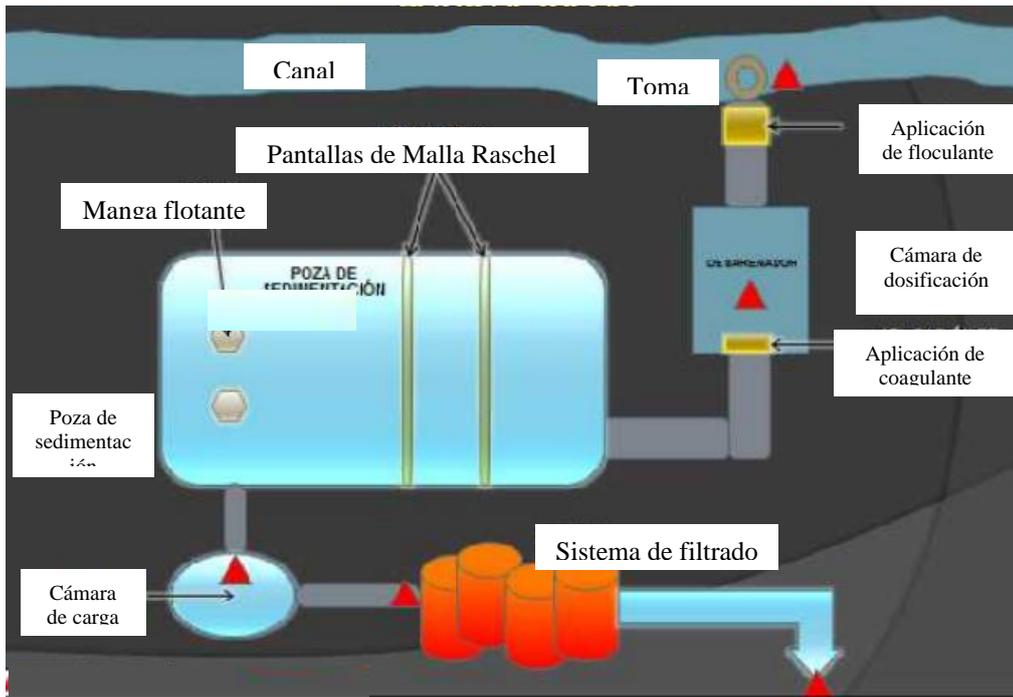
Tras varios años de pruebas y ensayos, se diseñó el siguiente esquema para tratamiento primario, que consta de los elementos a mencionar (Figura 30) (JURP, 2016):

- Compuerta de ingreso para la captación de agua.
- Tuberías o canales de conducción hacia las cámaras y pozas.

- Cámara de dosificación: contiene el *sistema de dosificación*, que suministra los productos y genera turbulencia para facilitar su mezcla con el agua. Es en esta estructura donde los productos floculantes y coagulantes forman los flóculos que aglomeran los SS.
- Poza de sedimentación: recibe el caudal de agua ya con los SS aglutinados en flóculos; el caudal del agua se reparte a lo ancho de la estructura mediante tuberías perforadas y/o bocales de concreto. La mayor cantidad de los SS decantan en los primeros metros del largo de las pozas de sedimentación, llegando a emerger “islas de lodos sedimentados”. Estas “islas” originaban que la velocidad de flujo sea diferente a lo ancho del frente de avance del agua, la introducción del uso de *pantallas* de mallas Raschel para uniformizar la velocidad horizontal del agua en la poza de sedimentación, lo que permite aumentar la eficiencia de la sedimentación de los flóculos. En la parte opuesta al ingreso del agua se ubica una estructura llamada *toma flotante* (Figura 31), innovación propia generada en nuestros primeros años de trabajo. Esta consta de un arnés metálico circular, revestido exteriormente con una lona plastificada; en la base está fijado a una base y/o caja de concreto, en tanto que en la parte superior cuenta con una canastilla metálica con un sistema de flotadores que solo permite el ingreso de la lámina de agua de los 30 cm superiores o “sobrenadantes”, de menor turbidez, para llevarla a la cámara de carga.
- Cámara de carga: recibe el agua tratada de la poza de sedimentación, a través de la toma flotante y las tuberías de conducción. Desde este punto, a través de redes de conducción, el agua sedimentada es entregada a los usuarios para su posterior filtración y uso en el riego de los cultivos.

A su vez, el sistema o cámara de dosificación está integrado por los siguientes elementos (Figura 32):

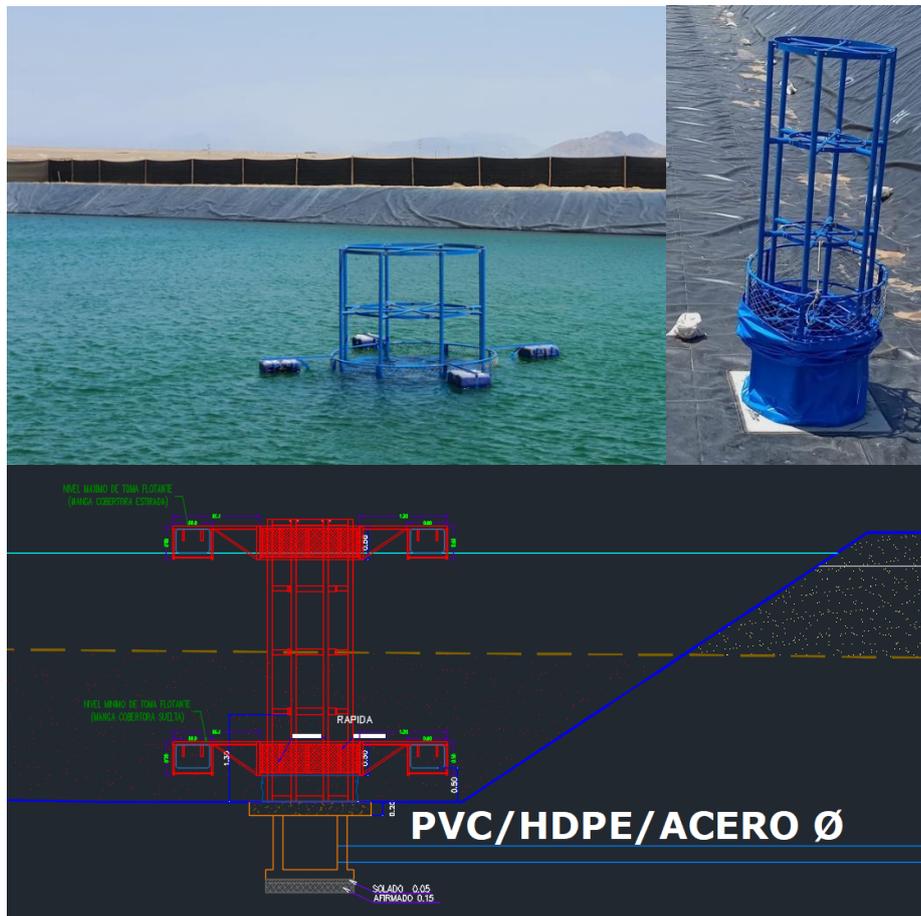
- Tanques de solución madre para floculantes y coagulantes.
- Sistema de agitación: puede ser manual (una vara con paletas) o mecánico.
- Sistema de regulación: consta de una jarra graduada que permite dosificar el producto a suministrar, por cada tanque.
- Sistema de inyección: consta de una “flauta” o un tubo de PVC para agregar el producto en forma de “hilo”.



**Figura 30: Estructuras principales del sistema de tratamiento de aguas.**

**Fuente:** JURP.

**Nota:** los triángulos rojos representan los puntos de monitoreo de turbidez.



**Figura 31: Toma flotante en proceso de instalación.**



**Figura 32: Sistema de dosificación.**

**Fuente:** JURP.

Al compilar todos los resultados, se estableció el procedimiento del tratamiento primario. El mismo consta de los siguientes pasos:

- **Preparación inicial:** Se deben revisar los componentes del sistema y el correcto uso de los equipos de protección personal (EPP) por parte del usuario antes de iniciar la operación para evitar accidentes laborales.
- **Floculación:**
  - a. Solución madre: consiste en una solución concentrada que se diluirá en el agua. Para épocas de alta carga (de diciembre a mayo, entre 1000 a 4000 NTU), se recomienda 500 ppm. Para estiaje (junio a noviembre, de 50 a 500 NTU), se prepara con 100 a 250 ppm.
  - b. Dosificación: se debe aplicar el producto en la zona de mayor turbulencia. Se aplica generalmente cerca a la captación de agua. Para calcular el volumen a aplicar (“Q1”), se utiliza la siguiente aplicación:

$$C_1 \times Q_1 = C_2 \times Q_2$$

Donde “C1” representa la concentración de la solución madre (ppm), “Q1” es el caudal de aplicación (l/min), “C2” es la concentración referencial (dosis óptima de floculante dada una turbidez inicial, para obtener una turbidez final, en ppm), y “Q2” es el caudal a tratar. En la Tabla 8, se muestra las dosis necesarias de floculante aniónico para obtener una turbidez final de 60 NTU.

- **Coagulación:** similar al proceso anterior, el coagulante se aplica en una zona de alta turbulencia, utilizando la metodología anterior. Para el sulfato férrico ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), se suele usar soluciones madre concentradas al 50% (785 000 ppm), y al 1% (10100 ppm), en función a la época del año. Para ello, en las Tabla 8 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestran las dosis de coagulante para obtener una turbidez media de 40 a 60 NTU.

Gracias a esta innovación, se ha instituido la política de mejora continua de este proceso, en la búsqueda de opciones más económicas o eficientes. Por último, ha permitido posicionar a la JURP como el referente nacional en cuanto a tratamiento primario de aguas para agricultura, lo que le permite brindar servicios de asesoría a agricultores y proyectos de irrigación, como por ejemplo al Proyecto Especial Olmos - Tinajones.

**Tabla 8: Dosis recomendadas de floculante aniónico para obtener una turbidez de 60 NTU**

Turbidez inicial (NTU)	Concentración floculante (ppm)
250	0.023
300	0.029
400	0.043
450	0.049
500	0.057
600	0.071
700	0.087
800	0.103
900	0.11
1000	0.118
1100	0.12
1500	0.14
2000	0.16
2500	0.17
3000	0.19
3500	0.21
4000	0.23
4500	0.25
5000	0.27
5500	0.29
6000	0.31
6500	0.33
7000	0.44
7500	0.56



**Tabla 9: Dosis recomendadas de sulfato férrico para obtener una turbidez de 40 - 60 NTU**

Turbidez inicial (NTU)	Concentración Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (ppm)
250	1.5
300	1.8
400	2
450	2.2
500	2.3
600	2.4
700	2.6
800	2.8
900	3
1000	3.1
1100	3.3
1500	4.2
2000	5.1
2500	5.9
3000	6.8
3500	7.7
4000	8.6
4500	9.5
5000	10.4
5500	11.3
6000	12.2
6500	13.1
7000	14
7500	14.9

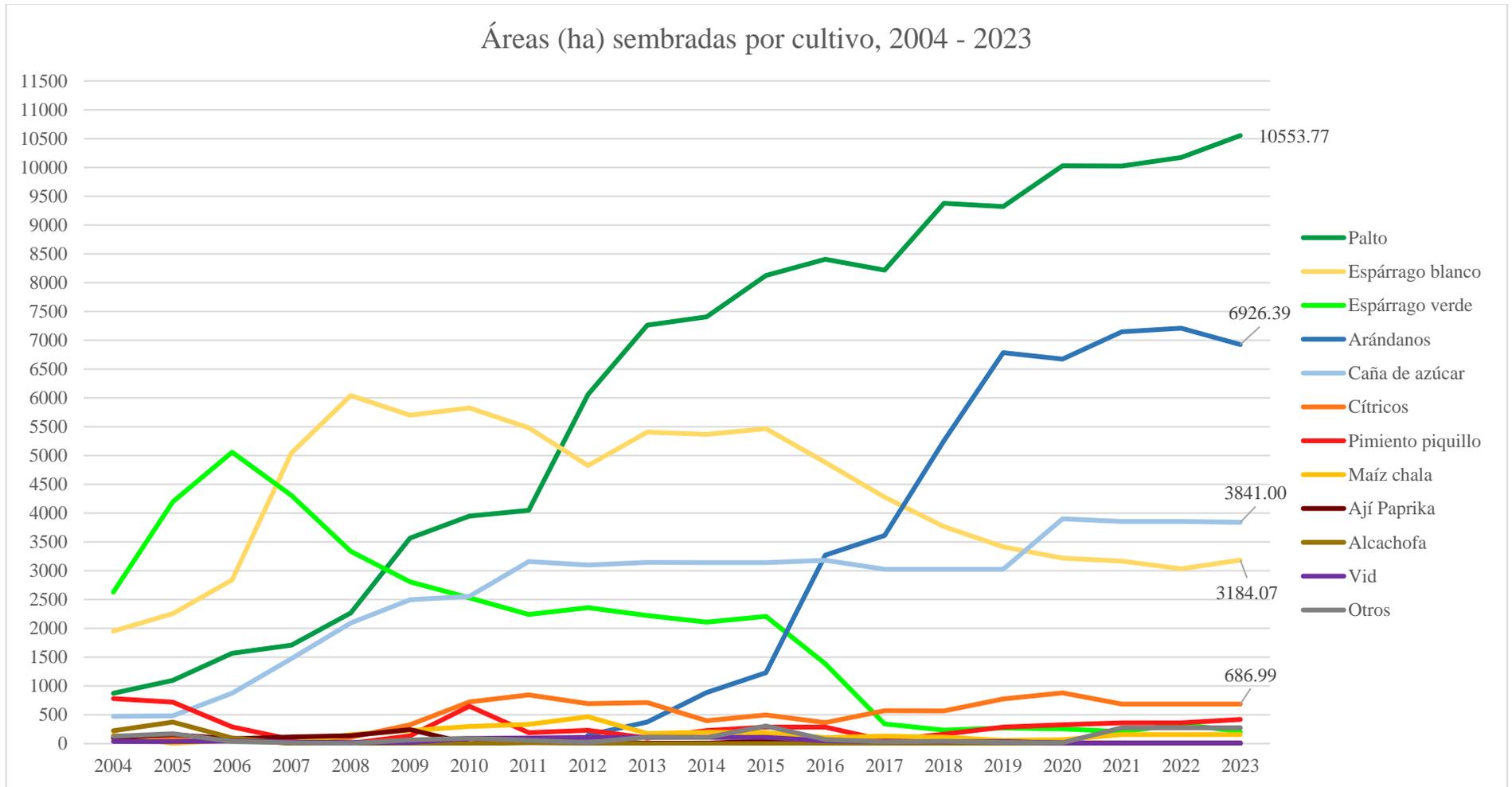
### **3.2. LA ASOCIATIVIDAD COMO ELEMENTO CLAVE PARA LA SOLUCIÓN A LA CRISIS FITOSANITARIA DE 2001 – 2002 EN LA IRRIGACIÓN**

Durante los primeros años de la irrigación Chavimochic, el cultivo principal en las áreas nuevas de la irrigación era el espárrago blanco (Figura 33). La apreciación general era que, al estar en un área desértica y recién incorporada a la agricultura, los problemas fitosanitarios de las áreas nuevas serían mucho menores que en las áreas de valle tradicional, debido a que no habría una presencia natural de plagas y enfermedades. De hecho, esto se dio así durante los primeros años (1996-1999). Sin embargo, al haberse generado un nuevo agroecosistema de monocultivo, sumado a un clima totalmente benigno para el desarrollo de plagas (por ejemplo, temperaturas no extremas y que varían muy poco), se crearon las condiciones básicas para que se establecieran las principales plagas insectiles.

Además, se debe tener en cuenta que las áreas nuevas colindan con los valles Virú y Chao. En dichos años, el cultivo de espárrago ya era muy importante, pues era el más extendido, con 11 000 ha sembradas en dichos terrenos (Cisneros, 2010). Otro cultivo importante en esa época era el “Marigold” (*Tagetes erecta* L.: Asteraceae), usado como colorante para la alimentación animal (Nuraini et al., 2016).

El cultivo del espárrago posee condiciones especiales en la costa norte del Perú en, ya que se puede cosechar dos veces al año. Además, se puede presentar un segundo ciclo de brotación, lo que permite una mayor acumulación de fotosintatos en la corona (Cisneros, 2010). Actualmente, las áreas de este cultivo en la irrigación se encuentran en retroceso frente a otros cultivos considerados más rentables, como el palto (*Persea americana*: Lauraceae) y el arándano (*Vaccinium corymbosum*: Ericaceae) (Quispe, 2023).

En ambos cultivos, la *mosquilla de los brotes* (*Prodiplosis longifila* (GAGNÉ) (Diptera: Cecidomyiidae)) era una plaga ya identificada e importante. La migración de esta y otras plagas a las áreas nuevas era inevitable, pero esto no se comprendía así en dicho momento. Actualmente, se sabe a ciencia cierta que esta plaga es clave para casi todos los cultivos de importancia económica de la irrigación y en general de todo el norte costero (Equipo RedAgrícola, 2017).



**Figura 33: Evolución de áreas productivas de la irrigación Chavimochic por cultivo.**

**Fuente:** JURP (2023).

Al aparecer las primeras infestaciones de Prodiplosis, la principal (y quizá única) medida de control tomada fue el uso de agroquímicos. Productos con ingrediente activo *metamidofos* y *dimetoato*, ambos del grupo de los organofosforados, fueron aplicados masivamente. Al inicio, el control fue eficiente, pero paulatinamente se tuvieron que aumentar dosis y acortar intervalos de aplicación. Se ha estudiado largamente sobre los tipos de resistencia, y se sabe con certeza que este y otros tipos de insecticidas tradicionales generan resistencia en plagas insectiles (Badii y Garza Almanza, 2007), además de afectar a insectos benéficos que no deben ser blancos de la aplicación (Badii y Varela, 2008).

Esto aniquiló cualquier esbozo de control biológico natural, y en definitiva exacerbó las condiciones para el ingreso de nuevas plagas. Entre ellas apareció la mosca blanca (*Bemisia tabaci* (GENNADIUS) (Hemiptera: Aleyrodidae)). Una vez más, la única herramienta a la mano era el control químico. El resultado fue el mismo: inicialmente se controlaban las poblaciones, pero se generó resistencia rápidamente. A las plagas mencionadas se unieron lepidópteros como *Spodoptera frugiperda* (WALKER) (Lepidoptera: Noctuidae), *S. ochrea* (HAMPSON) (Lepidoptera: Noctuidae) y *Chloridea virescens* (FABRICIUS) (Lepidoptera: Noctuidae).

Otro común denominador de la época era la casi nula comunicación entre los equipos técnicos de las diferentes empresas agrícolas asentadas en las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic. No se tenía en cuenta que, a pesar del manejo diferenciado que se pudiera hacer por empresa, todas las empresas estaban ubicadas en un ambiente en común, por lo que el manejo sanitario de un área tendría efecto en las áreas circundantes.

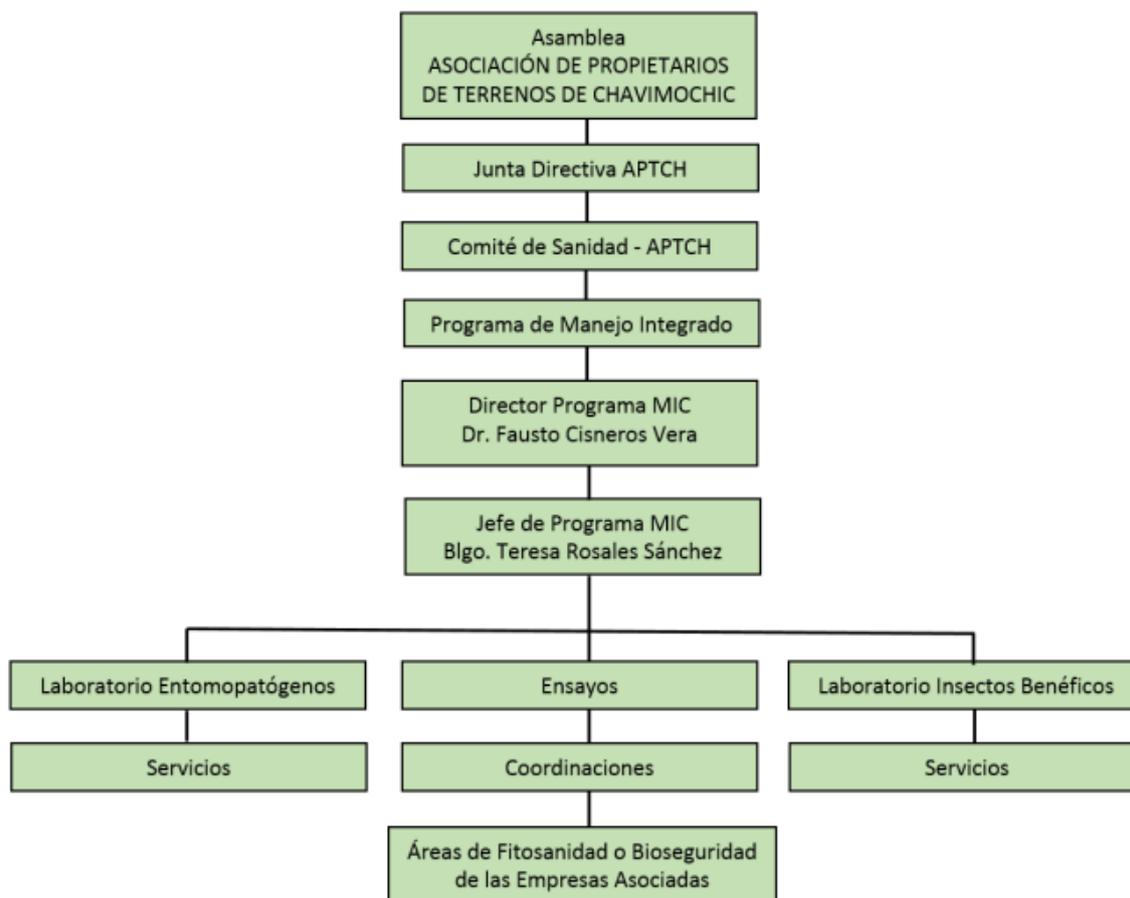
El círculo se volvió vicioso y se llegó a un punto en los años 2000 – 2001, cuando no había forma de controlar la abrumadora poblaciones plagas con agroquímicos. Todo ello ocasionó un incremento drástico en los costos de producción de espárrago. Por ejemplo, los costos fitosanitarios podían ascender hasta USD 1200.00/ha de la época. Además, en esos años, China se estaba convirtiendo en un importante productor de espárrago, lo que aumentó la oferta mundial, y redujo los precios drásticamente (Cisneros, 2005). Esto generó grandes pérdidas económicas, e incluso el cierre de algunas empresas.

Por todo lo anterior, se decidió innovar sustancialmente en el tipo de manejo que se realizaba, enfocado en el Manejo Integrado (MIP). Tal como se menciona líneas arriba (capítulo 2.1.6), no es la primera experiencia en MIP por parte de empresas o productores agrícolas en la

costa peruana. Curiosamente, las condiciones en las áreas de la irrigación Chavimochic eran muy similares a las de esos años en Cañete (monocultivo intensivo, manejo indiscriminado de pesticidas, condiciones ambientales propicias) (Herrera, 2011).

Como menciona el Dr. Fausto Cisneros por esos años, “las crisis generan la apertura para trabajar en conjunto para resolver los problemas”. Cabe resaltar que para establecer un programa MIP, se requiere, además del aspecto técnico, de un liderazgo fuerte y de comprender el concepto de la *asociatividad*, para buscar el beneficio común y no solo el propio. Téngase en cuenta que este concepto significa la formación de un vínculo voluntario con el fin de lograr objetivos en común (CENTA, 2002). Se comprendió que se podía emplear la institución de la APTCH no sólo como ente de representación gremial de las empresas involucradas, si no como una plataforma de cooperación y vigilancia técnica, en este caso, orientado al control fitosanitario.

Es así que, bajo la presidencia del Sr. Marco Aurelio Peschiera Alfaro en la APTCH, y a nivel de gerencias técnicas de las empresas de profesionales como el Ing. Gustavo Guerrero Paretto, Ing. Felipe Venegas Catter, Ing. Pedro Cisneros, entre otros. Tras un periodo de prueba, se decide la creación del Comité de Sanidad del APTCH a finales del 2000, del cual tuve el honor de formar parte durante mi tiempo de labores. El trabajo conjunto de este órgano técnico con las empresas de la APTCH dio inicio al programa de *Manejo Integrado de Cultivos* (MIC) en la irrigación Chavimochic (Castillo, 2018) (Figura 34). Este comité pasa a jurisdicción de la JURP y actualmente funciona como el Departamento de Desarrollo Agrícola de la institución (Figura 15).



**Figura 34: Organización del programa de Manejo Integrado de Cultivos.**

**Fuente:** Castillo (2018).

Se tomó la decisión de contratar al Dr. Fausto Cisneros Vera, profesional de amplia experiencia en dicha materia, para dirigir el programa e implementar un plan de trabajo que logre enrumbar el manejo fitosanitario. Tras un análisis preliminar, se determinó que: (Cisneros, 2005):

- La crisis sanitaria era causada por las enormes poblaciones de *P. longifila*, *B. tabaci*, y noctuidos (Noctuidae) diversos.
- No existía la más mínima colaboración ni cooperación técnica entre las empresas, llegando incluso a culparse entre ellas por las dificultades sanitarias.

Precisamente, este fue el primer problema a resolver. El firme apoyo de las gerencias técnicas de la mayoría de empresas que conformaban la APTCH permitieron romper las “barreras” de los límites de propiedad. Además, se utilizaron técnicas de extensión agrícola como el día de campo, permitiendo la concientización y confraternización de los equipos técnicos de cada empresa por medio de parcelas demostrativas, ubicadas en terrenos

comerciales de las mismas empresas. Todo ello permitió lograr un ambiente de intercambio de experiencias y una mejora en la relación entre los equipos técnicos.

Además, se aprovechó este ambiente para la generación de material técnico didáctico y cursos para la transmisión de información a los equipos y para toda la comunidad del proyecto en general. Esto derivó en la institución de los mismos, explicado más adelante.

Las estrategias fueron implementadas de manera general, sin embargo, sí se realizó un manejo diferenciado para las plagas más importantes (Cisneros, 2005; Cisneros, 2010):

- *B. tabaci*. El único insecticida que funcionaba con cierta eficacia era el imidacloprid, opción muy costosa por esos años, por lo que se fomentó el control biológico con hongos benéficos (*Paecilomyces fumosoroseus* (Hypocreales: Cordycipitaceae)) y parasitoides (*Encarsia pergandiella* HOWARD (Hymenoptera: Aphelinidae)), los cuales se recolectaron de campos no excesivamente aplicados o de flora hospedante. El control de esta plaga era vital para reducir la incidencia del hongo fumagina (*Capnodium* sp. (Capnodiales: Capnodiaceae), cuya infestación era muy notoria en los campos. De hecho, se requería el lavado de los campos para la aplicación correcta del control biológico.
- Noctuidos: Se fomentó el control con insecticidas inhibidores de quitina (p. ej. las benzoilúreas) y la aplicación de *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae). Además, se fomentó el uso de parasitoides específicos para cada especie, los cuales prosperaron debido a la mejor aplicación de insecticidas. Paralelamente, se fomentó el uso de plantas trampa como maíz (*Zea mays* (Poales: Poaceae). Se llegó a recolectar y multiplicar partículas virales del Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN) de larvas de *S. ochrea* encontradas en campo para aplicar a nivel de campo para controlar dicha plaga. Por otro lado, el uso de trampas de luz y agua ayudaron a reducir las poblaciones a un costo bajo.
- *P. longifila*: A diferencia de en los casos anteriores, el control biológico es poco efectivo (tanto por la misma plaga como por las condiciones del cultivo), por lo que se fomentó otros tipos de controles, como el control cultural, p. ej. con la reducción de la humedad manejando el riego (para crear un microclima menos favorable para la plaga, o la limitación del segundo brote en su fenología cuando sea posible. Además, el control mecánico con lavados a presión tenía notable efecto sobre los adultos, debido a que son frágiles. Sin embargo, el control más efectivo fue el control etológico: el uso de trampas de luz con plástico pegante, tanto fijas como móviles (“manteo”).

En el corto plazo, estas medidas lograron una reducción de los costos sanitarios a USD 300.00/ha. Los aportes del MIPE (integrando el manejo de enfermedades) al desarrollo de la irrigación Chavimochic, exceden el haber logrado superar la crisis sanitaria y equilibrar el agroecosistema, manteniendo a plagas, enfermedades y malezas controladas. El mayor aporte ha sido la generación de una cultura del trabajo conjunto mediante la asociatividad para la superación de las dificultades. Los aportes del Comité de Sanidad y el MIPE han sido múltiples a lo largo de estos años, entre los que podemos citar:

- Mejoramiento de la calidad e inocuidad alimentaria de los productos agrícolas de las empresas de la APTCH. Gracias a una mejor aplicación y restricción del abuso de insecticidas, existe un menor riesgo de la acumulación de altos niveles de residuos de productos fitosanitarios en los cultivos, lo que facilita el acceso de los mismos a los mercados internacionales.
- Creación e innovación en diferentes estrategias de control sanitario: El Comité de Sanidad y su equipo técnico fue pionero en llevar con éxito medidas de control biológico en áreas extensas para la agroexportación. Al amparo de estas innovaciones, se han fundado una serie de empresas que crían y producen de manera comercial, controladores biológicos y entomopatógenos, lo que genera empleo y dinamiza la economía local.
- Capacitación y difusión: Se ha permitido el establecimiento de cursos y publicaciones periódicas y especiales, como el Curso de Manejo Integrado de Cultivos y la revista ARENAGRO, de los cuales se hablará más adelante.
- Mejor comprensión del agroecosistema de la irrigación: debido a los problemas sanitarios, se comprendió que las áreas del proyecto no eran un “mero” desierto, si no que dentro de ellas existían complejas interacciones entre la fauna (en especial, la entomofauna), los cultivos, las plantas voluntarias (mal llamadas “malezas”) y los factores abióticos, como el clima. Apaza (2019) propone dividir las áreas del proyecto en 3 “zonas”, en función de sus condiciones agroecológicas específicas, a diferencia de los sectores hidráulicos (

- Tabla 10).

**Tabla 10: Clasificación de zonas agroecológicas de la irrigación CHAVIMOCHIC.**

Zona	Límite norte	Límite sur	Cultivos principales	Temperatura	Humedad
1	Límite sur del valle de Virú	Río Santa	Palto y arándanos	Mayor T° mayor diferencial térmico	Menor
2	Río Seco	Límite sur del valle de Virú	Mayor diversidad de cultivos	Valores medios	Media
3	Valle de Moche	Río Seco	Espárrago	Menores T° menor diferencial térmico	Mayor

**Fuente:** Apaza (2019).

El logro de este programa parte de la firme convicción de que la asociatividad era la única salida frente a la crisis sanitaria del año 2000, cuando se formó el Comité de Sanidad. Este logro tiene aún más mérito si se considera que los inversionistas iniciales en la irrigación provenían de diferentes sectores de la producción y muy pocos tenían una experiencia agrícola anterior considerable. En ello tuvo mucha responsabilidad parte de los directivos y gerencias técnicas que facilitaron el trabajo del Comité de Sanidad y comunicaron los resultados a sus respectivas altas direcciones, además de la visión que tuvo el equipo técnico que dirigió la APTCH durante el proceso. Todo ello para lograr un objetivo mayor que fue y es hasta la fecha, mantener un agroecosistema en donde las dinámicas poblacionales de los insectos plaga, y los niveles de infección de las enfermedades en los cultivos estén a niveles por debajo del umbral de daño económico.

### 3.3. EL PAPEL DE LA JURP EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

El agua es el recurso en torno al que gira toda la actividad realizada por la JURP. Dado el inminente cambio climático, cada vez la disponibilidad de recurso hídrico para la agricultura ha ido disminuyendo. Según la ONU (2020), 20% de las áreas agrícolas mundiales sufren de escasez de agua.

Frente a este grave problema, la gestión del recurso hídrico debe ser *integral*, es decir, se debe considerar todos los usos del agua en su conjunto (no sólo el uso agrícola, si no el consumo humano, el uso industrial, energético, etc.) y *transversal*, es decir, se requiere a todos los actores implicados en el aprovechamiento del agua, desde su lugar de origen hasta su uso final (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada

del Recurso Hídrico, 2005). El trabajo realizado desde la JURP ha seguido este lineamiento desde su origen, persiguiendo la sostenibilidad del recurso.

El río Santa es uno de los ríos más caudalosos de la costa peruana, por debajo de los ríos Tumbes y Chira, pudiendo llegar a ser el más caudaloso en ciertos años (PNUD, 2010). Durante el periodo de lluvias (diciembre – marzo) puede llevar a aforar en promedio mensual sobre los 480 m<sup>3</sup>/s, con picos diarios que pueden pasar los 1000 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, entre los meses de junio a setiembre, los caudales bajan dramáticamente hasta valores promedio mensual bajo los 30 m<sup>3</sup>/s (Figura 26, Anexo 0: Tabla 15). A este periodo se lo denomina de *estiaje*. Durante este periodo, el manejo del recurso hídrico es crucial, debido a su escasez.

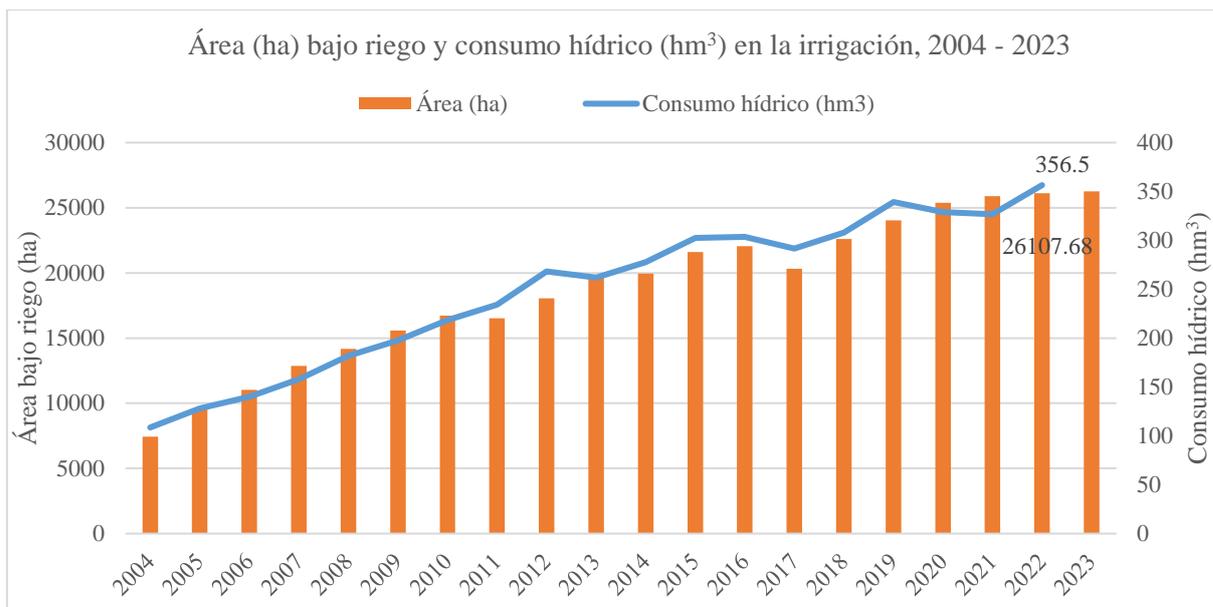
El Santa es la fuente principal de abastecimiento de agua tanto para Chavimochic como para Chinecas. La masa anual que descarga el río ha sido ampliamente estudiada para la formulación de estos proyectos, lo que ha permitido sustentar la factibilidad de su demanda de agua (Landeras Rodríguez, 2004).

Al carecer de las estructuras de regulación y retención de agua (en el caso de Chavimochic, de la presa de Palo Redondo), solo se puede derivar el caudal instantáneo que circule por el río en cualquier día del año. Como es evidente, el suministro de agua para ambos márgenes durante la época de lluvias no es problema, sin embargo, en la época de estiaje, se producen periodos en los cuales no es factible suministrar el agua a ambos márgenes del río en forma libre (Figura 26). Esto se agrava cada vez más con el aumento sostenido de las áreas irrigadas y el consumo hídrico global de toda la irrigación (Figura 35 e Figura 36). Cabe resaltar que existe una cierta tendencia a reducir el consumo hídrico por área (Figura 36), este habría incrementado en el último año para la reserva de agua en reservorios de cada uno de los usuarios<sup>2</sup>. Los periodos de mayor consumo por área parecerían coincidir con los periodos de mayor auge de los cultivos de espárrago y palto (Figura 33).

Durante el periodo inicial de la irrigación Chavimochic, el reparto del agua durante el estiaje originó grandes conflictos con los usuarios del sistema Chinecas.

---

<sup>2</sup> Aguilar (2023). Comunicación personal.



**Figura 35: Área bajo riego y consumo hídrico totales de la irrigación, 2004 – 2023.**

Fuente: JURP (2023)

Nota: hm<sup>3</sup> equivale a 1 millón de m<sup>3</sup>. No se incluye el consumo hídrico de 2023 (aún incompleto).



**Figura 36: Consumo hídrico histórico por área (m<sup>3</sup>/ha) de las áreas irrigadas, 2004 – 2022.**

Nota: Relación entre el consumo hídrico total y el área irrigada total de la irrigación

Bajo este contexto, se inició un trabajo continuo y constante para la mejora de la gestión del uso de agua. Para ello, se empleó varios frentes de trabajo, desde campañas de sensibilización para las demás organizaciones del sistema Chavimochic (p. ej., las Juntas de

Usuario de los valles y sus componentes), así como priorizar el aumento la oferta de agua en esos periodos trabajando con la cuenca alta.

Como primer componente de mejora, se desarrolló una serie de reuniones de trabajo con los equipos técnicos de los usuarios de la JURP para analizar los procedimientos de uso de agua en las diferentes empresas y cultivos. El cambio de cultivos a lo largo del desarrollo de la irrigación, y el aumento de las áreas sembradas, generan necesariamente la necesidad de ir ajustando los módulos de necesidad de agua de los cultivos. En la Figura 35, se muestra el incremento gradual pero sostenido de las áreas irrigadas.

Durante los primeros años, la irrigación fue eminentemente productora de espárrago, sobre todo blanco. Sin embargo, poco a poco fueron incorporándose nuevos cultivos, frutales principalmente, siendo el cultivo de palto el de mayor extensión (Figura 33). Es necesario precisar que ha habido una curva de aprendizaje importante en el riego de este cultivo: inicialmente, se regaba con láminas que llegaban a los 22 000 m<sup>3</sup>/ha/año, lo cual se han reducido considerablemente hasta casi 13 000<sup>3</sup>. En el trayecto, hubo periodos en los que la alcachofa (*Cynara scolymus*: Asteraceae) y los diferentes cultivares de *Capsicum* (Solanaceae) tenían áreas considerables, cultivos en los que la irrigación ha sido pionera en el desierto. Actualmente, el cultivo de mayor crecimiento es el arándano, cuyo sistema de siembra, suelo directo o contenedores, cambia considerablemente el consumo de agua: en suelo directo puede consumirse de 10 000 a 13 000 m<sup>3</sup>/ha, mientras que, en contenedores, puede bajar de 6 a 9 000 m<sup>3</sup>/ha, bajo nuestras condiciones<sup>4</sup>.

Todo ello forzó a los productores a hacer muchas estimaciones (muchas veces erradas) respecto de cómo y cuánto regar, hasta que se pudieron encontrar las láminas idóneas para cada cultivo en la irrigación. En la Tabla 11, se muestra la relación entre las áreas sembradas de tres de los cuatro cultivos principales, según información proveniente de empresas del mismo proyecto<sup>5</sup>. En cuanto a la Huella Hídrica, sólo se considera la Huella Azul, puesto que la Huella Verde (precipitación) es casi nula. No se está considerando la Huella Gris. Los valores son similares a los reportados por Ferreyra y Pérez (2013), Uribe y Riquelme (2013), y SuizAgua Andina Perú (2015).

---

<sup>3</sup> Gonzales (2023). Comunicación personal.

<sup>4</sup> Vega (2023). Comunicación personal.

<sup>5</sup> Quispe (2023). Comunicación personal.

**Tabla 11: Consumo por cultivo principal, huella hídrica, y consumo total en toda la irrigación por cada.**

Cultivo	Área (ha)	Rdto (t/ha)	Consumo agua (m <sup>3</sup> /ha)	Huella hídrica (L/kg)	Consumo total (hm <sup>3</sup> )
Palto	10554	25	13000	520	137.2
Arándano (suelo directo)	6926	22	12000	545.5	83.1*
Espárrago (blanco)	3184	10	14000	1400	44.6

**Nota:** \*se considera el consumo total como si toda el área tuviera el sistema de suelo directo

Las características de los suelos de las áreas nuevas, principalmente arenosos, también suponen un reto para los ingenieros respecto a cómo regar. Todo esto aunado a la presión de obtener las mayores producciones con los costos más eficientes. Siguiendo las enseñanzas de la crisis sanitaria, el compartir experiencias, logros y errores ya no supuso un escollo en el encontrar soluciones. Esto se puede apreciar en la relevancia cada vez mayor del tópico de riego en los cursos anuales de Manejo Integrado de Cultivos de la JURP (ver más adelante).

Además, es de fundamental importancia el monitoreo agroclimático y meteorológico de las áreas que comprenden la irrigación. Tal como se demostró en el capítulo 3.2 (

Tabla 10), las áreas del proyecto no son completamente homogéneas. Es por ello que la JURP realiza el monitoreo meteorológico de la zona de su jurisdicción, mediante apoyo de las 3 estaciones del PECH ubicadas en las áreas de influencia cada valle. En el Anexo 0, se detallan los niveles de evapotranspiración potencial ( $ET_0$ ) históricos de dichas estaciones.

Por otro lado, se buscó especializar a la institución en el manejo eficiente del agua, mediante asesorías externas especializada. El Dr. Albert Avidan (Figura 37), del Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola (CINADCO), institución israelí especializada en esta materia, ofreció en 2011 las consultorías tituladas “Optimización del consumo de agua de los cultivos instalados en las áreas nuevas en el ámbito de la irrigación Chavimochic” y “Validación de una metodología para determinar los módulos de riego con el fin de optimizar el consumo de agua en los cultivos de espárrago y palto del sector 5 de la irrigación Chavimochic” en el año 2011, financiada por el FINCYT (Fondos para la Innovación, Ciencia y Tecnología) del Ministerio de la Producción. Esta consultoría permitió sustentar técnicamente la necesidad de aumentar el módulo de riego para su solicitud posterior (capítulo 3.4).



**Figura 37: Calicata para la observación de la zona radicular del espárrago durante visita técnica del Dr. Albert Avidan.**

**Fuente:** Avidan (2011).

El segundo frente es el trabajo interinstitucional para la sensibilización sobre la situación: las áreas nuevas de la irrigación solo tienen al río Santa como fuente de agua para su sustento. Por otro lado, los valles tradicionales de Chao, Virú y Moche cuentan con su propia fuente de agua. El agua del Santa es complementaria para equilibrar déficit hídrico de su fuente natural. Además, se tiene un acuífero subterráneo casi inexplorado.

Aunque la JURP no tiene jurisdicción sobre estos usuarios, es necesaria la implicación de todos los actores implicados en la gestión del agua. Para abordar esta problemática, se realiza una labor de extensión capacitación de los pequeños agricultores del valle en el uso eficiente del agua del canal. Estas actividades se ejecutaron a través de sus juntas y comisiones respectivas, las cuales no siempre cuentan con el soporte adecuado.

De similar manera, se realizó el trabajo de sensibilización con los usuarios de Chinecas, el otro sistema hidráulico beneficiario del Santa, para que se interiorice que es necesario aumentar la eficiencia del uso del agua a nivel integral. Es por ello que se inició el diálogo articulado con las autoridades y organizaciones de usuario de los valles mencionados.

El trabajo de muchas reuniones entre las organizaciones de usuarios de ambos sistemas hidráulicos, los proyectos especiales de ambos márgenes, las ALA, entre otras organizaciones de base, con el apoyo de ambos gobiernos regionales, tuvo su primer fruto en el acta del Plan de Contingencias del río Santa de 2006, acuerdo que derivó en años posteriores, entre varias modificaciones, en la R. A. 185-2011-ANA-ALA-SLN - Plan de Operación y Restricciones - Época de Estiaje del Río Santa - Año 2012, vigente hasta el día de hoy. Cabe mencionar que fue la JURP la gran impulsadora de estos acuerdos.

Dicho documento establece un reparto de aguas del río cuando su caudal (medido en la Estación Condorcerro) es menor a 37.5 m<sup>3</sup>/s (respetando el “caudal ecológico” de 5 m<sup>3</sup>/s), donde el 69 % le corresponde a Chinecas y el 31 %, a Chavimochic. Además, sirve de marco de acción para las diferentes situaciones que se pueden generar por la fluctuación de los caudales diarios y horarios del río Santa durante el estiaje. Actualmente, este reparto se encuentra en 60 % para Chinecas y 40 % para Chavimochic<sup>6</sup>.

Más allá de la discusión si este reparto era justo o no, lo más importante fue el poder sentarse a conversar sobre la problemática. Durante muchos años, grupos políticos de la zona de influencia del proyecto Chinecas usaban el argumento que el uso del agua del Santa debe ser casi exclusivo de la región Áncash debido a que se origina en la Cordillera Blanca, geográficamente ubicada en dicha región. Esto llevo a extremos en el primer quinquenio de los 2000, tras los intentos de toma y amenazas de destrucción de la bocatoma de Chavimochic. A partir de los acuerdos de 2006, fue posible sentarse en una mesa a analizar

---

<sup>6</sup> Rosales (2023). Comunicación personal.

y discutir cómo gestionar el recurso hídrico en estos periodos de escasez. No es objetivo de este trabajo analizar los niveles de uso de agua.

Un tercer elemento de trabajo es el trabajo de sensibilización desde 2016 con las comunidades de la cuenca alta del Santa, principalmente la Comunidad Campesina de Cruz de Mayo en la provincia de Caraz, dado que esta comunidad maneja el desembalse de la Laguna Parón (es decir, la descarga sobre el río), una de las más importantes de la Codillera Blanca. Esto supone lograr tener un caudal adicional de hasta **5 m<sup>3</sup>/s** al caudal natural de escorrentía en el periodo de estiaje. El equipo técnico de la JURP realiza constantes monitoreos a pequeños cursos de agua que aportan a la cuenca (Figura 38).



**Figura 38: Monitoreo de la calidad de cursos de agua en la cuenca alta.**

**Fuente:** JURP.

Esto se ha logrado mediante mesas de trabajo entre los dirigentes de la comunidad y la JURP para analizar los aportes que se pueden realizar al desarrollo productivo de la comunidad como compensación al aporte del agua durante el estiaje, tan necesario para la irrigación Chavimochic. Los resultados se han concretado en las siguientes acciones:

- Implementación de un vivero forestal en Caraz, para la producción de especies nativas como el queñual (*Polylepis* spp.: Rosaceae), que fomentarán la recuperación de la flora nativa de la cuenca, con la consecuente mejora de la recarga hídrica (Figura 39).

- Importación de germoplasma de claveles (*Dianthus caryophyllus*: Caryophyllaceae) y de gladiolos (*Gladiolus* spp: Iridaceae) para mejorar de la calidad y productividad en la producción comunal de flor de corte (Figura 40).
- Innovación en las alternativas de producción con cultivos de alta rentabilidad como el arándano, los que cuentan con asistencia técnica constante (Figura 41).
- Donación de equipos, materiales e insumos para la producción como geomembrana y fertilizantes (Figura 42).
- Pasantías de capacitación técnica de integrantes de la comunidad en las empresas de la JURP en temas productivos.



**Figura 39: Siembra de queñuales producidos en el vivero implementado.**

**Fuente: JURP.**



**Figura 40: Producción de clavel con germoplasma importado.**

**Fuente: JURP.**



**Figura 41: Producción local de arándano con apoyo institucional.**

**Fuente: JURP.**



**Figura 42: Donación de geomembrana para construcción de reservorios.**

**Fuente: JURP.**

Como cuarto elemento de trabajo, tenemos a la capacitación de los usuarios de ambos proyectos. Se logró calificar a una pasantía internacional con fondos del FINCyT denominada “Misión Tecnológica para realizar visitas de observación sobre nuevas tecnologías para la distribución de agua con asociaciones de regantes vinculadas al sector agroindustrial” en el año 2015. El objetivo de esta pasantía fue llevar a los presidentes y gerentes técnicos de varias juntas de usuarios de los valles tradicionales en el ámbito de ambas irrigaciones para poder observar de primera mano cómo se gestionan sistemas hidráulicos de múltiples usuarios. El destino elegido fue España, puesto que dicho país tiene una gran experiencia y tradición en la gestión de los recursos hídricos, las legislaciones de ambos países son muy similares, y culturalmente, la actividad agrícola española tiene un gran componente de pequeña agricultura.

Un último elemento para mejorar la gestión del agua fue la creación de infraestructura para aliviar el estrés hídrico durante la época de estiaje. Si bien la construcción de infraestructura mayor es competencia del PECH, la JURP ha implementado reservorios menores para enfrentar este periodo; que tienen desde poco más de 30 000 hasta más de 400 000 m<sup>3</sup> de capacidad en promedio. Estos 89 reservorios logran en conjunto más de 6 hm<sup>3</sup> o 6 millones de m<sup>3</sup> (Tabla 12). Cabe resaltar que las empresas usuarias también han instalado sus propios reservorios para hacer frente al periodo de estiaje.

**Tabla 12: Reservorios instalados por la JURP por sector.**

Sector	Reservorios	Capacidad (m <sup>3</sup> )
I	39	2877000
II y III	4	1648000
IV	30	976677
V	16	592500
Total	89	6094177

**Fuente:** JURP

Todo el trabajo realizado durante estos años ha generado un ambiente de cooperación, entendimiento y mejora del nivel de gestión de las organizaciones de usuarios de los valles tradicionales, los cuales ven en la JURP un aliado, no un rival, en el uso del agua. Esto permite analizar, discutir y llegar a consensos para la gestión de los problemas.

No obstante, a pesar de estos y todos los esfuerzos en conjunto, no se han podido evitar algunos periodos de escasez crítica de agua durante el estiaje. Es necesario reconocer los denodados esfuerzos de las áreas de riego de las empresas en llevar a cabo esta actividad en las etapas más secas, una coordinación diaria milimétrica entre su área y la misma JURP. Muchas veces, sin embargo, las empresas se ven forzadas a priorizar el riego de sus cultivos más rentables o sensibles<sup>7</sup>, dejando de regar los otros, lo que conlleva a una evidente reducción de su productividad global.

El incremento de áreas de cultivo en la irrigación Chavimochic y Chinecas, y eventos externos como el cambio climático, hacen cada vez más probables las pérdidas económicas derivadas de la incapacidad de suministrar el volumen necesario para el adecuado riego de los cultivos.

Sin embargo, todo lo aprendido y logrado en estos años permite ver con optimismo el futuro, seguros de poder encontrar las soluciones a esta problemática, y siempre teniendo en mente que el trabajo conjunto es la herramienta más poderosa para evitar los conflictos.

### **3.4. LA GESTIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DE MÓDULOS DE RIEGO Y ESTABLECIMIENTO DEL COSTO DEL AGUA**

---

<sup>7</sup> Quispe (2023). Comunicación personal.

Gracias a la fortaleza técnica de la JURP, se logró gestionar la ampliación de módulo de riego, es decir, la lámina autorizada de agua para cada empresa agrícola, por parte del Proyecto Especial Chavimochic. Además, se acordó la tarifa del costo de agua, respetando los contratos de licencia de agua otorgados en la compra de terrenos en la irrigación (Anexo 0). Los criterios utilizados para dicha gestión fueron económicos y legales, pero, sobre todo, agrícolas.

La privatización de tierras en la irrigación Chavimochic marcó un hito en la agricultura peruana del siglo XX. Al amparo de la modificación en la legislación en los años 90, se permite la transferencia de tierras del estado al sector privado:

- Ley 26505, Art. N° 4: “El Estado garantiza a toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera el libre acceso a la propiedad de las tierras, cumpliendo con las normas del derecho sustantivo que las regula”. Promulgada el 17 de julio de 1995.
- D.S 011-97-AG, Art. N° 4: “Las tierras que pueden ser otorgadas a la inversión privada son todas aquellas susceptibles de tener aprovechamiento agropecuario”. Promulgado el 12 de junio de 1997.
- D.S 011-97-AG, Art. N° 5: “Las garantías al derecho de propiedad reconocidas en el Artículo 70 y 88 de la Constitución y en la Ley, implican que por ningún motivo se podrá imponer limitaciones o restricciones a la propiedad de las tierras distintas a las establecidas en ellas”.

La primera subasta de tierras del PECH se realiza entre el 13 al 20 de agosto de 1997 (ver Tabla 3). El Estado, al transferir en compraventa las tierras del PECH dentro de las cláusulas del contrato, fijaba la asignación del derecho de agua con la característica de licencia (Ley N° 29338. Ley de los Recursos Hídricos, 2009). Este contrato definía un volumen anual o *módulo de agua* de 10 000 m<sup>3</sup>/ha/año, y estipulaba un precio de USD 0.025 por m<sup>3</sup> consumido. De este valor, se tenía que sufragar los costos de operación y mantenimiento, y las tarifas *TUIHMA* y *TUIHME*, detalladas más adelante.

Como es de suponer, la situación es muy diferente que hace más de 25 años. El continuo crecimiento de las áreas de cultivo y los periodos de estiaje, entre otros factores, generan que la presión de los usuarios y sus organizaciones hacia el Estado y el Gobierno Regional para demandar más cuota de agua sea cada vez más alta. Todo ello con el fin de poner en marcha la 3ra etapa del Proyecto. La presa Palo Redondo y sus más de 400 hm<sup>3</sup> de capacidad pueden almacenar los grandes volúmenes de agua que año a año se pierden en el mar, así aliviando la situación de estrés hídrico durante el estiaje.

La primera iniciativa para la ejecución de la tercera etapa de la irrigación Chavimochic se produjo en el año 2008 – 2010. El 19 de abril del 2010 el MEF, mediante Oficio N° 1607-2010-EF/68.01, da la viabilidad del Proyecto “Chavimochic Tercera Etapa - Primera Fase” con código SNIP 90449, proyecto que también fue impulsado por el Gobierno Regional de La Libertad. Sin embargo, el proceso de sensibilización obligatorio sobre el tema fue muy mal planteado, por decir lo menos. La legislación vigente obligaba al Estado a garantizar la devolución de la inversión realizada por el mismo a través de la venta de tierras y agua, así como que los costos de operación y mantenimiento sean íntegramente asumidos por los usuarios del agua.

El proyecto de la tercera etapa se sustentaba en buena medida en el aumento de las tarifas de agua para riego en más de 170%. Más allá del impacto en el costo de producción en los cultivos, el aspecto más relevante era que, desde el punto de vista jurídico, los costos del agua formaban parte de los contratos de compraventa de las tierras, tal como se mencionó. Por lo tanto, cualquier modificación no se podía hacer unilateralmente.

Se realizaron una serie de reuniones entre la JURP y otras organizaciones de usuarios, la APTCH, y la Cámara de Comercio de La Libertad, con las organizaciones estatales (PECH, MINAG, ANA, MEF, PROINVERSIÓN), en las cuales se sustentó técnicamente que los supuestos de no afectación del incremento de la tarifa de agua para permitir la ejecución de la 3ra etapa eran errados. Sin embargo, no se llegó a ningún acuerdo.

Esto llevó a los integrantes de la JURP a que, mediante acuerdo de su Asamblea General, tomen la decisión de interponer acciones judiciales. Estas se plasmaron en una medida cautelar y una acción de amparo ante el Juzgado Mixto de Virú el 18 de agosto de 2010. Dichas acciones legales fueron aceptadas y se mantuvieron vigentes hasta 2012.

Durante dicho periodo, se puso en marcha un proceso de negociación entre los involucrados para lograr un esquema que permita la ejecución de la tercera etapa, respetando los contratos de compraventa que exigía que la operación y mantenimiento de la infraestructura mayor sea financiada por los usuarios de agua. En el Anexo 00 , se puede ver detalladamente el modelo vigente del contrato de compraventa.

El eje central de la discusión se basó en lograr un aumento en el módulo de agua, que originalmente era de 10 000 m<sup>3</sup>/ha/año. Este módulo es superado por los requerimientos de la mayoría de los cultivos en aproximadamente un 20 a 40 % (Tabla 11). Además, existe una

serie de usos del agua que no fueron considerados dentro de la actividad agrícola en sí, pero que generan un impacto en el consumo total; p. ej., el lavado de mangueras, lavado de equipo agrícola, afirmado de caminos, etc. Por otro lado, se debe considerar la Huella Gris, es decir, la fracción del agua que se contamina por la actividad (Ferreyra et al., 2013).

Asimismo, se solicitó que áreas que inicialmente se consideraban sin derecho de agua (“áreas no contempladas”), por ejemplo, laderas de gran pendiente, puedan ser incorporadas en las licencias de agua, ya que el desarrollo tecnológico de riego permitía su explotación en forma rentable.

Bajo un enfoque *ganar-ganar*, se pudo llegar a un acuerdo conciliatorio el 4 de abril de 2012, en el que se reconocía por un lado el impacto negativo que un incremento en las tarifas de más del 170 % hubiera generado a la rentabilidad y viabilidad económica de los usuarios integrantes de la JURP.

Se analizó el historial del balance hídrico que sustentaban las dotaciones de agua a las áreas nuevas y su consumo histórico registrado (ver Figura 36), por lo que se concluyó que existía recurso para aumentar el módulo de riego hasta 15 000 m<sup>3</sup>/ha/año para las áreas nuevas. Esto quedó plasmado en las adendas a los contratos de compraventa que se firmaron para los lotes transferidos a la fecha de realización de esta negociación.

Es oportuno mencionar que el precio del agua que se cobra al usuario se compone de 4 elementos: 1) la *TUIHMA* o tarifa por la utilización de infraestructura hidráulica mayor, que es el pago por el uso de la infraestructura, en este caso, del PECH. Es la sumatoria de las alícuotas por la tarifa de *Amortización* de las inversiones, y la tarifa por *Operación y Mantenimiento*. 2) *TUIHME*, similar al anterior, pero dirigido a la infraestructura menor; permite el funcionamiento de la JURP. 3) *Retribución económica* para la infraestructura estatal. 4) *Autogravamen* acordado por los usuarios. No es propósito del presente documento discutir las tarifas de cada uno de los componentes mencionados.

Por otro lado, se aceptó que la *TUIHMA* tenga tres valores según el rango de consumo de los usuarios (Tabla 13). Esto estaba amparado en el acuerdo conciliatorio firmado entre la JURP y el Gobierno Regional La Libertad y ratificado en las adendas a los contratos de compraventa de las tierras en propiedad de los usuarios de la JURP. Estos acuerdos permitieron que el Estado Peruano otorgara nuevamente la viabilidad a la ejecución de la

tercera etapa del Proyecto Especial Chavimochic, tal como queda expuesto en el Informe Técnico N° 030-2013-EF/63.01 (Oficio 2743-2013-EF/63.01).

**Tabla 13: Tarifa TUIHMA consensuada (en USD/m<sup>3</sup>) según adendas a los contratos de compra venta de las tierras nuevas de la irrigación Chavimochic.**

Rango de consumo	Amortización	O y M	Total TUIHMA
< 10 000 m <sup>3</sup> /ha/año	0.015000	0.006062	0.021062
Entre 10 000 y 13 000 m <sup>3</sup> /ha/año	0.026200	0.006062	0.032262
Entre 13 000 y 15 000 m <sup>3</sup> /ha/año	0.062902	0.006062	0.068964

**Nota:** O y M: Operación y Mantenimiento

El proceso documentario necesario para validar estos acuerdos tomó varios años. Esto no solo significó el respeto a los contratos y al ordenamiento jurídico fundamental, amparado en nuestra constitución; si no que también evidenció el alto nivel ético y profesional de la JURP, tanto de su equipo técnico y dirigencial, quienes lograron representar los derechos de sus usuarios ante el Estado. Por otro lado, los directivos de las empresas usuarias requerían tener documentación que permita sustentar frente a los inversionistas que dichas inversiones eran sostenibles al asegurar una dotación de agua un precio justo.

Gracias a ello, este tarifario sirvió de base para las **constantes actualizaciones** del precio del agua, tal como se puede apreciar en las adendas y las resoluciones administrativas de aprobación de las tarifas desde 2014 en adelante. Sin embargo, esto no ha evitado que se generen desacuerdos entre el PECH y la JURP en el aumento del TUIHMA (R. A. N ° 025-2017-ANA/AAA-IV-H-CH/ALA MOCHE-VIRU-CHAO).

### **3.5. LA JURP COMO AGENTE DE CAPACITACIÓN, ASESORÍA Y EXTENSIÓN**

Desde su creación como CRRPVV, la JURP sirve como una institución de extensión y capacitación. La comunidad a la cual va a dirigido estos esfuerzos no solo la conforman las empresas agroindustriales del proyecto, sino también los agricultores de los valles tradicionales, comuneros de la cuenca alta, e incluso, el público en general.

Este trabajo es ejecutado por el **Área de Capacitación y Extensión Agrícola**. Se ubica jerárquicamente dentro de la Dirección de Desarrollo Agrícola (Figura 15), y se dedica a la capacitación y extensión de los profesionales y técnicos de las empresas usuarias. La JURP es tal vez, la única organización de usuarios que posee un área específica de desarrollo, extensión y capacitación agrícola en el Perú. Dicha área se formó siguiendo los lineamientos del antiguo Comité de Sanidad. Las principales iniciativas impulsadas por esta área son:

### **3.5.1 Jornadas y cursos periódicos de capacitación**

Estas jornadas y cursos técnicos están a cargo de asesores expertos. Siguiendo la línea de trabajo del Comité de Sanidad, el área de trabajo más impulsada, aunque no la única, es la fitosanidad. Estas visitas son realizadas por los expertos Dr. Jorge Castillo Valente y Dr. Walter Apaza Tapia, asesores permanentes de la JURP y expertos en MIP. Gracias a su conocimiento de la irrigación y comunicación constante con los equipos técnicos de sanidad de las empresas usuarias, poseen una visión actualizada a gran escala de los principales problemas fitosanitarios para brindar mejor seguimiento técnico.

Por otro lado, el equipo técnico de la Dirección de Operación, Mantenimiento, y Desarrollo de la Infraestructura Hidráulica (OPEMADE) realiza visitas periódicas a los usuarios para el seguimiento de la calidad del agua de riego y del correcto uso de la infraestructura hidráulica y sistemas de riego y filtrado.

En conjunto, hasta 2016 se han capacitado alrededor de 2500 personas en estos cursos de capacitación (Castillo, 2018). Todo ello busca evitar repetir experiencias pasadas como la crisis fitosanitaria de 2001, además de mejorar la productividad de los usuarios (cap. 3.2) (Figura 43, Figura 44).

### **3.5.2 Conferencias y cursos institucionales**

Desde su fundación como CRRPVV, la institución ha utilizado los eventos institucionales para la difusión de conocimientos, debido a su efectividad e impacto social.

El curso más destacado es el *Curso de Manejo Integrado de Plagas en la Irrigación Chavimochic*. Este curso se realiza fue iniciado como *Manejo Integrado de Mosca Blanca y Prodiplosis* (Figura 45), y se celebra anualmente desde 2001, con excepción del año 2020, debido a la coyuntura de la pandemia del SARS-CoV-2, y el presente año 2023 se celebra el

número XXI (Figura 46). Este evento se celebra en la ciudad de Trujillo o en la sede institucional de la JURP.

La temática es el manejo de los cultivos principales de las áreas de la irrigación, sobre todo (pero no exclusivamente) en el aspecto sanitario. Se presentan ponentes nacionales e internacionales, expertos en su materia, tanto de la academia como de la actividad empresarial. Este evento tiene repercusión local y nacional (RedAgrícola, 2017).

La JURP realiza otros cursos institucionales especializados en el manejo de algún cultivo o temática de interés, puntual o periódicamente. Según Castillo (2018), cerca de 2500 personas han recibido estos cursos institucionales, entre personal técnico de las empresas usuarias o terceros.



**Figura 43: Visita de campo de los asesores Dr. Jorge Castillo y Dr. Walter Apaza.**

**Fuente:** JURP



**Figura 44: Taller de capacitación especializado a cargo del Dr. Jorge Castillo.**

**Fuente: JURP.**

# CURSO

## Manejo Integrado de Mosca Blanca y Prodiplosis

Trujillo, 11, 12 y 13 de Octubre del 2001

Organiza: Asociación de Propietarios de Terrenos de Chavimochic APTCH

Lugar : Auditorio Universidad Privada Cesar Vallejo

### Jueves 11 de Octubre

- 8:00 am Inscripciones y entrega de materiales.
- 10:00 am Inauguración del Curso.
- 10:30 am Fundamentos de Manejo Integrado de Plagas . Dr Fausto Cisneros Vera (PERU)
- 12:30 pm Receso e Inauguración de Feria de Productos Agroecológicos.
- 2:30 pm Ecofisiología. Ing. William Mondragón (COLOMBIA)
- 4:30 pm Identificación de Plagas y Enemigos naturales. Dra. Elizabeth Núñez S. (PERU)
- 6:30 pm Refrigerio.
- 6:40 pm Experiencias en Colombia con el Manejo Integrado de Plagas. Dr. Alejandro Madrigal (COLOMBIA)

### Viernes 12 de Octubre

- 8:00 am Evaluación de Plagas y Enemigos naturales. Dr. Fausto Cisneros V. (PERU)
- 10:00 am Refrigerio.
- 10:15 am Control Biológico. Dra. Elizabeth Núñez S. (PERU)
- 12:30 pm Receso.
- 2:30 pm Control Etológico. Ing. Victor Soto (PERU)
- 4:00 pm Estrategias compatibles con el control biológico. Dr. Alejandro Madrigal (COLOMBIA)
- 5:15 pm Refrigerio.
- 5:30 pm Manejo Integrado de Mosca Blanca y Prodiplosis. Dr. Fausto Cisneros V. (PERU)
- 7:00 pm Experiencias en Chavimochic con el Manejo Integrado de Plagas. Entom. Fernando Díaz S. (PERU)

### Sábado 13 de Octubre

- 7:30 am Día de Campo. Salida de Trujillo.
- 8:00 am Visita a BPM, Agricultor, Laboratorios Campamento San José.
- 1:30 pm Clausura del Curso.
- 1:45 pm Almuerzo de Camaraderia. Campamento San José.

Costo: US\$ 60.00 Participantes. (maletín, hojas de trabajo, folder, cd, lapicero, refrigerios, certificado, almuerzo de clausura)

US\$ 20.00 Estudiantes. (hojas de trabajo, folder, lapicero, resúmenes, refrigerios, certificado)

US\$ 50.00 Derecho de stand en la Feria de Productos Agroecológicos.

---

**Figura 45: Programa del I Curso de Manejo Integrado de Mosca Blanca y Prodiplosis en 2001.**

**XXI** CURSO  
**Manejo Integrado de Plagas**  
 en la Irrigación  
**Chavimochic**

18-19-20  
 OCTUBRE

Sede Institucional JURP  
 Carretera Panamericana Norte KM 520.8  
 Sector Santa María - Virú - La Libertad.

[www.jriegopresurizado.org.pe](http://www.jriegopresurizado.org.pe)

JUNTA DE RIEGO PRESURIZADO

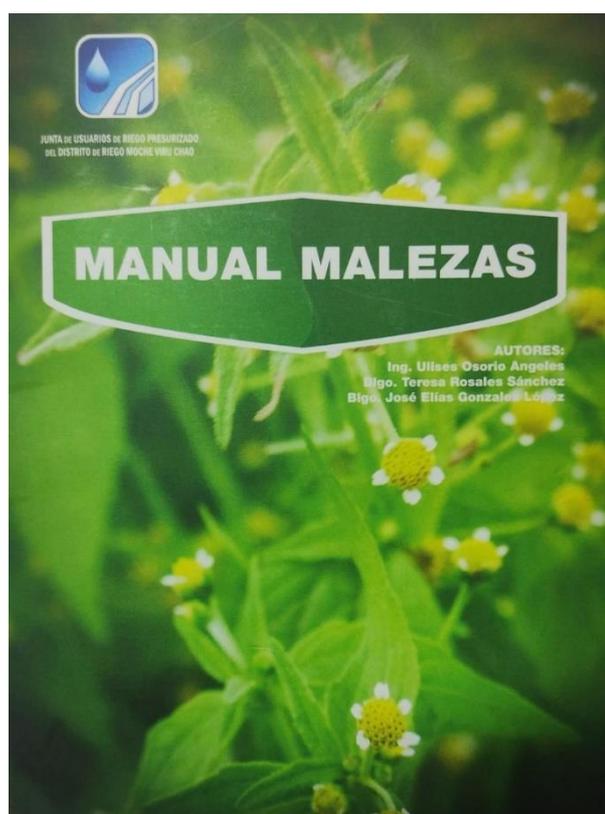
Figura 46: Afiche publicitario del XXI Curso de Manejo Integrado de Plagas en la Irrigación Chavimochic.

Fuente: JURP.

### 3.5.3 Publicaciones especializadas

La JURP también promueve el uso de publicaciones especializadas, tanto únicas como periódicas, como herramienta de difusión importante para la comunidad en general.

La institución publica diversos boletines y folletos especializados en diversas materias, con el fin de difundir conocimientos para la mejora de la productividad agrícola. P. ej., el *Manual de Malezas* (Osorio et al., 2013) está enfocada en el manejo de malezas típicas de la irrigación (Figura 47).



**Figura 47: Manual de Malezas.**

**Fuente:** Osorio et al. (2013).

La principal periódica publicación de la JURP es la revista *ARENAGRO*, editada desde 2005. Esta publicación institucional se realiza semestral o anualmente, y se encuentra en su edición N° 20 (Figura 48). En la revista se abordan tópicos sobre manejo e investigación en los principales cultivos, a cargo de asesores propios o externos, personal técnico de las empresas de la irrigación, casas comerciales, universidades u otros centros de investigación. Además, se publican artículos sobre la actividad de la JURP, y se abordan temas de interés sobre el agro regional y nacional.



Figura 48: Portadas de la revista Arenagro: N ° 1 (2005) y N ° 20 (2019).

Por último, la JURP publica desde 2020 un *Boletín Técnico* como complemento especializado de la revista ARENAGRO, dedicado a un tema en específico, generalmente del área de sanidad agrícola. A la fecha, cuenta con 7 ediciones (Figura 49).



**Figura 49: Primera edición del Boletín Técnico de la JURP.**

Fuente: Apaza (2020).

### **3.5.4 Extensión agrícola al área de influencia de la irrigación**

Si bien la JURP no tiene la jurisdicción sobre los agricultores de los valles ni de los agricultores y comuneros, todos son beneficiarios del agua de la cuenca del Santa proyecto. Tal como se menciona en el capítulo 3.3, la extensión agrícola, capacitación y sensibilización en el manejo de recursos hídricos es un componente fundamental en su gestión. Por otro lado, la JURP también realiza labor de extensión en otras áreas del manejo agrícola, como el MIPE, la fertirrigación, entre otros. Se conoce que existe un alto porcentaje de agricultores en la zona están ávidos de recibir conocimientos del uso eficiente del agua de riego por parte de especialistas en el área.

### **3.6. LOS RETOS FUTUROS PARA LA IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC Y SUS POSIBLES SOLUCIONES**

La irrigación Chavimochic ha sorteado grandes retos y problemas a lo largo de su historia, la gran mayoría de manera satisfactoria. Durante estos años se ha logrado superar múltiples desafíos, tal como se detalla en el presente trabajo. Gracias a ello, la irrigación es un referente mundial de la agricultura tecnificada.

La JURP, como actor central en su desarrollo, ha trabajado de la mano de las empresas usuarias, los agricultores de los valles tradicionales, las comunidades de la cuenca del Santa, la antigua APTCH, el PECH, el ANA y sus subsidiarias, las autoridades locales, regionales y nacionales, y la sociedad en general. Esto ha permitido un intercambio de opiniones que han ayudado a la resolución de problemas, detección de oportunidades de mejora y el fomento del desarrollo agrícola.

Desde su creación, sus integrantes, es decir, las empresas usuarias, han propiciado las condiciones para que un equipo técnico gerencie y ejecute los lineamientos que sus órganos directivos han diseñado para tal propósito, fuera de presiones políticas que este tipo de cargo atañe. Esto ya por sí es un gran logro en la gestión de la JURP, en la cual participé durante 18 años al gerenciar dicha institución. En dicho periodo, se conformó un equipo técnico que trabaja incansable y denodadamente para garantizar el suministro de agua a los usuarios hasta la actualidad.

El objetivo central de la JURP ha sido, es y será asegurar el abastecimiento del recurso hídrico en cantidad, calidad y oportunidad para sus usuarios. No obstante, existe muchos desafíos en su porvenir que pueden complicar el logro de este objetivo primordial a mediano y largo plazo, los cuales se resumen en los siguientes:

#### **3.6.1 Impulsar la culminación de la Presa Palo Redondo y la tercera etapa**

La ausencia de la presa Palo Redondo es una deuda ineludible del Estado Peruano para con los usuarios de la JURP. Su ausencia crea condiciones negativas para seguir incorporando áreas a la producción. Las áreas actuales ya enfrentan un estrés hídrico año a año durante el periodo de estiaje. Por desgracia, esto coincide con periodos críticos de los cultivos, por ejemplo, el cuajado de fruto en el palto, o la plena cosecha del arándano.

Si bien la construcción e implementación de la tercera etapa no es ni mucho menos responsabilidad de la JURP, esta sirve para ejercer presión institucional y gremial a las autoridades competentes. Todo esfuerzo que se realice para destrabar la culminación de esta obra será ampliamente compensado con el dinamismo que brindará contar con la reserva de agua para los cultivos.

Otro factor importante de contar con la presa Palo Redondo será la disminución de los sólidos en suspensión, tal como se detalló en el capítulo II, con lo cual, los costos de tratamiento disminuirán drásticamente.

La tercera etapa del proyecto es una deuda latente con el pueblo liberteño. Debido a diversas controversias políticas y judiciales, no se han continuado las obras. En el presente año, se tiene conocimiento que será la continuación de la ejecución de las obras se hará mediante el modelo de contratación de Estado a Estado (Economía LR, 2023).

### **3.6.2 Desarrollar un Plan de Cosecha de Agua en las cuencas altas de los ríos Santa, Chao, Virú, Moche y Chicama**

Los efectos del calentamiento global y cambio climático son un hecho palpable. En el corto plazo, la disminución de los caudales en las épocas de estiaje será más grave.

La JURP necesita desarrollar un trabajo en conjunto con los actores representativos de las cuencas altas de los valles del Santa, Chao, Virú, Moche y Chicama, un conjunto de acciones que puedan mitigar los aspectos negativos del cambio climático en un mediano plazo. Entre las principales acciones a tomar, podemos enumerar:

- Reforestación de amplias zonas de las cuencas altas de los valles.
- Aumento y/o regulación de la capacidad de almacenamiento de lagunas y cochas.
- Protección de bofedales y humedales.
- Técnicas de conservación de suelos.

### **3.6.3 Consolidar la Junta Regional de La Libertad**

El acuerdo para formar la Junta Regional se dio el año 2014, como una iniciativa de la JURP para servir de nexo con las otras organizaciones de usuarios del departamento de la Libertad, con el fin de fortalecer su institucionalidad y ámbito técnico. En específico, sería el medio

por el cual se estrecharían mejores lazos con las organizaciones de Usuarios de los valles tradicionales que integran la irrigación Chavimochic.

Esto fue el punto culminante de los trabajos de muchos años, uniendo a todos los agricultores (independientemente del tamaño y tipo de explotación). Si bien es cierto que actualmente se encuentra desarticulada, la conclusión de los años de trabajo en la JURP permite afirmar que es fundamental su reactivación y la asignación de recursos y equipo técnico competentes.

Muchos de los proyectos y acciones para lograr el aseguramiento del recurso hídrico superan el ámbito de la JURP, tal como se expone en este capítulo. Solo el trabajo conjunto y multidisciplinario ha logrado que se superen la barrera de la desconfianza, uno de los principales retos de los procesos técnico-sociales asociados al recurso hídrico

Un análisis somero del escenario de mediano y largo plazo permite detectar algunos conflictos potenciales importantes, sobre todo con los usuarios y actores de las cuencas altas y medias. La mayoría de estos conflictos se agravan o ya se manifiestan durante el estiaje:

- La competencia por el uso del recurso hídrico con las partes bajas de las cuencas.
- La demanda de pago o beneficios por los servicios ambientales derivados del origen del agua.
- La contaminación de los cursos de agua por parte de las ciudades de las zonas altas y medias de las cuencas.
- La contaminación de los cursos de agua por parte de las explotaciones mineras.
- El proceso de alteración o *desnaturalización* de los caudales del río Santa por parte de las centrales hidroeléctricas, lo que afecta la disponibilidad periódica y constante del agua.
- El riesgo de aluviones y desembalse de las cochas y laguna por la falta de trabajo preventivo en las estructuras existentes o falta de implementación de infraestructura necesaria.

#### **3.6.4 Búsqueda de fuentes complementarias de agua para las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic**

Tal como ha quedado claro en el presente trabajo, conseguir nuevas fuentes de aguas para el sistema Santa es una necesidad imperiosa. Entre las opciones, se puede mencionar

### **a. Explotación de los acuíferos de los valles**

Como se ha mencionado en el presente documento, las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic dependen casi exclusivamente del agua del Canal Madre para el riego de los cultivos debido a que no cuentan con acuíferos significativos; caso contrario de los valles tradicionales.

Los estudios de viabilidad del Proyecto Chavimochic toman la explotación de estas aguas en cuenta en el Balance Hídrico General del proyecto (Landeras Rodríguez, 2004). Sin embargo, el nivel de rentabilidad de la pequeña agricultura asentada en los valles tradicionales hace poco viable el uso por este tipo de agricultura, entre otros motivos, por el costo del sistema de pozos o la alta salinidad de las aguas. Se han desarrollado muchos estudios de cuantificación de estos acuíferos, determinando que las aguas son viables con algunas consideraciones<sup>8</sup>.

A la fecha ya se han hecho trabajos por parte del equipo de la JURP y el PECH para la implementación de pozos tubulares, con el fin de explotar el agua subterránea en *permuta* o a cambio del agua del río Santa, durante las épocas de estiaje<sup>9</sup>.

### **b. Inversión en tecnificación de los valles tradicionales**

Esta descontento explicar las ventajas del uso de sistemas de riego presurizado para aumentar la productividad de los cultivos; así como el aumento de la eficiencia en el uso del agua. Los pequeños agricultores de los valles tradicionales ya utilizan esta tecnología, entre otros motivos, porque han observado de primera mano sus beneficios en los usuarios de la JURP. Sin embargo, la calidad de la ingeniería hidráulica no siempre es la idónea, además que no reciben la capacitación y soporte técnico que sí reciben las grandes empresas agroindustriales.

Un resultado de la pasantía en España financiada por FINCyT en el año 2015 (ver capítulo 3.3), fue ver de primera mano los sistemas de riego presurizado comunitarios implementados por el gobierno español en muchos valles. Este modelo exitoso puede ser replicado bajo nuestras condiciones. Cabe recordar que las mejores tierras de la irrigación Chavimochic están en los valles tradicionales.

---

<sup>8</sup> Aguilar (2023). Comunicación personal

<sup>9</sup> Aguilar (2023). Comunicación personal

Es por ello que, durante los años de trabajo, se acuñó el término *Cuarta Etapa de Chavimochic* a la tecnificación total del riego en los valles tradicionales de Chao, Virú, Moche y Chicama, mediante el uso de sistemas de riego presurizado. Vencer este desafío permitiría integrar el uso del agua superficial tanto del río Santa, de los ríos naturales de los valles, del agua subterránea de los acuíferos, e incluso de aguas residuales tratadas.

**c. Inversión en obras de regulación en las zonas medias de los valles tradicionales**

Todo valle debería tener un embalse donde se pueda acumular el agua, ya sea en periodos cortos, (como compensación del exceso de agua), como anual (para el almacenamiento de agua para el estiaje). Esto permite hacer una distribución del agua más eficiente. Su presencia es obligatoria cuando pensamos en tener sistemas de riego presurizado de nivel parcial o total de un valle.

**d. Reciclaje de agua de drenaje**

Similar a lo expuesto en el acápite a, las aguas de drenaje requieren ser tratadas utilizando tecnologías como Osmosis Inversa. Su uso y viabilidad depende de la rentabilidad del proceso y los cultivos con los que se regará el agua obtenida.

**e. Fortalecimiento de la infraestructura de riego ante eventos extremos**

Las experiencias del Fenómeno El Niño (FEN) de los años 1998 y 2007, y el ciclón Yaku del presente año han puesto a prueba la infraestructura del PECH. En todos estos eventos, se produjeron serios daños en los canales, lo que han puesto en riesgo las plantaciones por el daño directo de las avenidas, como por el corte en el suministro de agua.

Por lo tanto, es necesario seguir evaluando los niveles de escorrentía que se generan en las diferentes quebradas y microcuencas a lo largo de los más de 157 km del Canal Madre. Con dicha información, es posible diseñar mejores sistemas de protección a la infraestructura, para ser implementados por parte del PECH, mientras que la JURP brinda soporte con los trabajos, sobre todo con la sociabilización de las obras con los usuarios.

**f. Ser el centro referente de validación de nuevas tecnologías para el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos.**

En nuestros días, se están implementando y mejorando constantemente nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia del uso del agua: desde los antiguos tensiómetros, pasando por otros sensores de humedad, hasta modelos que usan fotos y sensores satelitales. La JURP debe poner a disposición de las empresas que fabrican y/o distribuyen este equipamiento su amplia experiencia en ejecutar investigación aplicada con el apoyo de sus usuarios.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados de la experiencia laboral del autor durante los años de trabajo en la CRRPVV y la JURP son los siguientes:

- Sistematizar el proceso de tratamiento primario de aguas del canal madre, provenientes del río Santa, para los usuarios, con especial atención en la remoción de los sólidos en suspensión (SS). Esto ha permitido una reducción considerable de los problemas que generaba el exceso de SS en el agua de riego.
- Participar en la solución a la grave crisis sanitaria de los años 2001 y 2002 en las áreas nuevas de la irrigación. El trabajo no sólo se gestionó desde el ámbito técnico, si no desde la gestión y coordinación de los equipos de trabajo de cada uno de los usuarios, teniendo como base el concepto de *asociatividad*.
- Contribuir en el mejoramiento de la gestión integral de recursos hídricos de la JURP, tomando en consideración el aspecto técnico agronómico, la gestión interinstitucional y la cooperación dentro del ámbito de la cuenca del río Santa.
- Liderar el proceso de ampliación del módulo de riego y el establecimiento de una tarifa del agua idónea para los usuarios, y liderar el proceso de su defensa técnica ante las autoridades administradoras del agua y demás autoridades competentes.
- Contribuir con desarrollar el papel de la JURP como un agente de capacitación, asesoría y extensión agrícola.
- Destacar las oportunidades de mejora y los retos futuros para la irrigación Chavimochic, y recomendar su abordamiento.

La discusión de cada uno de los puntos arriba mencionados se encuentra pormenorizada dentro de cada subcapítulo del capítulo anterior (Capítulo I).

## V. CONCLUSIONES

Gracias al presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

- El desarrollo de la tecnología para la eliminación del exceso de los sólidos en suspensión presentes en el agua superficial del río Santa, mediante el uso de agentes coagulantes y floculantes, permitió el uso de los sistemas de riego presurizado instalados en las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic. Actualmente la JURP trata más de 350 hm<sup>3</sup> por año, para abastecer alrededor de 26 000 ha de cultivos de agroexportación. La experiencia de más de 20 años en el desarrollo y aplicación de esta tecnología ha posicionado a la JURP como un referente nacional, prestando soporte a diferentes empresas ubicadas en otras zonas geográficas y proyectos especiales, en las cuales se usa agua superficial en sistemas de riego presurizado.
- El Comité de Sanidad, creado como organismo técnico adscrito inicialmente a la APTCH y actualmente parte de la JURP, fue la instancia operativa que gestionó con éxito la crisis fitosanitaria del año 2001-2002. Durante sus 23 años de existencia, ha logrado mantener la sostenibilidad fitosanitaria en las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic. Además, ha conservado su liderazgo tanto a nivel de los usuarios que conforman la JURP, como las otras organizaciones de usuarios del ámbito del Proyecto Especial Chavimochic, SENASA e incluso otras zonas de producción de nuestro país. La asociatividad ha sido pilar fundamental para el logro de esta tarea.
- La gestión integrada del recurso hídrico, liderada por la JURP durante más de 20 años, ha permitido mitigar los potenciales conflictos por el uso del agua del río Santa entre los diferentes usuarios, tanto en el ámbito de la irrigación Chavimochic, como de la irrigación Chinecas y los usuarios de la cuenca alta del río Santa. La JURP ha mantenido una posición eminentemente técnica, lo que ha permitido que los diferentes usuarios, organización e instituciones vean en ella una institución confiable y de alto nivel profesional.

- La dotación de agua para riego de las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic, originariamente pactadas en los contratos de compra venta era de 10 000 m<sup>3</sup>/ha/año, fueron ampliadas mediante adendas hasta 15 000 m<sup>3</sup>/ha/año, garantizando el abastecimiento de agua para los cultivos de alta productividad instalados en las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic. Este acuerdo permitió que el Estado Peruano otorgue la viabilidad técnico económica para el inicio de las obras de la tercera etapa del Proyecto Especial Chavimochic.
- El área de Capacitación y Extensión Agrícola de la JURP ha permitido durante los últimos 15 años brindar asesoría técnica especializada a los equipos técnicos de los usuarios de la JURP, y realizar extensión agrícola con las comunidades que giran en torno al Sistema Santa. La amplia experiencia en ejecución de investigación aplicada ha reportado una copiosa y valiosa información técnica acerca de MIP, control de calidad de agua, manejo tecnificado de cultivos, entre otros. Esta área edita la revista institucional ARENAGRO, así como una serie de manuales técnicos; y organiza el Curso Anual de Manejo Integrado. Ello le ha permitido posicionarse como una institución con un alcance no solo local, si no regional y nacional.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Mecanizar los procesos de preparación y dosificación de las soluciones de agentes floculantes y coagulantes utilizados en los diferentes puntos de aplicación en las áreas nuevas de la irrigación Chavimochic.
- Desarrollar técnicas para la disposición final de los lodos generados en los procesos de sedimentación de los sólidos en suspensión retirados del agua del río Santa.
- Desarrollar relaciones entre el Comité de Sanidad y organizaciones internacionales de educación e investigación para fortalecer su capacidad de soporte técnico a los usuarios de la JURP en un entorno de agricultura global.
- Ampliar y afianzar las relaciones de cooperación con los actores sociales de la cuenca alta del río Santa, con una visión de mediano y largo plazo en la gestión y protección de los recursos hídricos.
- Mantener y fortalecer las relaciones interinstitucionales entre los actores de los ámbitos de los proyectos hidráulicos Chavimochic y Chinecas.
- Realizar la validación técnica de los coeficientes de evapotranspiración de cultivo en las nuevas técnicas de producción en sustratos en cultivos como el arándano, bajo las condiciones agroclimáticas de la irrigación Chavimochic.
- Continuar con las inversiones en automatización de los procesos de distribución de agua.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Martínez, D. K. (2015). *Evaluación del floculador en la planta de tratamiento de agua potable "La Esperanza" que abastece a los cantones Machala, Pasaje y El Guabo, provincia de El Oro* [Universidad Técnica de Machala].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2928/1/EVALUACI%C3%93N%20PTAP%20LA%20ESPERANZA..pdf>
- Al-Abed, N., Abdulla, F., & Zahrawi, R. (2007). Evaluation of irrigation water total suspended solids (TSS) on a farm scale. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 53(3), 345–353. <https://doi.org/10.1080/03650340701246008>
- Albuja, C., Pinos, C., & Samaniego, J. (2013). Uso de desarenadores en abastecimiento de agua potable. *Galileo - Repositorio de la Universidad de Cuenca*, 122–127.  
<https://core.ac.uk/works/78533615>
- Aldaco Gastélum, H. J. (1999). *Teoría básica para el diseño de una planta potabilizadora (coagulación-floculación)* [Universidad de Sonora].  
<http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=8773>
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association. [https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en\\_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf](https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf)
- Anderson, C. W. (2005). TURBIDITY 6.7. En *USGS National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data*. United States Geological Survey.  
[https://pubs.usgs.gov/twri/twri9a6/twri9a67/twri9a\\_Section6.7\\_v2.1.pdf](https://pubs.usgs.gov/twri/twri9a6/twri9a67/twri9a_Section6.7_v2.1.pdf)

- Apaza, W. (2019). *Sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación CHAVIMOCHIC*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Autoridad Nacional del Agua - ANA. (s. f.-a). *Autoridad Nacional del Agua*. Autoridad Nacional del Agua. Recuperado 11 de julio de 2023, de <https://www.ana.gob.pe/contenido/la-autoridad-nacional-del-agua>
- Autoridad Nacional del Agua - ANA. (s. f.-b). *Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca*. Autoridad Nacional del Agua. Recuperado 11 de julio de 2023, de <https://www.ana.gob.pe/nosotros/planificacion-hidrica/plan-gestion-cuencas>
- Autoridad Nacional del Agua - ANA. (2023, enero 17). *Directorio de Juntas de Usuarios de agua a nivel nacional*. Autoridad Nacional del Agua. <https://www.ana.gob.pe/organizaciones-de-usuarios-/directorio-de-las-organizaciones-de-usuarios-de-agua>
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1994). WATER QUALITY EVALUATION. En *Water quality for agriculture. FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 29* (Rev. 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/T0234E/T0234E01.htm> (Original work published 1985)
- Badii, M. H., & Garza Almanza, V. (2007). Resistencia en Insectos, Plantas y Microorganismos. *Cultura Científica y Tecnológica*, 4(18), 9–25.
- Badii, M. H., & Varela, S. (2008). Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente. *Cultura Científica y Tecnológica*, 5(28), 5–17.
- Barrantes Bravo, C. (2015). *El reto de la Extensión Agraria en el Perú: de la transferencia de tecnologías a un trabajo integrado sobre el territorio. Aplicación en la Provincia de Aymaraes* (J. L. Yagüe Blanco, Ed.) [Universidad Politécnica de Madrid]. [https://oa.upm.es/40500/1/CHRISTIAN\\_ALFREDO\\_BARRANTES\\_BRAVO.pdf](https://oa.upm.es/40500/1/CHRISTIAN_ALFREDO_BARRANTES_BRAVO.pdf)
- Batista, R. O., Soares, A. A., Zapata Marin, O. L., Rodrigues de Souza, J. A., Leite, C. V., & Moreira, D. A. (2009). Taponamiento de goteros y del filtro de discos con agua residual sanitaria de una laguna de maduración. *Revista Facultad Nacional De*

*Agronomía Medellín*, 62(1), 4957–4966.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472009000100020](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472009000100020)

Bazán, Z. A. (2019). Los incas: organización y gestión de recursos. *Balances*, 7(9), 36–42.

<https://revistas.unas.edu.pe/index.php/Balances/article/view/166/152>

Beingolea, O. (1993). Ejemplos de control biológico y manejo integrado de plagas de frutales en el Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 36, 1–4.

<https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/download/1031/1000>

Bendezú Medina, G., Ochoa Torres, J., & Cruz Canales, V. (2002). *Evaluación y ordenamiento de los Recursos Hídricos en la cuenca del Río Cañete - Monitoreo de la calidad de aguas superficiales*. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Recursos Naturales, Dirección General de Aguas y Suelos, Administración Técnica del Distrito de Riego Malas Omas Cañete.

Biffi Martín, L. F. (s. f.). *Problemática Hídrica en las Cuencas de los Ríos Santa, Moche y Chicama*.

<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4370/ANA0002830.pdf>

Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*, 42(12), 2849–2861.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>

Bueno, J. L. (1997). 17: Tratamientos secundarios físico químicos de efluentes líquidos. En H. Sastre, A. G. Lavín, & J. L. Bueno (Eds.), *Contaminación e ingeniería ambiental: Vol. III. Contaminación de las aguas* (pp. 432–450). Fundación para el fomento en Asturias de la investigación científica aplicada y de la tecnología (FICYT).

Cabrera Bermúdez, X., Fleites Ramírez, M., & Contreras Moya, A. M. (2009). Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil

“DESEMBARCO DEL GRANMA” a escala de laboratorio. *Tecnología Química*, XXIX(3), 64–73. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543760009>

Cámara de Comercio de La Libertad. (2022). *PUBLIRREPORTAJE: Agroindustrias de ADAS promueven un trabajo conjunto entre Estado, empresa privada y comunidad para generar desarrollo y el cierre de brechas*. Cámara de Comercio de La Libertad. <https://www.camaratru.org.pe/web2/index.php/2016/item/5904-publireportaje-agroindustrias-de-adas-promueven-un-trabajo-conjunto-entre-estado-empresa-privada-y-comunidad-para-generar-desarrollo-y-el-cierre-de-brechas>

Cánepa de Vargas, L. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. OPS, CEPIS, y OMS. [https://www.academia.edu/36667761/GU%C3%8DA\\_PARA\\_EL\\_DISE%C3%91O\\_DE\\_DESARENADORES\\_Y\\_SEDIMENTADORES](https://www.academia.edu/36667761/GU%C3%8DA_PARA_EL_DISE%C3%91O_DE_DESARENADORES_Y_SEDIMENTADORES)

Castillo Valiente, J. R. (2018). *Desarrollo de un Programa de Manejo Integrado de Plagas para Espárrago (Asparagus officinalis L.) en la irrigación Chavimochic* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3758>

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua - CIDTA. (s. f.). *Unidad 5. Capítulo 2. Coagulación - Floculación. Sección 4. Floculantes*. Curso a distancia - Potabilizadoras; Universidad de Salamanca. Recuperado 23 de junio de 2023, de [https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/curso/uni\\_05/u5c2s4.htm#Anchor8](https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/curso/uni_05/u5c2s4.htm#Anchor8)

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal de El Salvador - CENTA. (2002). *Asociatividad para mejorar el negocio agrícola*. Proyecto CENTA-FAO-Holanda. <https://cendoc.esan.edu.pe/fulltext/e-documents/asociatividad.pdf>

Cisneros, F. (2010). Caso 5. Programa-MIP de Espárrago en Chavimochic, Perú. En *Control de Plagas Agrícolas*. Cisneros Vera, Fausto. [http://www.avocadosource.com/books/cisnerosfausto1995/CPA\\_Caso\\_5.pdf](http://www.avocadosource.com/books/cisnerosfausto1995/CPA_Caso_5.pdf)

Cisneros, F. H. (2005). El Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) de la APTCH. *Arenagro*, 1, 18–20.

- Cochachín, A. (2022, octubre 25). *Recursos hídricos disponibles en glaciares y lagunas de la Cordillera Blanca*. Autoridad Nacional del Agua - Autoridad Administrativa del Agua Huarmey-Chicama.
- Consejo Privado de Competitividad – Perú Compite. (2022, mayo 16). *Chavimochic III: ¿Cuáles son los pasos que faltan para el destrabe del proyecto?* - Consejo Privado de Competitividad - Perú Compite. Consejo Privado de Competitividad - Perú Compite. <https://www.compite.pe/noticia/chavimochic-iii-cuales-son-los-pasos-que-faltan-para-el-destrabe-del-proyecto/>
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC. (2021, mayo 31). *Los coloides*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Ministerio de Ciencia e Innovación de España. <https://www.csic.es/es/ciencia-y-sociedad/libros-de-divulgacion/coleccion-que-sabemos-de/los-coloides>
- Cude, C. G. (2001). Oregon water quality index a tool for evaluating water quality management effectiveness. *Journal of the American Water Resources Association*, 37(1), 125–137. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2001.tb05480.x>
- de la Inversión Privada-ProInversión, A. de P. (2023). *Obras Hidráulicas Mayores del Proyecto Chavimochic*. ProInversión. <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos/proyecto/5603>
- Decreto Legislativo N° 653 - Aprueba la Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario, (1991). <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6762.pdf>
- Decreto Ley N° 17752 - Ley General de Aguas, (1969). [https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente\\_2004.nsf/Documentosweb/8C45B66E6815D2DE05256F320055052B/\\$FILE/DL17752.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2004/Ambiente_2004.nsf/Documentosweb/8C45B66E6815D2DE05256F320055052B/$FILE/DL17752.pdf)
- Decreto Ley N.º 26094. Comprenden dentro del proceso de Promoción de la Inversión Privada a las tierras que corresponden al área asignada al Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, (1992). <https://docs.peru.justia.com/federales/decretos-leyes/26094-dec-28-1992.pdf>

Decreto Supremo N° 005-2015-MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30157, Ley de las Organizaciones de Usuarios de Agua, (2015).  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-reglamento-ley-ndeg-30157-ley-las>

Decreto Supremo N.° 017-2003-VIVIENDA. Aprueba Transferencia del Proyecto Especial Chavimochic y Transferencia de Partidas del Instituto Nacional de Desarrollo - INADE al Gobierno Regional de La Libertad, (2003).

Decreto Supremo N.° 018-2008-AG. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1059 - Ley General de Sanidad Agraria, Normas Legales (2008).  
<https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/jer/GESTION/DS%20018-2008-AG.pdf>

Decreto Supremo N° 072-85-PCM. Crean los Proyectos Especiales CHAVIMOCHIC y CHINECAS encargados de la conducción de varios Proyectos Hidroenergéticos, dependientes del “INADE”, (1985).  
[http://www.pechinecas.gob.pe/web/Transparencia/Doc\\_creacion\\_chinecas.pdf](http://www.pechinecas.gob.pe/web/Transparencia/Doc_creacion_chinecas.pdf)

Department of Water Affairs and Forestry of South Africa. (1996). Turbidity. En *South African water quality guidelines* (2ª ed., Vol. 1, pp. 177–180). The Government Printer. [https://www.iwa-network.org/filemanager-  
uploads/WQ\\_Compendium/Database/Selected\\_guidelines/041.pdf](https://www.iwa-network.org/filemanager/uploads/WQ_Compendium/Database/Selected_guidelines/041.pdf)

Economía LR. (2023, julio 22). *Chavimochic III: 4 países están interesados en participar en la tercera etapa del proyecto*. La República.pe.  
<https://larepublica.pe/economia/2023/07/21/chavimochic-iii-4-paises-estan-interesados-en-participar-en-la-tercera-etapa-del-proyecto-288036>

El Peruano. (2018, agosto 11). Fomentarán asociatividad de pequeños agricultores. *El Peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/70002-fomentaran-asociatividad-de-pequenos-agricultores>

- Equipo Flowen. (2022, julio 27). Coagulación y Floculación en el tratamiento de aguas. *Flowen*. <https://flowen.com.pe/coagulacion-y-floculacion-en-el-tratamiento-de-aguas/>
- Equipo RedAgricola. (2017, septiembre 27). *Plaga clave en los capsicums en el norte del Perú*. RedAgricola. <https://redagricola.com/plaga-clave-en-los-capsicums-en-el-norte-del-peru/>
- Escuela de Postgrado Industrial. (2022, octubre 20). *Tratamiento de aguas: etapas, tipos y dónde formarse*. Escuela de Postgrado Industrial; GRUPO ESNECA FORMACIÓN. <https://postgradoindustrial.com/tratamiento-aguas-tipos-formacion/>
- Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. (2020). *Libro: Viscosimetría: Sedimentación*. Campus Virtual - Física 2020 2°cuatrimestre; Universidad de Buenos Aires. <https://campus.ffyb.uba.ar/mod/book/view.php?id=165881&chapterid=4192>
- Falconí Palomino, J. S. (2013). *Guía Técnica - Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Kiwicha*. Universidad Nacional Agraria La Molina. [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/021-a-kiwicha\\_MIPE\\_.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/021-a-kiwicha_MIPE_.pdf)
- Ferrando Perea, A. (2015). Asociatividad para mejora de la competitividad de pequeños productores agrícolas. *Anales científicos*, 76(1), 177–185. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.779>
- Ferreira, R., Osorio, A., Sellés, G., Antúnez, A., Salazar, F., Martínez-Lagos, J., Poblete, R., Pérez, A., & Riquelme, P. (2013). Cálculo de la Huella Hídrica. En A. Osorio (Ed.), *Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos* (pp. 19–26). Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Ferreira, R., & Pérez, A. (2013). Huella hídrica en palto. En A. Osorio (Ed.), *Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos* (pp. 57–62). Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

- Fondriest Environmental, Inc. (2014, junio 13). *Turbidity, total suspended solids & water clarity*. Fondriest Environmental Measurement Systems.  
<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/>
- Fonseca, M., Guevara, J., Lías, J., Maldonado, M., Maria, M. F., & Ramos, Y. (2020). Tiempo de retención en los floculadores de la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Barinas. *Revista AMBIENTIS Occidentales*, 1, 20–29.  
<http://200.11.218.106/index.php/ambientis/article/view/1015>
- Global Water Partnership - GWP. (2017). *La Necesidad de un Enfoque Integrado*. Global Water Partnership. <https://www.gwp.org/en/About/why/the-need-for-an-integrated-approach/la-necesidad-de-un-enfoque-integrado/>
- Global Water Partnership - GWP. (2023a). *GWP Partner Search - GWP*. Global Water Partnership. <https://www.gwp.org/en/partner/existing-partners/Partner-Search/?page=8&query=&region=-1&country=144&organisation=-1&sector=-1>
- Global Water Partnership - GWP. (2023b). *We put water at the center of development*. Global Water Partnership. <https://www.gwp.org/en/>
- Gómez Araiza, M. A. (2008). *Propuesta de planta tratadora de aguas residuales* [Universidad de Sonora].  
<http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=19121>
- Hazak, R. S. (2006). Origen y estructura de las colectividades de riego en España. En E. Arnalte, L. Camarero, & R. S. Hazak (Eds.), *Los regantes. Perfiles productivos y socioprofesionales* (pp. 16–54). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/fondo/pdf/86895\\_3.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/fondo/pdf/86895_3.pdf)
- Herrera A., J. M. (2011). Primera experiencia a nivel mundial del Manejo Integrado de Plagas: el caso del algodón en el Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 46(1 & 2), 1–8. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peruentomol/article/view/223>

- Herrera, M. E. (2015). Evaluación del almidón de papa como floculante en el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revistas Científicas De La Universidad De Pamplona*. <https://core.ac.uk/works/126924787>
- Historia Ciencia de Vida. (2017). El Proceso a Charles Sutton. *Historia Ciencia de Vida*. <https://historiacienciadevida.blogspot.com/2017/04/el-proceso-charles-sutton.html>
- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2002). *Virtual water trade - A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series no. 11*. IHE Delft Institute for Water Education. <https://www.waterfootprint.org/resources/Report11.pdf>
- Hoekstra, Arjen Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard*. Water Footprint Network. [https://waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual\\_English.pdf](https://waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_English.pdf)
- Inga Durango, A. N. (2017). El proyecto de Chavimochic y su impacto en la economía del departamento de La Libertad. *EX CATHEDRA EN NEGOCIOS*, 1(2). <https://doi.org/10.18050/revexcathedraennegocios.v1n2a2>
- Ingersoll Rand. (2023). *Coagulación y Floculación en el tratamiento de agua*. LMI. <https://www.lmipumps.com/es-do/technologies/coagulation-and-flocculation-in-water-treatment>
- Jara Calvo, W. (2014). *Manejo integrado del cultivo y de las plagas del maíz*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/112/1/Manejo\\_integrado\\_del\\_cultivo\\_2014.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/112/1/Manejo_integrado_del_cultivo_2014.pdf)
- Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao. (2016). *Manual de tratamiento fisicoquímico de agua para riego*.

- Kentucky Water Watch. (s. f.). *Total Suspended Solids and water quality*. River Assessment Monitoring Project. Recuperado 4 de junio de 2023, de <http://www.state.ky.us/nrepc/water/ramp/rmtss.htm>
- Kroschel, J., Alcázar, J., Cañedo, V., Miethbauer, T., Zegarra, O., Córdoba, L., & Gamarra, C. (2013). 13. Producción de papa orgánica en la región andina del Perú: el manejo integrado de plagas lo hace posible. En P. Henriquez & H. Li Pun (Eds.), *Innovaciones de impacto: Lecciones de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe* (pp. 165–181). Banco Interamericano de Desarrollo (BID), e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Landeras Rodríguez, H. M. (2004). *Así se hizo CHAVIMOCHIC* (1ª ed.). Ediciones Carolina.
- Ley N.º 16667. Declarando de necesidad y utilidad públicas la Ejecución de las obras de Chao, Virú, Moche y Chicama, la construcción de una Central Hidroeléctrica en el lugar llamado pampa blanca; y la construcción de una carretera de acceso a la bocatoma del río Santa, (1967).  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3991154/Ley\\_16667\\_Creacion\\_Pech.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3991154/Ley_16667_Creacion_Pech.pdf.pdf)
- Ley N.º 26505. Ley de la inversión privada en el desarrollo de las actividades económicas en las tierras del territorio nacional y de las comunidades campesinas y nativas, (1995).  
[http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgm/legislacion/LEY%20N\\_26505.pdf](http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgm/legislacion/LEY%20N_26505.pdf)
- Ley N° 29338. Ley de los Recursos Hídricos, (2009).  
<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/228/ANA0000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ley N° 30157. Ley de las Organizaciones de Usuarios de Agua, (2014).  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/lay\\_30157.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/lay_30157.pdf)
- Lorenzo-Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XL(2), 10–17.  
<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664002.pdf>

- Martínez Valdés, Y., & Villalejo García, V. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Hydraulic and Environmental Engineering/Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58–72.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382018000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100005)
- Maticorena Brito, M. (2006, marzo). Mejoramiento de la calidad del agua para riego presurizado. *Arenagro*, 2, 41–43.
- Mazille, F., & Spuhler, D. (2020). *Coagulación, floculación y separación* (L. R. Pérez, Trad.). SSWM.info; Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox.  
<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n-y-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>
- Meza-Leones, M., Riaños-Donado, K., Mercado-Martínez, I., Olivero-Verbel, R., & Jurado-Eraso, M. (2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 95–104.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). (2017, febrero 16). *Productores de frutas y hortalizas peruanos logran negocios por más de US\$ 200 millones en Alemania*. MINCETUR.  
<https://www.mincetur.gob.pe/productores-de-frutas-y-hortalizas-peruanos-logran-negocios-por-mas-de-us-200-millones-en-alemania/>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). *Guía del día de campo en unidades productivas de monitoreo - UPM para capacitación*.  
<https://www.midagri.gob.pe/portal/doc-informativos/infografias/programa-incentivos-2023/119-guia-de-capacitacion-en-dias-de-campo/file#:~:text=El%20d%C3%ADa%20de%20campo%20constituye,y%20productividad%20agropecuaria%20con%20calidad.>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Tercer informe - Intervención pública evaluada: AGRORURAL*.

[https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu\\_publico/ppr/eval\\_indep/2010\\_informe\\_final\\_AGRORURAL.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publico/ppr/eval_indep/2010_informe_final_AGRORURAL.pdf)

- Mostacero, D., Luís, M., & Vera, S. (2015). *Díaz Mostacero José Eduardo* [Universidad Nacional de Trujillo]. <https://www.ubo.cl/wp-content/uploads/Tesis-Riego.pdf>
- Mountain Empire Community College. (s. f.). *Lab 17: Total Suspended Solids*. Mountain Empire Community College. Recuperado 4 de junio de 2023, de [https://water.mecc.edu/courses/Env211/lab17\\_print.htm](https://water.mecc.edu/courses/Env211/lab17_print.htm)
- Murphy, S. (2007, abril 23). *BASIN: General Information on Total Suspended Solids*. City of Boulder: USGS Water Quality Monitoring. <http://bcn.boulder.co.us/basin/data/NEW/info/TSS.html>
- Nakayama, F. S., & Bucks, D. A. (1991). Water quality in drip/trickle irrigation: A review. *Irrigation Science*, 12(4). <https://doi.org/10.1007/bf00190522>
- Natural Environment Research Council (NERC) Environmental Data Service. (2018, abril 16). *Concept - Nephelometric Turbidity Units*. The NERC Vocabulary Server (NVS). <http://vocab.nerc.ac.uk/collection/P06/current/USTU/>
- Natural Resources Conservation Service - NRCS. (2009). *Manejo del Agua de Riego - Soluciones a Pequeña Escala para su Finca*. United States Department of Agriculture. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/stelprdb1167305-Manejo-del-Agua-de-Riego.pdf>
- Netafim USA. (2014). *Operación y Mantenimiento del Sistema de Goteo*. NETAFIM. <https://www.netafimusa.com/bynder/C210A7CB-3076-4928-874F6E96CFE9DEFA-a012s-drip-system-ops-maint-spanish.pdf>
- Nuraini, Mirzah, & Djulardi, A. (2016). Marigold flower extract as a feed additive in the poultry diet: Effects on laying quail performance and egg quality. *International journal of poultry science*, 16(1), 11–15. <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.11.15>
- Oficio 1607-2010-EF/68.01 - Declaración de Viabilidad del Proyecto “Chavimochic Tercera Etapa - Primera Fase” con código SNIP 90449, Ministerio de Economía y

Finanzas, Dirección General de Programación Multianual del Sector Público (2010).

Oficio 2743-2013-EF/63.01 - Proyecto de Inversión Pública (PIP): "Chavimochic Tercera Etapa de código SNIP 90449, Ministerio de Economía y Finanzas, Dirección General de Política de Inversiones (2013).

Organización de las Naciones Unidas. (2020, noviembre 26). *El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>

Osorio, U., Rosales, T., & Gonzales, E. (2013). *Manual de Malezas*. Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao.

Pavanelli, D., & Bigi, A. (2005). Indirect methods to estimate suspended sediment concentration: Reliability and relationship of turbidity and settleable solids. *Biosystems Engineering*, 90(1), 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.09.001>

Petit, J., García, S. M., Molle, B., Bendoula, R., & Ait-Mouheb, N. (2022). Methods for drip irrigation clogging detection, analysis and understanding: State of the art and perspectives. *Agricultural Water Management*, 272(107873), 107873. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107873>

Plataforma Tierra. (2022, agosto 19). *Comunidades de regantes: una figura milenaria*. Plataforma Tierra. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/comunidad-regantes-agua-agricultura-riego/>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD. (2010). *Informe sobre Desarrollo Humano Perú 2009: Vol. 2: una visión desde las cuencas*. PNUD. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-desarrollo-humano-peru-2009-vol-2-una-vision-las-cuencas>

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, & Organización Meteorológica Mundial. (1992). *Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente: El desarrollo en la perspectiva del Siglo XXI*.

<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/30961;jsessionid=F4118A080B8B1AA5C521A963EC6DA917>

Proyecto Especial CHAVIMOCHIC. (2021, abril 8). *LAS AGROEXPORTACIONES DESDE CHAVIMOCHIC SIGUEN INCREMENTÁNDOSE*. CHAVIMOCHIC. <http://www.chavimochic.gob.pe/noticia.php?id=las-agroexportaciones-desde-chavimochic-siguen-incrementandose>

Proyecto Especial CHAVIMOCHIC. (2023). *Descripción General del Proyecto Especial Chavimochic*. Proyecto CHAVIMOCHIC. <http://www.chavimochic.gob.pe/descripcion.php>

Quispe, C. (2023). *El cultivo del espárrago (Asparagus officinalis L.) en la irrigación Chavimochic*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Ramírez Castillo, C. M. (2020). *El impacto de las CAPS en la Reforma Agraria: ¿Logro o fracaso?* [https://facultad.pucp.edu.pe/ciencias-sociales/wp-content/uploads/2020/09/vf\\_maria-claudia-ramirez.pdf](https://facultad.pucp.edu.pe/ciencias-sociales/wp-content/uploads/2020/09/vf_maria-claudia-ramirez.pdf)

Ramírez Ortiz, L. X. (2013). *Determinación de los parámetros de re-diseño de la etapa de sedimentación de la planta A de tratamiento de agua potable de Floridablanca del Acuerdo Metropolitano de Bucaramanga* [Universidad Pontificia Bolivariana]. [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5971/digital\\_25621.pdf](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5971/digital_25621.pdf)

Ramsay Arce, J., & Beltrán Salmon, L. R. (1997). *Extensión agraria: estrategia para el desarrollo rural*. IICA.

Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico. (2005). *Planes de gestión integrada del recurso hídrico - Manual de capacitación y Guía Operacional*. Partnerships for African Water Development. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/manual-planes-girh.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/manual-planes-girh.pdf)

Redacción Gestión. (2023, julio 28). La Libertad: Chavimochic III incorporará US\$ 1,200 millones a producción agroexportadora. *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/mensaje-28-de-julio-fiestas-patrias-dina-boluarte-dina->

boluarte-senala-que-pronto-se-anunciara-el-aumento-del-sueldo-minimo-noticia-2/?ref=gesr

RedAgricola. (2017, octubre 6). *Todo listo para el XVII Curso Manejo Integrado de Cultivos en la Irrigación Chavimochic*. Redagrícola. <https://redagricola.com/listo-xvii-curso-manejo-integrado-cultivos-la-irrigacion-chavimochic/>

Resolución Administrativa N° 025-2017-ANA/AAA-IV-H-CH/ALA MOCHE-VIRU-CHAO, Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Local del Agua de Moche-Virú-Chao (2017). [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/11-RA-0025-2017-07\\_1.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/11-RA-0025-2017-07_1.pdf)

Resolución Administrativa N° 033-04-DRA-LL/ATDRMVCH, Ministerio de Agricultura, Dirección Regional La Libertad, Administración Técnica Distrito de Riego Moche-Virú-Chao (2004).

Resolución Administrativa N° 042-98-DRA-LL/ATDRMVCH, Ministerio de Agricultura, Dirección Regional La Libertad, Administración Técnica Distrito de Riego Moche-Virú-Chao (1998).

Resolución Administrativa N° 185-2011-ANA-ALA-SLN. Plan de Operación y Restricciones - Época de Estiaje del Río Santa - Año 2012, Autoridad Nacional del Agua, Administración Local del Agua Santa-Lacramarca-Nepeña (2011).

Resolución Jefatural N° 307-2015-ANA. Establecen disposiciones para la formulación y aprobación de las tarifas por utilización de la infraestructura hidráulica mayor y/o menor y por monitoreo y gestión de aguas subterráneas, Autoridad Nacional del Agua (2015). <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/establecen-disposiciones-para-la-formulacion-y-aprobacion-de-resolucion-jefatural-no-307-2015-ana-1317515-1/>

Resolución Ministerial N° 0218-2021-MIDAGRI - Aprueban los “Lineamientos para implementar procesos de asociatividad empresarial en el Sector Agrario y de Riego”, (2021). <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-los-lineamientos-para-implementar-procesos-de-asoc-resolucion-ministerial-n-0218-2021-midagri-1977283-1/>

Resolución Suprema N.º 485-96-PCM. Creación del Comité Especial de Privatización de Tierras del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, (1996).

[https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/PATTIERRAS/Chavimochic8/Resumen\\_Ejecutivo\\_Chavimochic\\_8.pdf](https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/PATTIERRAS/Chavimochic8/Resumen_Ejecutivo_Chavimochic_8.pdf)

Rondinel Barcena, V. (s. f.). *Importancia de la asociatividad en las organizaciones*. Sierra y Selva Exportadora. Recuperado 16 de julio de 2023, de <https://repositorio.sierraexportadora.gob.pe/bitstream/handle/SSE/232/ASOCIATIVIDAD%20Y%20COOPERATIVISMO.pdf>

Sadar, M. J. (1998). *TURBIDITY SCIENCE - Technical Information Series—Booklet No. 11*. Hach Company. <https://web.archive.org/web/20050321060739/http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE:L7061549|1>

Sánchez de la Puerta, F. (1996). *Extensión agraria y desarrollo rural*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/fondo/pdf/8233\\_all.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/fondo/pdf/8233_all.pdf)

Secretaría de la Convención de Ramsar. (2010). *Manejo de cuencas hidrográficas: Integración de la conservación y del uso racional de los humedales en el manejo de las cuencas hidrográficas: Vol. 9: Manejo de cuencas hidrográficas* (4ª ed.). Secretaría de la Convención de Ramsar. <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-09sp.pdf>

Sellés van Schouwen, G., Osorio Ulloa, A., Ferreyra Espada, R., Antúnez Barría, A., Pérez Ríos, A., & Riquelme Salinas, P. (2013). Capítulo 1: La Huella Hídrica. En A. Osorio Ulloa (Ed.), *Determinación de la Huella del Agua y estrategias de manejo de Recursos Hídricos* (pp. 17–18). Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA Chile.

SuizAgua Andina Perú. (2015). *Análisis de huella hídrica en los campos de cultivo de espárrago de Camposol acorde a la norma ISO 14046*. [https://www.shareweb.ch/site/ElAguaNosUne/Documents/15\\_SuizAgua%20PE-](https://www.shareweb.ch/site/ElAguaNosUne/Documents/15_SuizAgua%20PE-)

An%C3%A1lisis\_huella\_h%C3%ADrica\_Campos\_Esp%C3%A1rrago\_Camposol.pdf

Thackston, E. L., and Palermo, M. R. (2000). *Improved methods for correlating turbidity and suspended solids for monitoring - DOER Technical Notes Collection (ERDC TN-DOER-E8)*. U.S. Army Engineer Research and Development Center. <https://erdc-library.erd.c.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8737/1/TN-DOER-E8.pdf>

Toledo Velásquez, D. I. (2016). *Asociatividad agraria y estrategias productivas: Explorando sus múltiples facetas desde la perspectiva de productores y productoras de la Asociación Talpuy de Sapallanga, Región Junín* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. [https://facultad.pucp.edu.pe/ciencias-sociales/wp-content/uploads/2017/06/soc\\_diana-toledo.pdf](https://facultad.pucp.edu.pe/ciencias-sociales/wp-content/uploads/2017/06/soc_diana-toledo.pdf)

Tölgyessy, J. (Ed.). (1993). *Chemistry and biology of water, air and soil: Environmental aspects*. Elsevier Science & Technology. <https://books.google.at/books?id=XI2IPX22TEAC>

United States Geological Survey. (2022, junio 17). *Turbidity -- units of measurement*. Oregon Water Science Center. <https://or.water.usgs.gov/grapher/fnu.html>

Universidad de Chile, & Servicio Agrícola y Ganadero. (2005). Turbiedad y sólidos solubles. En M. S. F. Ana (Ed.), *Criterios de calidad de aguas o efluentes tratados para uso en riego*. Universidad de Chile. [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_aguas/anexo\\_A/SS\\_Turbiedad.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_A/SS_Turbiedad.pdf)

Universidad Nacional Agraria La Molina. (2011). *Maestría en Manejo Integrado de Plagas*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://www.lamolina.edu.pe/Postgrado/manejoplagas/plagas.htm>

University of Wisconsin-Madison. (2023). *Total suspended solids*. Lower Fox Demonstration Farms Network - Division of Extension. <https://fyi.extension.wisc.edu/foxdemofarms/the-basics/total-suspended-solids/>

- Uribe, H., & Riquelme, F. (2013). Huella hídrica en arándanos. En A. Osorio (Ed.), *Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos* (pp. 133–139). Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Vargas Camareno, M., & Romero Esquivel, L. G. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 19(4).
- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., Vásquez, C., Castro, A., Tapia, M., & Alcántara, J. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas* (1ª ed.). Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<https://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/CUENCAS-HIDROGRAFICAS.pdf>
- VERLEK INGENIERIA SAS - COLOMBIA. (2019, febrero 28). *Remoción de metales en aguas residuales mediante precipitación química*. Verlek.  
<https://verlek.com/2019/02/28/coagulacion-floculacion-2/>
- Villanueva Ramírez, R. (2011). *Características de la cuenca del Río Santa* (1ra edición). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.  
<https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2011-087.pdf>
- Wang, D., & Möhwald, H. (2004). Template-directed colloidal self-assembly – the route to ‘top-down’ nanochemical engineering. *Journal of Materials Chemistry*, 14(4), 459–468. <https://doi.org/10.1039/B311283G>

## ANEXOS

### Anexo 1: Turbidez promedio del río Santa, 1999 – 2023

**Tabla 14: Valores de turbidez (NTU) promedio del río Santa, periodo 1999 al 2023. Estación Condorcerro.**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1999	3260			1370	460	72	169	122	197	168	149	569
2000	982	4567	5003	2817	878	336	259	296	423	392	380	1645
2001	6317	3715	11769	2963	1123	459	458	307	468	373	1398	1414
2002	664	2103		2984	233	389	233	251	207	1153	2748	2091
2003	1411	3229	3446	2056	462	308	297	254	267	309	285	1284
2004	577	1639	1687	683	281	268	287	274	365	979	2260	881
2005	1099	1813	3959	4474	283	106	108	106	135	314	155	887
2006	1386	3527	7890	6834	179	85	85	109	143	272	445	1862
2007	1185	1888	3699	2335	313	192	203	197	21.8	285	315	716
2008	1595	1575	1819	1754	554	209	151	147	204	538	464	268
2009	2335.0	6174.5	6089.3	5306.3	301.0	136.5	113.2	102.0	112.8	586.0	956.4	2181.3
2010	710.9	1264.3	1267.3	2043.9	666.9	120.6	148.7	161.0	150.6	162.9	263.7	666.5
2011	824.6	629.3	1042.0	3533.8	149.8	115.2	155.2	124.8	114.9	133.9	249.3	1190.4
2012	1318.2	6373.2	3448.5	3010.4	340.5	101.9	86.1	75.6	85.5	274.9	423.0	320.7
2013	292.2	1585.9	10265.4	859.3	555.7	167.3	118.5	147.2	121.7	389.5	140.4	502.3
2014	443.7	2769.6	4752.4	537.0	631.4	81.3	105.8	101.8	112.1	150.1	172.4	588.9
2015	1358.3	740.4	5366.2	1367.7	497.7	75.3	61.1	64.0	65.6	118.1	198.1	621.8
2016	334.6	1843.1	1618.0	448.0	75.4	69.4	77.1	71.7	60.9	159.2	74.0	207.0
2017	688.0	1117.8	8441.4	3023.6	416.1	81.0	65.7	58.2	94.7	149.8	142.8	354.2
2018	543.4	580.2	2286.6	2219.3	282.4	68.6	51.6	56.7	58.2	112.5	217.4	637.7
2019	632.5	2140.9	3560.2	777.8	104.6	77.0	78.7	73.0	87.5	148.1	227.2	1178.0
2020	261.3	293.8	653.7	270.9	110.0	58.3	80.7	83.8	75.2	99.4	90.9	955.5
2021	1337.3	363.1	2266.2	628.4	200.7	83.7	92.7	89.8	110.3	333.5	266.4	815.0
2022	161.6	743.5	2241.6	1098.2	103.6	83.9	84.2	97.2	100.2	94.5	94.5	160.7
2023	361.2	887.4	4006.7	988.3								

Fuente: JURP.

## Anexo 2: Caudal promedio del río Santa, 1956 – 2018

**Tabla 15: Caudal promedio del río Santa, periodo 1956 al 2018, estación Condorcerro.**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
1956	166.12	216.11	356.27	366.02	105.68	64.39	45.17	45.89	46.05	71.51	66.87	74.62	<b>134.72</b>
1957	116.70	139.54	295.32	538.80	135.05	95.92	59.84	53.48	62.97	86.95	66.90	119.73	<b>147.19</b>
1958	136.98	195.25	289.98	239.88	80.68	58.29	47.86	48.42	76.01	95.97	108.91	124.39	<b>124.69</b>
1959	132.20	137.19	336.41	252.82	83.56	61.95	48.56	50.61	50.68	91.60	95.14	191.83	<b>127.77</b>
1960	194.27	243.15	318.96	314.97	117.80	68.13	49.56	48.96	48.34	61.19	97.18	102.39	<b>137.96</b>
1961	233.18	197.44	390.16	313.06	114.72	82.06	42.04	39.97	55.80	61.09	166.90	288.00	<b>165.22</b>
1962	253.58	241.34	515.44	370.23	106.29	72.56	56.26	53.90	67.71	59.68	81.40	87.40	<b>163.35</b>
1963	153.96	291.65	471.65	290.62	100.77	53.49	42.30	42.02	48.79	63.55	130.15	237.50	<b>159.79</b>
1964	196.47	252.72	312.22	277.68	118.79	61.56	65.41	47.68	44.35	73.94	103.64	144.05	<b>140.84</b>
1965	115.43	126.65	415.48	223.60	97.23	50.33	42.13	44.83	34.17	95.04	99.02	139.99	<b>123.87</b>
1966	235.32	208.38	176.72	124.52	89.98	57.39	53.54	52.04	57.34	115.66	125.78	124.40	<b>117.98</b>
1967	185.49	168.32	449.40	173.27	96.04	60.46	49.75	47.53	49.31	116.63	102.37	110.08	<b>134.19</b>
1968	136.71	143.39	180.28	109.03	63.14	46.61	33.23	37.39	50.32	82.44	94.76	100.00	<b>89.49</b>
1969	111.05	137.76	212.72	216.16	100.00	68.58	51.74	49.53	53.21	85.85	106.32	150.51	<b>111.75</b>
1970	254.79	171.61	184.54	224.46	77.51	59.45	48.10	52.77	66.25	104.42	164.89	285.66	<b>141.09</b>
1971	344.96	294.38	811.19	483.22	126.06	89.69	59.74	53.35	60.95	84.59	66.87	64.80	<b>211.37</b>
1972	172.49	262.41	511.84	548.07	96.54	51.74	67.83	60.17	60.55	70.78	93.52	134.58	<b>176.73</b>
1973	220.60	295.85	403.18	415.39	158.92	84.48	68.97	61.30	72.04	131.70	164.83	233.00	<b>191.76</b>
1974	298.89	224.81	412.72	253.96	99.98	76.40	57.87	52.44	68.24	98.04	229.84	431.27	<b>192.15</b>
1975	228.83	235.39	377.61	324.59	97.71	71.66	52.50	51.89	66.77	95.04	160.97	276.75	<b>169.59</b>
1976	232.62	304.99	352.13	166.25	73.89	63.33	48.43	43.71	46.24	68.22	75.53	85.92	<b>129.13</b>
1977	159.71	424.44	297.80	186.69	93.76	68.68	52.04	53.24	53.86	66.73	113.72	127.00	<b>139.54</b>
1978	111.81	192.81	152.44	124.32	85.03	57.77	53.43	45.40	63.55	64.78	93.34	108.76	<b>95.45</b>
1979	128.86	226.86	386.26	195.24	96.44	61.64	50.42	49.55	57.59	68.66	93.77	104.39	<b>126.09</b>
1980	117.39	128.93	118.26	117.67	53.66	48.26	37.00	39.29	67.51	102.68	128.33	221.14	<b>98.18</b>
1981	159.38	477.12	394.02	177.74	86.75	66.86	54.73	47.59	44.09	89.26	171.02	195.03	<b>161.59</b>
1982	175.78	316.33	190.04	192.78	97.74	65.56	48.87	43.04	48.69	107.13	181.83	257.07	<b>142.56</b>
1983	338.18	202.61	386.13	330.83	153.50	89.48	63.78	53.36	53.96	70.46	94.29	176.88	<b>167.78</b>
1984	137.39	711.05	599.96	346.45	171.98	93.50	58.63	45.04	45.14	106.68	78.79	144.01	<b>208.22</b>
1985	142.56	158.51	172.45	174.42	83.50	46.65	35.26	34.40	52.22	53.21	63.00	89.88	<b>91.72</b>
1986	169.67	165.61	198.15	269.23	105.86	52.48	40.77	38.22	39.74	57.01	82.96	132.62	<b>112.28</b>
1987	301.59	292.71	215.41	159.07	113.71	55.17	46.30	41.37	48.88	62.40	114.26	173.58	<b>134.53</b>
1988	254.42	314.40	191.03	243.25	124.02	62.16	46.13	41.38	31.38	48.48	61.81	85.66	<b>124.07</b>
1989	203.24	339.42	345.22	312.69	106.01	61.29	39.88	33.78	37.45	100.53	90.54	67.33	<b>143.39</b>
1990	133.24	131.26	116.60	88.70	52.02	47.96	38.80	38.36	37.77	84.72	144.04	109.44	<b>84.93</b>
1991	120.50	134.77	355.97	134.75	89.98	49.21	38.80	38.48	39.34	54.20	61.61	85.25	<b>100.27</b>
1992	133.24	131.26	116.60	88.70	52.02	47.96	38.80	38.36	37.77	84.72	144.04	109.44	<b>84.93</b>
1993	104.79	324.14	724.26	616.70	169.70	60.10	45.38	38.81	57.65	95.52	193.34	277.41	<b>224.77</b>
1994	369.20	471.45	390.88	262.42	46.03	41.42	47.85	40.63	37.61	41.35	70.27	92.57	<b>157.36</b>
1995	141.88	151.90	227.95	230.10	77.82	46.70	38.65	41.12	43.00	47.31	94.78	114.40	<b>104.26</b>
1996	219.99	309.73	257.57	318.30	103.22	54.47	42.65	41.82	41.21	63.55	73.22	69.69	<b>131.62</b>
1997	103.60	192.15	135.58	73.21	57.95	39.40	37.55	37.57	48.52	52.47	112.27	279.13	<b>96.99</b>
1998	390.38	522.25	617.25	341.27	142.20	70.05	52.34	50.44	50.21	97.77	106.32	83.29	<b>208.50</b>
1999	163.15	508.92	315.50	209.68	118.99	63.02	44.98	43.57	55.90	60.17	66.31	148.45	<b>147.50</b>
2000	110.13	332.25	333.37	231.63	145.97	63.30	43.83	43.84	45.52	53.09	61.25	93.73	<b>128.48</b>
2001	367.91	307.28	500.88	227.11	77.96	56.63	47.84	44.47	49.76	57.37	172.96	180.73	<b>173.67</b>
2002	154.35	202.81	383.80	283.62	95.01	55.49	50.97	41.16	41.92	73.75	166.60	185.11	<b>144.15</b>

2003	165.07	221.18	258.16	190.29	85.06	56.34	46.92	44.25	42.52	63.10	60.81	135.42	<b>113.50</b>
2004	104.54	167.17	137.96	123.90	66.44	44.81	36.43	34.90	33.85	81.86	149.15	167.65	<b>95.22</b>
2005	148.40	179.79	294.19	185.12	78.22	54.34	48.29	45.87	47.28	62.57	67.70	115.80	<b>110.30</b>
2006	129.55	221.92	392.90	374.60	98.70	63.91	47.13	43.01	44.36	57.88	88.25	178.89	<b>144.49</b>
2007	218.34	196.79	320.96	330.61	117.02	59.68	46.00	43.38	39.40	64.00	107.78	90.22	<b>135.70</b>
2008	220.88	242.79	272.06	240.72	97.73	62.64	44.07	35.46	35.37	74.78	104.67	93.80	<b>126.31</b>
2009	252.02	417.22	489.16	429.83	155.39	78.33	54.52	50.75	52.32	97.17	145.97	276.63	<b>206.91</b>
2010	233.23	267.36	270.40	227.93	118.81	55.28	47.56	45.66	43.79	52.53	88.40	153.00	<b>132.89</b>
2011	213.35	217.69	207.92	284.11	92.66	49.89	40.48	42.17	38.85	42.92	76.90	181.06	<b>123.36</b>
2012	233.27	322.99	258.14	303.22	136.88	54.64	43.01	43.15	43.17	61.79	155.76	148.79	<b>149.10</b>
2013	188.87	265.94	491.88	236.48	90.65	52.23	45.70	44.51	45.39	96.76	99.23	218.46	<b>155.97</b>
2014	213.96	286.72	466.95	206.52	181.32	64.34	47.76	44.87	48.12	56.57	79.98	158.64	<b>154.16</b>
2015	277.00	246.54	382.38	241.55	158.99	68.01	46.50	46.92	50.23	64.30	86.08	144.77	<b>150.76</b>
2016	132.24	248.28	286.93	188.16	79.62	52.64	42.12	45.46	52.55	56.86	63.01	90.70	<b>110.67</b>
2017	188.73	221.82	474.53	316.28	174.99	80.24	55.92	52.17	52.06	63.63	65.87	120.15	<b>155.28</b>
2018	195.46	163.43	308.87	263.58	120.36	57.13	42.13	38.21	35.76	62.24	121.53	153.11	<b>129.99</b>
Media	<b>192.82</b>	<b>254.71</b>	<b>336.68</b>	<b>258.83</b>	<b>104.67</b>	<b>61.56</b>	<b>47.95</b>	<b>45.13</b>	<b>49.55</b>	<b>75.19</b>	<b>107.90</b>	<b>153.11</b>	<b>139.97</b>
Perc.75%	134.98	175.70	221.68	187.42	84.30	53.06	42.22	41.14	42.76	60.63	77.84	101.20	120.67
Perc.90%	115.68	138.12	173.30	124.36	67.93	47.96	38.80	38.21	37.64	53.11	65.96	85.71	97.23
Perc.100%	103.60	126.65	116.60	73.21	46.03	39.40	33.23	33.78	31.38	41.35	60.81	64.80	84.93
Días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365

Fuente: PECH

### Anexo 3: Evapotranspiración potencial mensual por estación de monitoreo

**Tabla 16: Evapotranspiración potencial (Eto) mensual (mm/mes), estación San Carlos (valle Chao).**

Mes	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
Enero	171.57	SD	149.95	163.16	146.56	171.20	165.09	129.54	130.33	117.64	149.45
Febrero	149.70	139.96	153.06	136.42	136.93	158.66	155.63	134.67	120.21	111.57	139.68
Marzo	148.43	151.65	167.86	165.65	133.38	155.44	160.50	130.65	119.92	140.81	147.43
Abril	122.88	141.98	147.05	146.43	141.33	130.35	156.93	115.45	121.92	119.29	134.36
Mayo	98.37	135.79	115.17	105.47	87.87	125.85	137.02	89.33	96.82	91.35	108.30
Junio	54.94	90.70	101.36	75.25	82.79	117.65	82.79	53.18	53.02	69.68	78.14
Julio	76.64	75.59	98.58	SD	71.27	74.06	91.75	73.21	51.83	71.84	76.08
Agosto	86.63	98.03	99.57	SD	82.63	93.61	93.72	62.01	78.63	80.62	86.16
Septiembre	122.15	125.88	107.42	102.62	83.43	93.61	116.45	85.00	90.01	95.83	102.24
Octubre	52.12	126.34	140.82	126.54	93.73	114.17	112.51	101.48	108.27	111.47	108.75
Noviembre	144.43	139.60	144.66	132.93	100.91	150.57	128.08	106.94	103.09	118.45	126.97
Diciembre	261.31	146.21	140.30	145.42	148.91	149.86	126.54	118.95	108.87	123.32	146.97
Total anual	1489.17	1371.75	1565.79	1299.89	1309.74	1535.03	1527.01	1200.41	1182.92	1251.87	1404.53

Fuente: PECH.

**Tabla 17: Evapotranspiración potencial (Eto) mensual (mm/mes), estación San José (valle Virú).**

Mes	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
Enero	123.09	122.14	115.74	132.64	121.02	139.23	139.24	112.57	111.34		124.11
Febrero	117.19		113.54	108.21		129.04	129.04	116.15	109.34	104.27	115.85
Marzo	119.30	97.68	115.87	127.99	97.75	115.91	133.88	112.10	110.42	125.07	115.60
Abril	111.32	98.48	124.66	117.57	129.88	125.27	103.64	101.59	121.92	113.59	114.79
Mayo	87.78	108.16	100.26	83.57	84.80	107.48	90.20		95.77	84.89	93.66
Junio		73.81	95.56	51.77	83.92	68.60	55.09			64.47	70.46
Julio	68.37	67.21	70.64	57.99	70.86	74.06		65.01		66.89	67.63
Agosto	61.95	69.47	70.18	75.58	93.08	82.50	58.53	55.62	69.32	69.44	70.57
Septiembre	134.32	86.45	68.80	71.95	80.83	82.50	65.80	78.58	67.68	74.76	81.17
Octubre		91.42	98.84	93.03	84.73	102.96	92.75	94.08	91.40	91.80	93.45
Noviembre		102.60	112.96	103.92	91.57	107.48	103.89	103.89	94.69	111.00	103.56
Diciembre	117.79	120.71	114.07	121.18	126.55	131.98	117.66	104.46		120.72	119.46
Total anual	941.10	1038.13	1201.13	1145.40	1064.99	1267.02	1089.73	944.05	871.88	1026.90	1170.29

Fuente: PECH.

**Tabla 18: Evapotranspiración potencial (Eto) mensual (mm/mes), estación Moche (valle Moche).**

Mes	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
Enero	59.64	153.09	132.61	152.43	141.37	47.80	130.92	115.36	127.64	101.58	116.24
Febrero	145.33	120.03	135.21	127.56	131.73	138.94	130.14	130.18	117.63	108.17	128.49
Marzo	138.24	140.22	139.05	147.65	123.86	117.08	114.65	129.51	128.13	130.32	130.87
Abril	125.52	127.71	129.07	129.32	135.52	129.65	118.43	120.56	121.18	117.23	125.42
Mayo	100.27	125.30	106.28	98.13	92.20	92.20	110.61	95.03	105.93	84.81	101.07
Junio		94.12	102.78	69.46	97.38	97.64	84.84	62.00	60.71	74.53	82.61
Julio	S.D	93.26	99.28	87.71	83.39	81.86	87.30	76.22	58.99	71.01	82.11
Agosto	S.D	96.58	97.36	100.08	114.91	100.60	83.14	65.46	77.90	77.41	90.38
Septiembre	S.D	120.75	93.24	107.77	102.35	100.60	99.36	96.89	87.00	80.37	98.70
Octubre	S.D		120.35	127.29	91.50	126.18	111.65	113.92	99.77	108.04	112.34
Noviembre	125.75	120.55	127.47	134.91	101.60	132.94	124.55	124.55	103.67	112.28	120.83
Diciembre	145.15	138.91	134.35	140.41	147.88	126.41	132.05	126.31	105.90	107.95	130.53
Total anual	839.90	1330.52	1417.06	1422.72	1363.69	1291.88	1327.62	1256.00	1194.43	1173.70	1319.60

Fuente: PECH.

## Anexo 4: Acuerdo conciliatorio entre el Gobierno Regional y la JURP

ESTE DOCUMENTO NO HA SIDO  
REDACTADO EN ESTA NOTARÍA

### ACUERDO CONCILIATORIO

Fu la sede del Proyecto Especial Chavimochic, sito en la Av. 2 s/n Parque Industrial, Distrito de La Esperanza, Provincia de Trujillo, siendo las 09:00 horas del día miércoles 04 de Abril de 2010, se reunió en una parte, el GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD, representado por el Ingeniero José Humberto Mungía Zanier, Presidente Regional y el Ing. Huber Vergara Díaz, Gerente General del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC; y, de otra parte la JUNTA DE USUARIOS DE RIEGO PRESURIZADO DEL DISTRITO DE RIEGO MOCHE-VIRÚ-CHAO, representada por Ramiro Salasmiñ Valderría Pezantes; para realizar acuerdos relacionados con la acción de amparo interpuesta por la Junta al Proyecto Chavimochic III Etapa – Primera Fase.

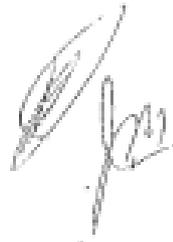
#### ANTECEDENTES.

La Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Mocha, Virú, Chao, interpuso demanda de amparo constitucional ante el Juzgado Mixto de Virú, contra el Gobierno Regional de La Libertad y otros, originándose el proceso Exp. N° 120-2010, y por medio de la cual solicitó al Poder Judicial se dicte sentencia que haga inaplicable y sin efecto jurídico alguna la declaración de viabilidad del Proyecto Chavimochic Tercera Etapa-Primera Fase, producida por la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, del Ministerio de Economía y Finanzas, mediante Informe Técnico N° 042-2010-DF/68.01; y como consecuencia de ello, se dispusiera la suspensión de los trámites orientados a la suscripción del Convenio Integrador entre el Gobierno Regional de La Libertad y PROINVERSION, así como la suspensión del proceso de promoción de la inversión privada, tomado a cargo por PROINVERSION para promover la concesión del denominado Sistema Integral CHAVIMOCHIC, disponiéndose que el proyecto de inversión pública con Código SNIP 90469 o su equivalente, respete a) la naturaleza contractual de la fijación de la Tasa de agua b) la participación oportuna en el procedimiento de inversión pública de la Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Mocha, Virú, Chao, la misma que deberá estar facultada para ser informada de los aspectos técnicos y financieros del proyecto, así como para participar con técnicos acreditados en la formulación de propuestas al proyecto de inversión pública; y c) la sostenibilidad de las actividades económicas de las empresas que forman parte de la Junta de Usuarios de Riego Presurizado Mocha, Chao, Virú.

La demanda fue admitida a trámite por resolución número uno del 30 de Junio de 2010, que obra a fojas 286 y 287 del expediente principal.

Por escrito de fojas 317 a 321 se apersonó al proceso el Procurador Público del Ministerio de Agricultura, Salim Strusberg Chaskel, identificado con DNI N° 07181707.

Por escrito de fojas 422 a 442 se apersonó al proceso la Procuradora del Ministerio de Economía y Finanzas Patricia del Carmen Velasco Sáenz, con DNI N° 07914899.



En escrito de fojas 456 y 457 el Procurador Público del Consejo de Ministros, Ricardo Raúl Castro Velapalán, identificado con DNI N° 08329550, encargado de los asuntos judiciales de TUSIINVERSION, solicita se incorpore a esta entidad como litisconsorte necesario.

En escrito de fojas 460 a 468 el Gerente General de CHAVIMOCHIC Huber Vesgano Díaz, identificado con DNI N° 10492460, solicita también intervención litisconsorcial.

Mediante resolución número cuatro del 18 de agosto de 2010, que corre a fojas 469 y 470, el Abogado Mixto de Virú concede intervención litisconsorcial al Proyecto Especial CHAVIMOCHIC y a TUSIINVERSION.

#### DECLARACIONES DE LAS PARTES.

Las partes intervinientes reconocen que el Estado en todas sus instancias tiene el rol, de acuerdo a sus planes y programas, de invertir en infraestructura básica que permita el desarrollo sostenible de la inversión privada.

Las partes reconocen la naturaleza intangible de los contratos, conforme a lo prescrito por el artículo 62° de la Constitución Política del Perú.

Las partes reconocen que la declaración de viabilidad de la Tercera Etapa Primera Fase del Proyecto CHAVIMOCHIC, otorgada por la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, del Ministerio de Economía y Finanzas, mediante Informe Técnico N° 043-2010-EP/08.01, existía valores de tarifas de agua superiores a las establecidas en los contratos de Compra-Venta, lo cual hubiera afectado en forma importante la continuación de las actividades agrícolas de las empresas propietarias de las tierras.

#### OBJETO DEL ACUERDO CONCILIATORIO.

El objeto del presente acuerdo poner fin al proceso de amparo, Exp. N° 120-2010, auto componiendo la controversia con la intervención del Gobierno Regional de La Libertad, El Proyecto Especial Chavimochic y la Junta de Usuarios, quienes quedan vinculados por los alcances de las declaraciones realizadas y los acuerdos que se tomen, en los siguientes términos:

1. Las partes acuerdan que los componentes TUMIMA de las tarifas de agua que se fijen con motivo del proceso de promoción de inversión para la ejecución de la Tercera Etapa del Proyecto Chavimochic, bajo el Código SNIP N° 90449, para las tierras nuevas que a la fecha tienen propietarios y que están ubicadas en el ámbito de las Etapas I y II del referido Proyecto, serán las que el Gobierno Regional por intermedio del mismo, en el Estudio de Factibilidad de la III Etapa del Proyecto, presente al Ministerio de Agricultura y a la Dirección General de Políticas de Inversión del MEF, para obtener la viabilidad de la III Etapa del citado Proyecto y que se muestran en el siguiente cuadro.





Sectores económicos	Componentes de la Tarifa de Agua para Riego		
	Amortización	O y M	TUJIRMA
Áreas nuevas subastadas <10,000m <sup>2</sup> /ha/año	0.015000	0.006062	0.021062
Áreas nuevas subastadas >10,000m <sup>2</sup> /ha/año	0.026200	0.006062	0.032262
Áreas nuevas subastadas Sin derecho a agua	0.040490	0.006062	0.046552

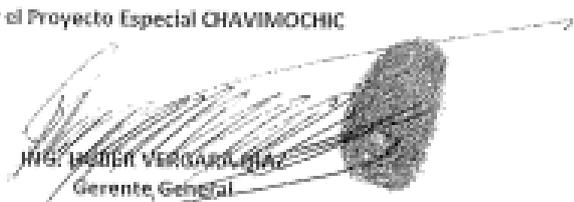
Las tarifas que se indican en el cuadro que antecede están contenidas en el mencionado Estudio de Factibilidad, cuya copia fue formalmente alcanzada a la Junta de Usuarios mediante Oficio Nº 1.01-2012-GRLL-PRE el 15 de marzo del 2012, cuyo resumen ejecutivo se anexa al presente acuerdo conciliatorio.

2. El Proyecto Especial Chavimochic se obliga a suscribir adendas a los contratos de compra venta suscritos con los representantes de las empresas propietarias de los terrenos de Chavimochic. Esta adenda tendrá por objeto incorporar a dichos contratos las tarifas aquí establecidas. Deberán ser firmadas en un plazo no mayor a dos semanas, después de obtener la Declaratoria de Viabilidad del Proyecto Chavimochic - Tercera Etapa. Cada empresa en cumplimiento de su obligación de firmar la adenda al contrato, presentará su solicitud al Proyecto Chavimochic.
3. El Gobierno Regional y el Proyecto CHAVIMOCHIC velará porque PROMINVERSION brinde todas las facilidades a los usuarios o a sus representantes a fin de que tengan acceso a la documentación del proceso de promoción de la inversión, así como a entrevistarse con los funcionarios de dicha entidad las veces que sean necesarias.
4. La Junta de Usuarios, en la medida que el asunto de las tarifas ha sido debidamente conciliado, expresa su consentimiento y se compromete a desistir en el plazo de cinco (05) días hábiles de suscrito el presente Acuerdo, del proceso judicial en trámite relacionado con la suspensión de la ejecución de la III Etapa del Proyecto Chavimochic – Primera Fase, de acuerdo al siguiente detalle:
  - a) Expediente Nº 130-2010. Demandante: Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche, Virú y Chao. Demandado: Procurador Público del Ministerio de Economía y Finanzas, Ministerio de Agricultura, Procurador Público del Gobierno

Regional La Libertad, Ministerio de Economía y Finanzas y Procurador Público del Ministerio de Agricultura, Materia: Proceso de Amparo, Juzgado Mixto de Virú.

5. La Junta de Usuarios de Riego Presurizado expresa su consentimiento para desistirse de cualquier proceso judicial conexo destinado a la interrupción de la ejecución de la III Etapa del Proyecto Chavimochic.
6. Este Acuerdo Conciliatorio será presentado por la Junta de Usuarios conjuntamente con el escrito de desistimiento del proceso judicial contenido en el Exp. 120-2010, a fin de que el Juzgado haga las notificaciones de ley.
7. El cumplimiento de los acuerdos antes señalados está condicionado a la aceptación de parte del Juzgado Mixto de Virú, del desistimiento que deberá presentar la Junta de Usuarios respecto del proceso judicial contemplado en el numeral 6 de la presente Acta. Para tal efecto, el Juzgado deberá emitir la resolución que declare concluido el proceso.

Escrito en la ciudad de Trujillo, el 03 de abril de 2012.

<p>Por el Gobierno Regional La Libertad</p>  <p>ING. JOSÉ MURGIA ZANNIER Presidente Regional</p>	<p>Por la Junta de Usuarios de Riego Presurizado Moche-Virú-Chao</p>  <p>ING. RAMIRO VALDIVIA PESANTES Presidente</p>
<p>Por el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC</p>  <p>ING. JUAN VERGARA RÍOS Gerente General</p>	



**Figura 50: Acuerdo conciliatorio entre el Gobierno Regional de La Libertad y la JURP acerca de la tarifa TUIHMA.**

Fuente: JURP.

## Anexo 5: Modelo de contrato de compraventa para terrenos nuevos de la irrigación Chavimochic

### SEÑOR NOTARIO:

Sírvase extender en su Registro de Escrituras Públicas una Adenda al **CONTRATO DE COMPRA VENTA**, bajo la modalidad de **Subasta pública**, de fecha 12 de febrero de 2002 que celebran de una parte el **PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC**, con RUC N° 20156058719, con domicilio legal en Av. 2 S/N, Parque Industrial, Distrito de La Esperanza, debidamente representado por su Gerente, Ing. Kenny Eduardo Heredia García, identificado con D.N.I. N° 18099413, designado mediante Resolución Ejecutiva Regional N° 025-2015-GRLL/PRE, a quien en adelante se le denominará **EL VENDEDOR** y, de la otra parte la empresa ....., con R.U.C. N° ....., con domicilio para efectos de este contrato en ....., debidamente representado por la ..... identificado con D.N.I. N° ....., según poderes que constan inscrito en la zona Registral ....., a quién en adelante se le denominará **EL PROPIETARIO**, en los términos y condiciones siguientes:

### CLÁUSULA PRIMERA: ANTECEDENTES:

- 1.1. Mediante Contrato de Compraventa de fecha ....., en adelante **EL CONTRATO, EL VENDEDOR** transfirió en venta real y enajenación perpetua a favor de la empresa ....., el Lote de terreno denominado **LOTExxx**, con un área total de **XXXX hectáreas**, ubicado en el ....., Departamento de La Libertad, unidad inmobiliaria inscrita en la ..... del Registro de Predios de la Zona Regional N° V – Sede Trujillo.
- 1.2. En **EL CONTRATO** se estableció obligaciones para ambas partes en relación al volumen de agua a ser entregado anualmente y a la tarifa de agua.
- 1.3. Mediante Acuerdo Conciliatorio de fecha 03.04.2012, suscrito con motivo de los Expedientes N° 120-2010, tramitados en los Juzgados Mixto de Virú y Cuarto Juzgado Especializado en lo Civil de Trujillo, respectivamente, el Presidente Regional del Gobierno Regional La Libertad, el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC y la Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche-Virú-Chao en representación de sus usuarios, con la finalidad de viabilizar la ejecución de la Tercera Etapa del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, acordaron suscribir sendas adendas a los Contratos de Compra Venta suscritos con el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, las mismas que tendrán por objeto modificar la Cláusula referida a la Tarifa de Agua, precisando el monto de la Tarifa por Uso de la Infraestructura Hidráulica Mayor para volúmenes de agua sobre los 10,000m<sup>3</sup>/ha/año, definida en el citado Acuerdo Conciliatorio.
- 1.4. A través del Oficio N° 938-2014-GRLL-PRE/PECH-04 de fecha 05.12.2014, la Oficina de Asesoría Jurídica emite pronunciamiento en relación al contenido y alcance de las Adendas acordadas con los Usuarios.
- 1.5. La Sub Gerencia de Operación y Mantenimiento mediante el Oficio N° 198-2014-GRLL-PRE/PECH-07 de fecha 30.12.2014, emite opinión favorable a los términos de la Cláusula Cuarta de la Adenda, propuesta por la Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Virú Chao.
- 1.6. A través del Informe Técnico N° 023-2014-GRLL-PRE/PECH-01-UTF de fecha 30.12.2014, la Unidad Técnica Funcional Tercera Etapa emite opinión técnica favorable a las consideraciones de orden técnico que deben incorporarse en las Adendas propuestas por los usuarios, recomendando en ese sentido la suscripción de las mismas.
- 1.7. Mediante Informe N° 028-2015-GRLL-PRE/PECH-01-JGZ, de fecha 30 de noviembre de 2015, que el Coordinador de la Unidad Técnica Funcional hace suyo y comunica a Gerencia mediante Oficio N°485-2015-GRLL-GOB/PECH-01-UTF, se desarrollan consideraciones técnicas relativas al compromiso de asignación de un módulo de hasta 15,000 m<sup>3</sup>/ha/año a las Áreas Nuevas Subastadas de las Etapas I y II el Proyecto Chavimochic; Informe que es comunicado a la Sub Gerencia de Operación Mantenimiento con fecha 05 de enero de 2016 a fin de que emita opinión técnica.

- 1.8. Mediante Oficio N°002-2016-GRLL-GOB/PECH-07, recibido el 18 de enero de 2016, la Sub Gerencia de Operación y Mantenimiento emite opinión técnica a Compromisos de Asignación de Volúmenes de Agua a considerar en Adendas de Compra – Venta, recomendando realizar los ajustes del Nuevo Balance Hídrico, teniendo en cuenta las consideraciones que expone, sobre cuya base se podrá suscribir las Adendas a los contratos de Compra – Venta y asimismo gestionar ante la Autoridad Nacional del Agua, la Actualización de los Volúmenes de Asignación.
- 1.9. Atendiendo a lo señalado en el Oficio N°002-2016-GRLL-GOB/PECH-07, mediante Oficio N° 001-2016-GRLL-GOB/PECH-01-UTF de fecha 22 de enero de 2016, el Coordinador de la Unidad Técnica Funcional presenta a la Gerencia el N° 001-2016-GRLL-GOB/PECH-01-JGZ de fecha 20 de enero de 2016 con respecto a las adendas de los contratos de Compra – Venta de las tierras nuevas subastadas de la I y II Etapa, de acuerdo a la consideración técnica que se explica en este último Informe en el sentido que la solicitud de la Junta de usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche – Virú – Chao de considerar en las Adendas a los contratos de compra venta, un módulo de riego de hasta 15,000 m<sup>3</sup>/ha/año, es atendible.
- 1.10. Mediante Oficio N° 009-2016-GRLL-GOB/PECH-07, el Sub Gerente de Operación y Mantenimiento del PECH emite opinión técnica sobre el Informe N° 001-2016-GRLL-GOB/PECH-01-JGZ concluyendo que se continúe con el proceso de suscripción de las Adendas a los Contratos de Compra – Venta, que al presente se encuentren pendientes.
- 1.11. A través del Informe N° 008-2016-GRLL-GOB/PECH-04, el Jefe de la Oficina de Asesoría Jurídica del Proyecto Especial Chavimochic, concluye que resulta viable continuar con el proceso de suscripción de las Adendas a los contratos de Compra – Venta, debiendo la UTF, proceder con el trámite respectivo.
- 1.12. Mediante informe N° 007-2016-GRLL-PRE/PECH-01-JGZ, de fecha 18 de Febrero de 2016, se efectuaron las correcciones con respecto a la observación del oficio N° 009-2016-GRLL-GOB/PECH-07 para el caso del Valle Chicama, verificándose que se mantiene las persistencias de atención a las demandas de las áreas nuevas sobre los valores permisibles.

#### **CLÁUSULA SEGUNDA: OBJETO DE LA ADENDA:**

Mediante la presente Adenda, al amparo del principio de libertad contractual consagrado en el artículo 62° de la Constitución Política del Perú, concordante con el artículo 1354° del Código Civil, y a fin de implementar los alcances del Acuerdo Conciliatorio de fecha 03.04.2012, las partes voluntariamente acuerdan modificar **EL CONTRATO**, en relación a la tarifa y volumen de agua, conforme a lo estipulado en las cláusulas siguientes.

#### **CLAUSULA TERCERA: TARIFA Y VOLUMEN DE AGUA GARANTIZADO:**

- A. **EL PROPIETARIO** se obliga al pago de la Tarifa por utilización de la infraestructura hidráulica mayor (TUIHMA), que equivale a US \$0.021062 Dólares Americanos/m<sup>3</sup> más IGV, de agua suministrada hasta 10,000m<sup>3</sup>/ha/año, que corresponde US \$ 0.015 Dólares Americanos a la recuperación de inversión y US \$ 0.006062 Dólares Americanos a la operación y mantenimiento de la Infraestructura Hidráulica Mayor.
- B. **EL PROPIETARIO** se obliga al pago de la Tarifa por utilización de la infraestructura hidráulica mayor (TUIHMA), que equivale a US \$ 0.032262 Dólares Americanos/m<sup>3</sup> más IGV, de agua suministrada desde volúmenes mayores a los 10,000m<sup>3</sup>/ha/año hasta 13,000 m<sup>3</sup>/ha/año, que corresponde US \$ 0.026200 Dólares Americanos a la recuperación de inversión y US \$ 0.006062 Dólares Americanos a la operación y mantenimiento de la Infraestructura Hidráulica Mayor.
- C. **EL PROPIETARIO** se obliga al pago de la Tarifa por utilización de la infraestructura hidráulica mayor (TUIHMA), que equivale a US \$0.068964 Dólares Americanos/m<sup>3</sup> más IGV, de agua

suministrada mayor a 13,000m<sup>3</sup>/ha/año, que corresponde US \$ 0.0629020 Dólares Americanos a la recuperación de inversión y US \$ 0.006062 Dólares Americanos a la operación y mantenimiento de la Infraestructura Hidráulica Mayor.

El volumen de agua suministrada garantizada por **EL VENDEDOR** o quien haga sus veces al Lote será hasta 15,000 m<sup>3</sup>/ha/año, la cual será aplicada al área neta del Lote.

El Lote **XXX** cuenta con un área bruta de **XXXX** has y área neta de **XXXX** has, resultando un volumen total de asignación al lote de **XXXX** Hm<sup>3</sup>/año, pudiéndose incrementar este volumen garantizado de acuerdo a la disponibilidad hídrica del Sistema Hidráulico del Proyecto Especial Chavimochic.

Las tarifas se irán aplicando conforme el consumo supere los módulos descritos en los numerales A, B, y C respectivamente.

#### **CUADRO REQUERIDO**

Las tarifas por utilización de la infraestructura hidráulica mayor (TUIHMA) aquí convenidas, rigen a partir del 06 de noviembre del 2014, fecha de inicio de las obras conforme consta en el Acta de su propósito y en el Contrato de Concesión para el Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de las Obras Hidráulicas Mayores del Proyecto Chavimochic suscrito el 09 de mayo de 2014.

La cobranza de la TUIHMA, se realizará de acuerdo a la normatividad vigente en esta materia, en los primeros cinco (05) años por la Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego MVCH quien transferirá el valor de la TUIHMA al Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, y luego por el concesionario del Proyecto Chavimochic.

#### **CLAUSULA CUARTA: CONTINGENCIAS AL SUMINISTRO DE AGUA**

**EL VENDEDOR** o quien haga sus veces garantiza que bajo condiciones normales de operación del sistema hidráulico desarrollado para la III Etapa del Proyecto Especial Chavimochic, la restricción parcial o total del suministro de agua al **XXXX** propiedad de **EL PROPIETARIO** no superara las 24 horas continuas. Plazos mayores deberán ser consensuados entre las partes (usuarios, operadores y supervisor, según corresponda) en el marco del contrato de suministro que se firmará posteriormente. Este plazo no aplica para eventos extraordinarios.

#### **CLAUSULA QUINTA: REAJUSTE DE TARIFA DE AGUA:**

Las tarifas por utilización de la infraestructura hidráulica mayor (TUIHMA) únicamente podrán ser reajustadas anualmente aplicando lo establecido en el numeral 3.10: Ajuste del valor de la Tarifa Básica, del Anexo N° 2: Términos y Condiciones Generales para la Prestación del Servicio de Suministro de Agua a los Usuarios del Servicio y para la Entrega de Agua en Bloque al Proyecto Especial Chavimochic, del Contrato de Concesión para el Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de las Obras Hidráulicas Mayores del Proyecto Chavimochic suscrito el 09 de mayo de 2014 con la Concesionaria Chavimochic S.A.C..

#### **CLAUSULA SEXTA: FINALIZACIÓN DEL PAGO DEL COMPONENTE DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN DEL TUHIMA:**

**EL VENDEDOR** comunicará por escrito al **PROPIETARIO** el monto total asignado al **LOTE** por concepto del componente de recuperación de la inversión de la Tarifa por utilización de la infraestructura hidráulica mayor (TUIHMA) descrita en la cláusula tercera de la presente Adenda.

**EL VENDEDOR** llevará la contabilidad de uso de agua y el pago efectuado por **EL PROPIETARIO**, por concepto del componente de recuperación de la inversión de la Tarifa por utilización de la infraestructura hidráulica mayor (TUIHMA) hasta el año que haya concluido la recuperación de la inversión. Para ello elaborará un informe anual que será puesto de conocimiento a **EL PROPIETARIO**.

**CLÁUSULA SETIMA: CONTRATO DE SERVICIOS DE SUMINISTRO DE AGUA:**

EL PROPIETARIO se compromete a suscribir un Contrato de Servicios de Agua para Riego con el Concesionario, en la oportunidad que este lo requiera, el que estará basado en la presente Adenda y el proyecto de Contrato de Servicios señalado en el Apéndice 2.1 del Anexo 2 del Contrato de Concesión correspondiente.

**CLÁUSULA OCTAVA: GASTOS:**

Todos los gastos que irroguen la presente Minuta, su escriturización e inscripción registral, corren de cuenta y cargo de EL PROPIETARIO.

**CLÁUSULA NOVENA: VIGENCIA**

Las partes declaran expresamente que la celebración y formalización de la presente adenda, no implica la novación, modificación sustancial o variación de las obligaciones asumidas en virtud de EL CONTRATO primigenio, por lo que los términos que no hayan sido objeto de modificación en virtud de la presente Adenda, mantienen plenamente su vigencia.

Asimismo, los acuerdos o modificaciones posteriores al contrato primigenio quedan subsistentes en cuanto no se opongan a las cláusulas de la presente adenda.

Ambas partes luego de leídas todas y cada una de las cláusulas del presente documento lo suscriben en dos ejemplares en señal de conformidad a los 24 días del mes de Febrero de 2016.

\_\_\_\_\_  
EL PROPIETARIO

.....

\_\_\_\_\_  
EL VENDEDOR  
P.E. CHAVIMOCHIC  
ING. KENNY EDUARDO HEREDIA GARCÍA  
GERENTE

**Figura 51: Modelo de contrato de compraventa para terrenos nuevos de la irrigación Chavimochic.**

Fuente: PECH