

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**Ciclo Optativo de Profesionalización en
Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental**



**“ECOEficiencia EN EL CONSUMO DEL RECURSO HÍDRICO
DENTRO DE LOS CAMPOS DEL PROGRAMA DE
INVESTIGACIÓN EN ORNAMENTALES EN LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AGRARIA LA MOLINA”**

Trabajo de Titulación para Optar al Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

TEMOCHE GUTIÉRREZ, Marco Antonio

Lima – Perú

2014

INDICE

	Pag.
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURA	vi
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Generalidades	2
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	
2.1 Marco legal	5
2.1.1 Constitución Política del Perú (1993)	5
2.1.2 Ley N° 26821: Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (1997)	5
2.1.3 Ley N° 29338: Ley de recursos hídricos (2009)	5
2.2 Generalidades sobre la ecoeficiencia	6
2.2.1 Ecoeficiencia	6
2.2.2 Ecoeficiencia empresarial	7
2.2.3 Indicadores de la ecoeficiencia	8
2.3 Ecoeficiencia en la gestión del agua	10
2.3.1 Importancia del agua en la agricultura	11
2.3.2 Medidas para ahorrar agua en la agricultura	12
2.4 Experiencias de la ecoeficiencia en la gestión del agua en el Perú	12

2.5	Generalidades sobre riego	13
2.5.1	Propiedades físicas del suelo	13
2.5.2	Constantes hídricas	14
2.5.3	Movimiento del agua en el suelo	15
2.5.4	Requerimiento de agua del cultivo	16
2.5.5	Medición de caudales	17
2.5.6	Riego superficial o por gravedad	18
2.5.7	Riego a presión	19
2.5.8	Eficiencia de riego	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	Área de estudio	28
3.2	Materiales	28
3.3	Métodos	29
3.3.1	Recopilación de información preliminar	29
3.3.2	Clasificación de actividades que consumen agua	33
3.3.3	Medición de caudales	34
3.3.4	Evaluación de sistemas de riego	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	Línea de base	35
4.1.1	Distribución de las áreas en el Programa	35
4.1.2	Actividades que consumen agua y fuentes de agua	36
4.1.3	Descripción de la aplicación de agua con fines de riego en las áreas evaluadas	40
4.1.4	Turnos de riego	51
4.1.5	Cuadro de caudales	52
4.1.6	Inventario de equipos	54
4.1.7	Calidad de agua	57
4.1.8	Tarifa volumétrica del agua para riego	62
4.1.9	Cálculo del indicador de consumo de agua para riego	64

4.2	Evaluación de los sistemas de riego	68
4.2.1	Evaluación del riego por aspersión	68
4.2.2	Evaluación del riego por microaspersión	71
4.2.3	Evaluación del riego por manguera	76
4.2.4	Comparación de volúmenes aplicados y necesidades netas por tipo de riego	81
4.3	Evaluación del consumo de agua para actividades distintas al riego	82
4.3.1	Agua de consumo poblacional	82
4.3.2	Agua consumida para fines diversos	83
4.3.3	Agua consumida durante la preparación de las aplicaciones	84
4.3.4	Comparación de volúmenes de agua utilizados en actividades distintas al riego	84
4.4	Actividades contrarias a la ecoeficiencia en el consumo del recurso hídrico	85
4.4.1	Suministro de agua en el riego	85
4.4.2	Suministro de agua para uso administrativo (servicios higiénicos)	88
4.4.3	Equipo de bombeo	88
4.5	Resultados de la evaluación realizada	89
4.6	Formulación del programa de ecoeficiencia para el consumo del agua	91
4.6.1	Buenas prácticas ambientales e innovaciones en el sistema de riego	91
4.6.2	Indicadores de gestión del recurso hídrico	92
4.6.3	Programa de ahorro de agua	94
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	99
5.2	Recomendaciones	100
VI.	BIBLIOGRAFÍA	101
	ANEXOS	
	GLOSARIO	

ÍNDICE DE TABLAS

N°		Pág.
01	Formato de identificación de actividades que consumen agua	33
02	Actividades que consumen agua en el área de oficinas administrativas	39
03	Actividades que consumen agua con fines de riego	39
04	Número de emisores y áreas de cada zona del tinglado	41
05	Turnos de riego en las diferentes áreas	51
06	Actividades que consumen agua en el área de trasplante	53
07	Equipos sanitarios	55
08	Inventario de equipos para aplicación	56
09	Equipos para aplicaciones según áreas de uso	56
10	Análisis químico de agua del reservorio	58
11	Análisis de metales pesados y microelementos del agua del reservorio	59
12	Análisis químico del agua de pozo	60
13	Análisis de metales pesado, microelementos y coliformes en agua de pozo	61
14	Análisis químico del agua de la cisterna	62
15	Extracto del informe de coordinación de riego	63
16	Pago por suministro de agua potable para el área de propagación	63
17	Volumen de agua consumido por las diferentes áreas del Programa	65
18	Resultados para el cálculo de la ETo	67
19	Necesidades netas, volumen aplicado y cálculo de Exceso – Déficit	67
20	Registro de pluviómetros (aspersión)	69
21	Desviación de pluviómetros (aspersión)	69
22	Coefficiente de uniformidad en aspersión	69
23	Eficiencia de aplicación en aspersión	71
24	Registro de pluviómetros (microaspersión)	72
25	Desviación de pluviómetros (microaspersión)	72
26	Coefficiente de uniformidad en microaspersión – tinglado	72
27	Eficiencia de aplicación en microaspersión – tinglado	73
28	Registro de pluviómetros	74
29	Desviación de pluviómetros	74

30	Coefficiente de uniformidad en microaspersión – casas sombra	75
31	Eficiencia de aplicación en microaspersión – casas sombra y área de propagación	75
32	Volumen de agua consumida mensualmente en el área de césped	76
33	Eficiencia de aplicación en el área del césped	77
34	Volumen de agua consumido mensualmente por el área de flores de corte	78
35	Eficiencia de aplicación en el área de flores de corte	78
36	Volumen de agua consumido mensualmente por el área de compostaje	79
37	Volumen de agua consumido mensualmente por las áreas de trasplante y plantas madre	80
38	Eficiencia de aplicación en el área de plantas madre y el de trasplante	80
39	Caudales de aparatos sanitarios	83
40	Índice de consumo de agua por trabajador	83
41	Volumen de agua usado en lavatorio para fines diversos	83
42	Volumen de agua usado en preparación de agroquímicos	84
43	Programa de ecoeficiencia para el Programa de Investigación en Ornamentales	95

ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pág.
01	Extracciones de agua en el mundo (estimado)	11
02	Ubicación del Programa de Investigación en Ornamentales	28
03	Vista del área en estudio	35
04	Vista del ingreso del agua de riego	37
05	Vista caja de derivación - ingreso del agua de riego al reservorio	37
06	Vista del reservorio	38
07	Vista de los surcos en el área de plantas madre	40
08	Distribución interna del tinglado	41
09	Zonificación del tinglado	42
10	Vista interna de la casa sombra	42
11	Distribución de emisores dentro de la casa sombra	43
12	Vista interna del área de propagación	43
13	Distribución interna de emisores dentro del área de propagación	44
14	Vista del área de venta de plantas de sol	44
15	Distribución de los aspersores en el área de venta de plantas de sol	45
16	Vista del área de producción de plantas de sol	45
17	Distribución de aspersores en el área de producción de plantas de sol	46
18	Vista del área de compostaje	46
19	Distribución del área de compostaje	47
20	Vista del área de trasplante - embolsado	47
21	Distribución del área de trasplante	48
22	Vista del área de plantas madre	48
23	Distribución del área de plantas madre y de sus puntos de toma	49
24	Vista del área de flores de corte	49
25	Distribución del área de flores de corte y de sus emisores	50
26	Distribución del área de césped	50
27	Ubicación del Programa en relación a zootecnia (posible contaminante)	57
28	Necesidades netas, volumen aplicado	68

29	Volumen de agua aplicado por aspersión al cultivo comparado al de sus necesidades	71
30	Volumen de agua aplicado al cultivo comparado al de sus necesidades en el área del tinglado	73
31	Volumen de agua aplicado al cultivo comparado a sus necesidades hídricas en el área de casa sombra y área de propagación	76
32	Volumen de agua aplicado al césped comparado a sus necesidades hídricas	77
33	Volumen de agua aplicado al cultivo comparado a sus necesidades hídricas en el área de flores de corte	79
34	Volumen de agua aplicado al cultivo comparado a sus necesidades hídricas en el área de plantas madre y trasplante	81
35	Comparación de volúmenes de agua por tipo de riego	81
36	Volumen total aplicado comparado con el volumen total mensual requerido por el Programa	82
37	Volumen de agua usado en actividades distintas al riego	84
38	Punto de ingreso de agua al área del Programa	85
39	Canal de conducción sin revestir y con presencia de material grueso	86
40	Conexión de punto de agua a manguera en el área de plantas de sol	86
41	Rebose de agua en el área de césped	87
42	Acumulación de agua en la parte más baja en el área de césped	87
43	Equipo de bombeo y recolección del agua de las fugas	89

RESUMEN

En el presente estudio se muestran los resultados de la evaluación realizada al Programa de Investigación en Ornamentales dentro de la Universidad Nacional Agraria La Molina, respecto al uso del recurso hídrico con fines de riego y de consumo poblacional.

Se realizó la identificación de las tres fuentes de agua que proveen de este recurso a las ocho áreas cultivadas y al área con fines de consumo poblacional (SSHH y otros) del Programa, describiendo las actividades que consumen agua, tales como riego de los cultivos, aplicaciones de agroquímicos, riego de vías (para eliminar el polvo) y uso administrativo (servicios higiénicos). Se realizó la descripción de la aplicación de agua con fines de riego, donde se identificó riego por aspersión, microaspersión y con manguera (por inundación); turnos de riego, registro que resulta de la observación de uso por fuentes y tipos de riego; medición de caudales, por el método volumétrico y el cálculo de su respectivo indicador, en función de volúmenes de agua entregados y requerimiento de las plantas. Se realizó el análisis de la calidad de agua de las distintas fuentes: análisis químico, metales pesados, microelementos y coliformes totales y fecales, para determinar la afección del agua en los usos que se le da dentro del Programa. Así mismo, se realizó el inventario de equipos de bombeo, equipos para aplicación de agroquímicos y aparatos sanitarios y su respectivo consumo de agua.

La evaluación de los sistemas de riego se realizó considerando el coeficiente de uniformidad y la eficiencia de aplicación para el riego por aspersión y microaspersión; para el riego por inundación por manguera se determinaron los volúmenes aplicados y eficiencia de aplicación respecto al volumen de agua requerido por los cultivos.

La evaluación del consumo de agua para actividades diferentes al riego se centró en el agua de consumo poblacional que asciende a un promedio de 81,82 L/trabajadores/día y al agua para la preparación de aplicaciones que asciende a 1745,80 L/mes.

Finalmente se formuló el programa de ecoeficiencia para el consumo de agua donde se mencionan buenas prácticas ambientales e innovaciones en el sistema de riego, suministro de agua de consumo poblacional y el programa de ahorro de agua.

ECOEficiencia EN EL CONSUMO DEL RECURSO HÍDRICO DENTRO DE LOS CAMPOS DEL PROGRAMA DE INVESTIGACION EN ORNAMENTALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

I. INTRODUCCIÓN

La gestión del recurso hídrico en la agricultura tiene la necesidad de obedecer a la aplicación de la ecoeficiencia como estrategia con fines de lograr un desarrollo eficiente y eficaz, de esa manera cumplir con satisfacer las necesidades ambientales y económicas que demanda el desarrollo actual del mundo, desarrollo que deriva en la consideración de la racionalización y optimización de costos y recursos como sinónimo de competitividad.

Se debe tener en cuenta que el uso del recurso hídrico y su gestión forman parte de los principales problemas que azotan las distintas sociedades en el mundo. Se evidencia que este recurso está disminuyendo según PNUMA (2012) y esto es debido a que no existen herramientas suficientes que permitan una buena evaluación de su uso y posterior gestión para colaborar con la conservación del recurso hídrico y el crecimiento de la conciencia de uso en el país, donde la gestión del agua sea sinónimo de eficiencia y eficacia. Así la agricultura podrá acompañar el crecimiento de la economía integral del país, sumándose de esta manera a los esfuerzos para lograr cumplir con *“la conservación y aprovechamiento sostenible del patrimonio natural del país, con eficiencia, equidad y bienestar social, priorizando la gestión integral de los recursos naturales”* (MINAM, 2009) que es el primer objetivo específico de la PONA (2009)

Considerando que los principales usos del agua dulce son agrícola, poblacional, minero, industrial y energético, el consumo nacional de agua está constituido por el aprovechamiento consuntivo, siendo el más importante en el ámbito nacional el sector agrícola, con 80%, según MINAG (2012) - Plan Estratégico Multianual 2012-2016 y que su eficiencia es en promedio de 35%, según la ANA (2009). Es evidente que la gestión del uso del agua en el sector agrícola no es ni eficiente ni eficaz y esto trae consigo una serie de impactos tanto hacia el ambiente como a la economía para el

agricultor. Si se proyecta este panorama hacia mercados de exportación, estos prefieren productos que provengan de procesos de producción con responsabilidad hacia el ambiente.

Conociendo la importancia de un manejo ecoeficiente del agua, el estudio facilitará la medición de factores tales como consumo general de este insumo, inventario de equipos relacionados con su consumo, identificación de prácticas laborales contrarias a la ecoeficiencia del agua, integración de la información e identificación de las áreas de oportunidad para la elaboración de una adecuada descripción de la situación actual del uso del agua y por último la elaboración de un programa de ecoeficiencia en el uso del agua para riego y agua de uso poblacional dentro del área en análisis.

La investigación permitirá la elaboración de estudios de ecoeficiencia en cualquier otro fundo que desarrolle alguno de los tipos de riego utilizados en el Programa, así como las prácticas que impliquen el uso del recurso hídrico. De esta manera se pretende que el presente trabajo sirva como guía para futuras aplicaciones.

1.1 GENERALIDADES

La participación de las empresas, en la última década, se ha visto enfocada en mercados competitivos donde no solo la calidad del producto rige el interés del público, sino también que estos productos se fabriquen teniendo en cuenta no degradar y/o agotar los recursos naturales y ser más eficientes en el uso de los mismos. Por tanto el beneficio económico se ve afectado por la combinación del uso racional y eficiente de los recursos y la suma de beneficios ecológicos, de esta manera se logra constituir los pilares de la ecoeficiencia.

El término **eco-eficiencia** fue acuñado por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (World Business Council for Sustainable Development - WBCSD) en su publicación *Changing Course* de 1992, usado por primera vez en el principio 10 de la declaración de la Cumbre de Río de Janeiro del mismo año. Está basado en el concepto de crear más bienes y servicios utilizando menos recursos (insumos y materias primas) y creando menos basura y polución y por ende la minimización de la contaminación.

En el Perú, mediante el D.S. N° 009-2009 MINAM “Medidas de ecoeficiencia para el sector público”, se menciona que *“la implementación de medidas de ecoeficiencia permitirá mejorar la calidad del servicio público, ahorrar recursos materiales, energía y permitirá minimizar la generación de residuos, lo que se traducirá en la liberación de recursos económicos que pueden destinarse a los fines primordiales del desarrollo sostenible”*.

Además, el Ministerio del Ambiente, en su publicación “Ecoeficiencia Empresarial” año 2009-2010 publicado en el 2010, define a la ecoeficiencia como *“una estrategia para optimizar el uso de la energía, insumos y procesos de generación de bienes y servicios en general. Con ello, se busca aumentar la competitividad, prevenir y minimizar los impactos ambientales”*. En tal sentido, la ecoeficiencia es una estrategia que permite a la empresa reducir la contaminación ambiental y al mismo tiempo aumentar su rentabilidad y competitividad.

Considerando que la producción agrícola es de vital importancia en el Perú, esta no debe ser ajena al concepto y puesta en práctica de la ecoeficiencia, particularmente respecto al uso del recurso hídrico. Es necesario considerar que la eficiencia en el uso del agua en las prácticas agrícolas no es óptima sino más bien deficiente. El 86% del agua está dedicada al sector agrícola pero su eficiencia llega sólo al 35% (ANA, 2009), frente a experiencias a nivel internacional, como España e Israel, donde el uso del recurso hídrico alcanza una eficiencia de 90% (Adar, 2011), con el uso de riego por goteo.

Por tal motivo, se evaluará la ecoeficiencia del uso del agua en las instalaciones del Programa de Investigación en Ornamentales, dentro de la Universidad Agraria La Molina.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.2.1 Objetivo general

Elaborar un programa de ecoeficiencia en el consumo del agua dentro de los campos del Programa de Investigación en Ornamentales en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descripción de la situación actual del uso del agua en los campos del Programa de Investigación en Ornamentales.
- Identificar actividades que están realizando un uso inadecuado del recurso agua.
- Proponer las mejoras que permitan la ecoeficiencia del uso del agua para riego y otros, dentro del Programa de Investigación en Ornamentales.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 MARCO LEGAL

2.1.1 Constitución Política del Perú (1993)

CAPÍTULO II: DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

Artículo 67: “El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales”.

2.1.2 Ley N° 26821: Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (1997)

TITULO V: DE LAS CONDICIONES DE APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES

Artículo 28: “Los recursos naturales deben aprovecharse en forma sostenible. El aprovechamiento sostenible implica el manejo racional de los recursos naturales teniendo en cuenta su capacidad de renovación, evitando su sobre-explotación y reponiéndolos cualitativa y cuantitativamente, de ser el caso”.

2.1.3 Ley N° 29338: Ley de recursos hídricos (2009)

TÍTULO III: USOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Artículo 34°: “Condiciones generales para el uso de los recursos hídricos: El uso de los recursos hídricos se encuentra condicionado a su disponibilidad. El uso del agua debe realizarse en forma eficiente y con respeto a los derechos de terceros, de acuerdo con lo establecido en la Ley, promoviendo que se mantengan o mejoren las características físico-químicas del agua, el régimen hidrológico en beneficio del ambiente, la salud pública y la seguridad nacional”.

TÍTULO V: PROTECCIÓN DEL AGUA

Artículo 75°: “Protección del agua. La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios”.

Artículo 85º: “Certificación de aprovechamiento eficiente. La Autoridad Nacional otorga “certificados de creatividad, innovación e implementación para la eficiencia del uso del agua” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica que diseñen, desarrollen o implementen equipos, procedimientos o tecnologías que incrementen la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos, así como la conservación de bienes naturales y el mantenimiento adecuado y oportuno de la infraestructura hidráulica”.

2.2 GENERALIDADES SOBRE LA ECOEFICIENCIA

2.2.1 Ecoeficiencia

La ecoeficiencia es un concepto de reciente data, que se utilizó por primera vez, oficialmente, en la Cumbre de Río en 1992 y cuya paternidad se le atribuye al suizo Stephan Schmidheiny en su publicación “Cambiando el Rumbo”.

En términos simples, la ecoeficiencia se puede definir como el arte de producir más con menos recursos y, por ende, con menos contaminación. Está íntimamente ligada con el desarrollo sostenible, que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Siendo relativamente joven, el término ha irrumpido con fuerza en el ámbito empresarial mundial, pues las ventajas de un programa efectivo de ecoeficiencia se traducen en mayor competitividad (menores precios), ahorro de recursos no renovables, reducción de la contaminación, ingresos adicionales con el reciclaje y el reúso de los desechos, sobre todo urbanos, así como en aumento del prestigio y la aceptación de la empresa en su comunidad, en suma, mayor excelencia empresarial y ambiental.

El concepto de ecoeficiencia nace de la concepción global de los impactos ambientales de las diferentes fases del ciclo de vida de un producto y de la voluntad de reducir los diferentes efectos ambientales negativos.

Una definición de ecoeficiencia, según World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 1992) es “proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, que satisfaga las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que reduzca progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de

recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad de carga estimada del planeta”.

Además, en la Guía de la Ecoeficiencia desarrollado por la Fundación Fórum Ambiental (1999), se cita que “el concepto de ecoeficiencia nace de la concepción global de los impactos ambientales de las diferentes fases del ciclo de vida de un producto, y de la voluntad de reducir los diferentes efectos ambientales negativos”.

2.2.2 Ecoeficiencia empresarial

La ecoeficiencia es una estrategia que permite reducir significativamente la contaminación ambiental y al mismo tiempo aumentar su rentabilidad y competitividad, así como el cumplimiento de los compromisos con el ambiente. La eficiencia energética, la minimización de residuos sólidos, la minimización en el uso de recursos, la optimización de procesos productivos y el cambio de insumos y empleo de tecnologías limpias son sinónimos de ecoeficiencia empresarial.

La guía de ecoeficiencia para empresas (MINAM, 2009), menciona que la ecoeficiencia puede servir a las empresas como un medio para desarrollar e implementar exitosamente estrategias de negocios que lleven a la sostenibilidad. Estas estrategias tendrán un fuerte enfoque en la innovación tecnológica y social, la responsabilidad y la transparencia, y en la cooperación con otras partes de la sociedad con miras a obtener los objetivos establecidos.

Las oportunidades de ecoeficiencia no están limitadas a grandes empresas o multinacionales; las pequeñas y medianas empresas (PYMES) y las microempresas también pueden beneficiarse de las soluciones ecoeficientes. De la misma manera, las empresas de servicios pueden aplicar el concepto a la manera como ellas suministran sus servicios, y con ello, ayudar también a sus clientes para que sean más ecoeficientes.

Leal (2005) menciona que la ecoeficiencia se apoya en dos pilares: reducir la sobre explotación de los recursos naturales (lograr un uso más sostenible) y disminuir la contaminación asociada a los procesos productivos. Pero apunta aún más allá: busca un incremento de la productividad de los recursos naturales, así como reducir los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos.

2.2.3 Indicadores de la ecoeficiencia

Leal (2005) se apoya en el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (CEMDS) que es una organización formada por más de un centenar de empresas multinacionales que comparten los valores de compromiso con la protección del medio ambiente y el crecimiento económico en un marco de desarrollo sostenible. Sus miembros representan más de 30 países y más de 20 sectores industriales. La ecoeficiencia aparece como una suerte de filosofía gerencial que conduce a la sostenibilidad. Fue un concepto acuñado por el propio mundo de los negocios, por lo que rápidamente se ha popularizado entre los ejecutivos en todo el mundo.

De acuerdo al CEMDS la ecoeficiencia es obtenida por la “entrega de bienes y servicios con precios competitivos que satisfacen las necesidades humanas y traen mayor calidad de vida, con una reducción progresiva de los impactos ambientales de los bienes y servicios a través de todo el ciclo de vida para un nivel, como mínimo, acorde con la capacidad estimada que el planeta puede soportar”. Ecoeficiencia significa producir más con menos. Los siete elementos básicos en las prácticas de las compañías que operan en forma ecoeficiente son:

- Reducción de intensidad del material utilizado en la producción de bienes y servicios.
- Reducción de intensidad de la energía utilizada en la producción de bienes y servicios.
- Reducción en la generación y dispersión de cualquier material tóxico.
- Apoyo al reciclaje.
- Maximización del uso sostenible de los recursos naturales.
- Extensión de la durabilidad de los productos.
- Aumento del nivel de calidad de bienes y servicios.

Los indicadores están basados en ocho principios destinados a asegurar que sean científicamente sustentados, relevantes desde el punto de vista ambiental, y además precisos y útiles para apoyar las políticas de negocios a nivel mundial. Los indicadores de aplicación general tienen dos características principales:

- Ser más o menos universalmente relevantes en relación a su contenido ambiental.
- Relacionarse con alguna preocupación ambiental global del mundo empresarial.

Todos los demás indicadores que no cumplen con estos criterios son denominados indicadores específicos, lo que significa que pueden ser definidos individualmente por alguna compañía o sector.

Operativamente los indicadores que caben en los dos grupos están basados en la fórmula de ecoeficiencia, que junta las dos dimensiones de la economía y la ecología para relacionar el valor de un producto o servicio a su influencia ambiental. En este marco, la ecoeficiencia es representada por la siguiente relación:

Valor del producto o servicio / Influencia ambiental

La influencia ambiental se ve puesta en relación con aspectos económicos como la generación del bien o servicio por la compañía y aspectos relacionados con su consumo o uso. En los indicadores de aplicación general, para el numerador de la fórmula, el valor del producto o servicio, está representado por:

- Cantidad de bienes o servicios producidos o entregados
- Ventas netas

Los datos económicos incluyen la producción y ventas anuales, el monto de exportaciones e importaciones y el número de empleos directos generados. Los datos ambientales abarcan, entre otros aspectos, materias primas, residuos, gasto de agua y volumen y tipo de aguas residuales, uso de energía eléctrica y combustibles fósiles, y emisiones a la atmósfera. Sobre estos conceptos, el CEMDS propone para los indicadores de aplicación general, en el denominador de la relación, la influencia ambiental en la generación del producto o servicio que puede corresponder a:

- Consumo de energía
- Consumo de materiales
- Consumo de agua
- Emisiones de gases con efecto invernadero
- Emisiones de sustancias que dañan la capa de ozono

Dichos indicadores se expresan en las unidades relevantes para cada caso, en cada firma particular, aunque siempre debe estar referido a una unidad de tiempo que dé cuenta de su mayor o menor presencia en el medio ambiente.

2.3 ECOEFICIENCIA EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Uno de los recursos naturales que más afectado se ve por la actividad humana es el agua, el cual interviene en la gran mayoría de procesos productivos, siendo la agricultura la actividad que más uso hace de este recurso debido a su importancia en la optimización de la producción.

Al final del siglo XX, la agricultura empleaba aproximadamente el 70 % de toda el agua utilizada en el mundo y la FAO (2006) estima que el agua destinada al riego aumentará un 14% para el 2030. Mejorar la utilización del agua tanto en la agricultura de secano como en la de riego será fundamental para afrontar las situaciones previstas de escasez.

La ecoeficiencia en la gestión del agua se centra en el incremento en la eficiencia del uso del agua y en la reducción de su consumo, tal como lo menciona el Ministerio del Ambiente, en su publicación “Ecoeficiencia Empresarial” (MINAM, 2010), donde define la ecoeficiencia como una estrategia para optimizar el uso de la energía, insumos y procesos de generación de bienes y servicios en general. Con ello, se busca aumentar la competitividad, prevenir y minimizar los impactos ambientales. La ecoeficiencia en la gestión del agua, busca optimizar el uso del recurso hídrico, así como los procesos de generación en los que se use este recurso, de esta manera aumentar la competitividad, prevenir y minimizar la reducción del agua para usos futuros.

En la Guía de Ecoeficiencia para Empresas elaborado por el MINAM (2009) se menciona que “se estima que la humanidad utiliza más de la mitad del agua disponible. Normalmente, el agua no se consume de la misma manera que el alimento o el combustible, ya que puede devolverse después de ser utilizada, aunque con una reducción en su calidad. Por lo tanto, se miden las extracciones en vez de su consumo”, lo cual se puede apreciar en la *Fig. N° 01* (MINAM 2009). Es casi imposible pensar en una actividad en la que no sea necesaria el agua. La figura puede parecer muy global y muchas personas podrían no estar convencidas de la importancia de preservar este recurso porque aún no lo ven como un problema que deban afrontar localmente o incluso individualmente. Sin embargo, hoy en día es responsabilidad de todos gestionar eficientemente el agua y para ello las empresas tienen en la ecoeficiencia una herramienta para mejorar el uso del agua durante sus actividades productivas.

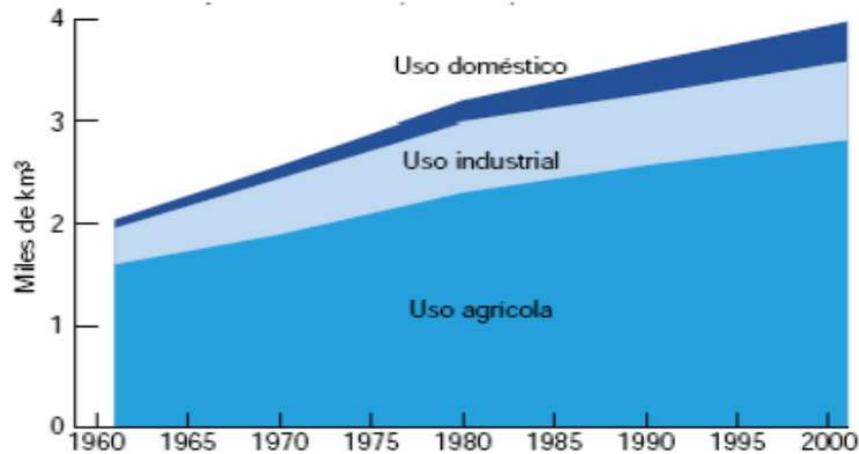


Figura N° 01: Extracciones de agua en el mundo (estimado)

2.3.1 Importancia del agua en la agricultura

Copa-Cogega (2009) menciona que el agua es un factor de producción clave para la agricultura, la producción de biomasa está directamente ligada a la necesidad de agua dulce. Asimismo, el ganado depende del agua para beber.

Las plantas captan agua en su biomasa y la devuelven a la atmósfera a través de la transpiración, proceso que influencia positivamente las condiciones microclimáticas. Las plantas tienen la capacidad de convertir el agua “azul” en agua “verde” capturada en la biomasa. Los suelos recubiertos de vegetación presentan mayor infiltración y mayores niveles de humedad, reduciendo la escorrentía. Los suelos abandonados, particularmente aquellos afectados por la desertificación, cuentan con una capacidad mucho menor para retener el agua. Dicha capacidad se pierde por completo una vez que el suelo queda sellado.

La agricultura depende del clima y de las condiciones naturales. Las condiciones climáticas cambiantes producen desequilibrios entre las precipitaciones y las necesidades de los cultivos durante la vegetación, lo cual entraña graves consecuencias para los rendimientos y para la calidad de los productos agrícolas.

El riego es una herramienta vital que sustenta a la producción en diferentes áreas. En ausencia del riego, aparece el riesgo del abandono de las tierras y las graves dificultades económicas, por no hablar de la posible deslocalización de la producción agrícola. Las tecnologías de riego mejoradas y las prácticas de ahorro de agua se convertirán en claves esenciales para salvaguardar la producción agrícola en dichas regiones.

2.3.2 Medidas para ahorrar agua en la agricultura

Según el Consejo Insular de Aguas La Palma (CIALP, 2009), se citan algunas medidas que se deben considerar para hacer un uso más eficiente del agua de riego:

- Conocer las necesidades hídricas de los cultivos, regando cuando sea realmente necesario y no por “costumbre”.
- Hacer uso de tensiómetros (instrumentos que determinan cuándo y cuánto regar).
- Conocer datos agro-climáticos de la zona. Ayudará a programar los riegos.
- Modernizar las técnicas de riego para que ayuden a minimizar el consumo de agua. Sustituir los riegos de superficie (manta o inundación) por riegos localizados (aspersión o goteo), con los que se ahorra de 40 a 60% de agua y con un buen conocimiento del sistema se puede lograr una eficiencia de aplicación del 95%.
- Regar a primera o última hora del día. Reutilizar los vegetales de la propia cosecha, para crear una capa de mulching en el suelo, manteniéndolo de esta manera húmeda por más tiempo.
- Aumentar, en la medida de lo posible, mediante iniciativas comunes, la capacidad de embalse de la zona (depósitos de cabecera).
- Así mismo, el agruparse en Comunidades de Usuarios o Regantes favorece la implantación y/o el desarrollo de redes de riego que permiten, por un lado la aplicación de fórmulas más adecuadas de reparto de aguas frente a los sistemas tradicionales de “chorrito” y por otro el almacenamiento en depósitos o balsas de cabecera, para el aprovechamiento de los caudales que no se van a utilizar.
- Sustitución de antiguos canales por redes de riego a presión.
- Mantenimiento y control de las redes de riego existentes, intentando eliminar las mermas. También eliminar las pérdidas en depósitos en mal estado de conservación y evitar el progresivo abandono de los mismos.

2.4 EXPERIENCIAS DE LA ECOEFICIENCIA EN LA GESTION DEL AGUA EN EL PERÚ

CONFIEP (2012) indica que a nivel nacional se puede citar como ejemplo a la sociedad agrícola Agrokasa S.A., que inició sus actividades en el valle de Ica en 1995 con el fundo Santa Rita (168 ha) y en 1998 construyó el fundo La Catalina (1195 ha) y trabaja

con cultivos de exportación (espárrago y uva de mesa) y en menor medida palta. Ésta sociedad, tiene como objetivos, de la medida ecoeficiente implementada, los siguientes:

- Reducir la demanda total de agua a nivel de cultivos.
- Utilizar agua superficial excedentaria que actualmente no se usa, debido a la estacionalidad de las lluvias, para reemplazar una porción significativa del volumen anual de agua subterránea.
- Favorecer la recarga del acuífero a través de la infiltración de agua superficial.
- Fomentar la cultura de optimización en el uso de agua en su personal.
- Mostrar una ruta de desarrollo a los agricultores de la región para lograr en conjunto la sostenibilidad del valle.

(AGROKASA 2011).

Para cumplir con estos objetivos recurre a mejoras técnicas para el ahorro de agua, utilizando sondas capacitivas, tensiómetro y netajets; además de un proyecto de captación de un nuevo volumen de agua superficial de avenida que reemplace parcialmente el uso de aguas subterráneas y un sistema para aprovechamiento de aguas superficiales excedentes.

2.5 GENERALIDADES SOBRE RIEGO

Gaete (2001), define al riego como la aplicación de agua en forma artificial, no por el producto de la lluvia, a un determinado terreno con el fin que este recupere el nivel de humedad que sea aprovechable por las plantas que en él están arraigadas, permitiéndoles vivir y desarrollarse. Existen diversos tipos de riegos y sistemas que cumplen con este fin.

2.5.1 Propiedades físicas del suelo

Hurtado (2002) menciona que las propiedades físicas del suelo afectan el movimiento, retención y consumo de agua por los cultivos y que deben ser considerados en el diseño, instalación, operación y conservación de los sistemas de riego. Entre las principales propiedades físicas del suelo se tiene la textura y la densidad aparente.

a) Textura

Se define como la propiedad física del suelo derivada del tamaño de sus partículas, es decir, proporciones relativas (expresada en porcentaje) de las fracciones mecánicas que constituyen el suelo y que se encuentran agrupadas, de acuerdo a su tamaño, en arena, limo y arcilla. Sobre esta propiedad se relacionan múltiples características, directa o indirectamente, tales como: capacidad de retención de humedad, porosidad, aeración, compactación, permeabilidad, fertilidad potencial, etc.

b) Densidad aparente

Es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total del mismo, incluyendo el espacio poroso. Existen diferentes métodos para su determinación, siendo el más práctico el método del cilindro metálico.

2.5.2 Constantes hídricas

Israelsen y West introdujeron el concepto de capacidad de campo para designar el contenido hídrico de un suelo después que se haya vuelto muy lento el escurrimiento del agua gravitacional y relativamente estable el contenido. Esta situación se da generalmente entre 1 y 3 días después que el suelo haya sido totalmente mojado por la lluvia o el riego. Es un valor más significativo en suelos de textura gruesa que fina, porque los poros más grandes de los suelos gruesos se vacían pronto y la rápida pérdida de permeabilidad resultante tiende a causar una transición más aguda de suelo mojado a suelo seco que en los suelo de textura fina.

La determinación práctica de la capacidad de campo se efectúa midiendo la humedad dos días después del riego, aunque hay suelos que en pocas horas ya han sido totalmente drenados y alcanzan con gran rapidez la capacidad de campo. Un terreno en el cual existe cultivo alcanza más rápidamente la capacidad de campo que un terreno en el cual no existe ningún tipo de raíz.

Se considera que una planta está permanentemente marchita cuando situada en una atmósfera saturada, en la cual el consumo de agua sea mínimo o no exista, no se recobra del perjuicio sufrido previamente por la escasez de humedad.

El punto de marchitez no es un valor constante para un suelo dado, sino que varía con el tipo de cultivo y la velocidad con que éste toma el agua del suelo.

2.5.3 Movimiento del agua en el suelo

Hurtado (2002) indica el movimiento del agua en el suelo como un proceso muy complejo, debido a que se realiza en varias direcciones y en estado líquido y gaseoso. Debido a las fuerzas de gravedad, el agua se mueve hacia abajo. Las fuerzas de adhesión y cohesión determinan el movimiento por capilaridad a través de los poros finos. La velocidad con que el agua se mueve hacia abajo está determinada, principalmente, por el tamaño y la continuidad de los espacios porosos.

Para el diseño de un sistema de riego por surcos, se deben estudiar principalmente los movimientos que se producen por infiltración y avance.

a) Infiltración

Guerrero (2001) se refiere a la infiltración como el proceso por el cual el agua pasa a través de la superficie del suelo, representando su facilidad de circulación. Está condicionada fundamentalmente por la textura y la estructura de suelo. Se evalúa por la velocidad de infiltración que es la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo cuando la superficie del terreno se cubre con una lámina de agua. La lámina infiltrada representa la cantidad de agua que ha pasado a través de la superficie en un tiempo determinado.

El método de empleo más extendido para la determinación de la velocidad de infiltración y lámina infiltrada es el doble cilindro. Es un método de campo en el que se utilizan dos cilindros de chapa de acero que se introducen en el terreno de la parcela, con ayuda de un martillo, procurando en lo posible no alterar las condiciones naturales del suelo. Los cilindros se instalan verticales y concéntricos. Con el objetivo de simular el proceso de riego se vierte agua tanto en el cilindro interior como en el espacio que queda entre ambos, midiéndose a continuación las alturas de agua infiltradas en el cilindro interno en determinados intervalos de tiempo. El agua entre los cilindros es para tratar de anular la infiltración lateral que pueda presentarse por el agua infiltrada del cilindro interior. Cuando en los cilindros se ha infiltrado una lámina alrededor de 2,5 a 3,0 cm, se procede a llenar nuevamente, procurando alcanzar el nivel inicial. La duración de la prueba no debe ser menor de 2 horas, salvo suelos de textura muy gruesa; en forma general se indica que la duración de la prueba debe ser hasta que la tasa de infiltración sea sensiblemente constante.

Una vez realizada la labor de campo se determinan en gabinete los parámetros de la función de velocidad de infiltración y de lámina infiltrada, por el método analítico mediante la técnica de los mínimos cuadrados.

b) Avance del agua en el suelo

El avance del agua en el suelo es el proceso por el cual el agua de riego avanza sobre cada punto del surco, una vez que se inicia la entrada de agua en la unidad.

El movimiento horizontal del agua en el suelo depende de los mismos factores que el movimiento vertical, además del caudal a usarse; a mayor caudal será mayor la longitud de avance para un mismo tiempo.

2.5.4 Requerimiento de agua del cultivo

a) Evapotranspiración

Vásquez y Vásquez (2009) mencionan que la evapotranspiración actual o real de un cultivo es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo exento de enfermedades, que crece en un campo extenso en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua. También se le denomina uso consuntivo.

El cálculo de la evapotranspiración del cultivo para cada mes se determina mediante la relación:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ET_c = evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ET_o = evapotranspiración de referencia del mes (mm/día)

K_c = coeficiente del cultivo del mes

b) Factor de cultivo

La FAO (2010), en su publicación “Evapotranspiración del cultivo” menciona que durante el período de crecimiento del cultivo, la variación del coeficiente del cultivo K_c expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura de suelo. Este coeficiente depende de cada especie vegetal, de acuerdo a sus condiciones específicas de desarrollo, exigencias fisiológicas, ritmo vegetativo, época de siembra y cosecha, variedad, etc.

c) Lámina de riego

Cada cultivo necesita para sobrevivir, desarrollarse y producir óptimas cosechas, una cantidad de agua que varía con la temperatura, horas de luz, vientos y otros factores de clima propios de cada región. La manera de calcular la lámina de riego está dada por la fórmula:

$$Lr = \left(\frac{CC - PM}{100} \right) * Da * Pr * CR$$

Donde:

Lr = lámina de riego (cm)

CC = contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (% masa)

PM = contenido de humedad del suelo a punto de marchitez (% masa)

Da = densidad aparente

Pr = profundidad de raíces del cultivo (cm)

CR = criterio de riego (50% de la humedad aprovechable)

2.5.5 Medición de caudales

En la actualidad existen diversos métodos de medida de caudales, mediante aparatos de alta precisión como los molinetes o correntómetros. El método más adecuado para cada caso dependerá de la magnitud del caudal, de la precisión buscada y de las condiciones que impone el medio.

Larry (1998) efectuó la siguiente clasificación referente al aforo de canales abiertos:

a) Método volumétrico

Este método consiste en registrar el tiempo requerido para llenar completamente un recipiente de volumen conocido. El caudal es determinado dividiendo el volumen del recipiente y el tiempo que tomó en llenarse; la exactitud de la medición depende del tamaño del recipiente y de la toma del tiempo.

b) Método área – velocidad

El método involucra medir la velocidad del agua en el área de la sección transversal del canal, para lo cual se divide la sección en varios segmentos, siendo el área de cada uno el producto del ancho de este y la profundidad promedio. La determinación de la

velocidad se realiza con el método del flotador o del correntómetro, así mismo puede usarse trazadores químicos.

2.5.6 Riego superficial o por gravedad

Es el tipo de riego tradicional que trabaja bajo el principio de saturación del suelo con la ayuda de la diferencia de presión que ofrece la pendiente del suelo (topografía del terreno). En términos generales, es necesario inundar todo el terreno para poder lograr cubrir los requerimientos de las plantas.

a) Riego por inundación

El agua procedente del centro de acopio, llámese embalse, pantano o centro de almacenamiento, discurre a través de grandes canales hasta los centros de distribución que repartirán por acequias medianas y pequeñas hasta llegar a la parcela objeto del riego donde llegará el agua por gravedad, inundando la zona de plantación. La pericia y experiencia del buen agricultor harán que el reparto del agua, por medio de tablillas o piedras con barro, sea el adecuado. Nadie como él conoce la capacidad de filtrado de su suelo hasta llegar al punto de saturación, y, nadie como él sabe aprovechar el caudal que recibe sólo por un tiempo determinado. Evidentemente este primitivo método también ha evolucionado y en las grandes superficies dedicadas a cultivos más industrializados, es impensable un riego de estas características que no vaya precedido por un estudio técnico de los marcos de plantación más adecuados según el tipo de cultivo, porosidad del suelo, temperatura según la estación meteorológica, entre otros datos.

Es muy significativo el dato que las pérdidas de agua originadas sólo por evaporación, en largos recorridos y a cielo abierto, se estiman en aproximadamente un 25%, sin contar las filtraciones incontroladas, roturas de conductos y demás inconvenientes.

b) Riego por surcos

Por surco se entiende las hendiduras que se realizan en la tierra para dar paso al agua por debajo de la superficie de cultivo y a través del surco. Al taponar temporalmente el extremo del surco se consigue retener el agua el tiempo necesario hasta conseguir el riego deseado.

Se trata de un forma de riego por inundación (limitada a la cabida del surco y sin cubrir el camellón) desde la parte de las raíces y hacia arriba para evitar los daños que el agua

puede producir en su contacto directo sobre los tallos o los frutos de las plantas que se quieren cultivar y a los que, por sus especiales características, no les conviene ese contacto. Es aconsejable en aquellos cultivos que son sensibles al exceso de humedad por el contacto directo del agua sobre los tallos de las plantas que se desean cultivar.

Generalmente estos surcos tienen forma de V o de U y tienen una dimensión que puede variar entre 25 a 80 centímetros de altura y una distancia entre surco y surco dependiente del suelo, del cultivo o del tipo de maquinaria que se vaya a utilizar.

Es un tipo de riego aconsejable cuando las plantas son de poca alzada o reptantes y con el fruto pegado al suelo (melones, calabazas, tomates, etc.) o bien cuando la plantación se realiza en hileras (maíz, papas, remolacha, lechuga, etc.).

2.5.7 Riego a presión

REGAR (2013), indica que la tecnificación del riego permite mejorar la tecnología de la agricultura irrigada, por medio de modernos y eficientes sistemas de riego; de esta manera utilizar sistemas de riego eficientes, tales como mangas, tubos multicompuertas, californiano y riego intermitente, aspersión, micro aspersión, goteo entre otros.

En términos simples, la tecnificación consiste en aplicar al cultivo el agua que requiere en cantidad óptima y así dar oportunidad para mejorar la producción y la calidad. Su fin es mejorar la producción de los cultivos con el uso adecuado y eficiente del agua de riego, eliminando las pérdidas y desperdicios.

Wagner (1999), menciona que los componentes básicos de un sistema de riego a presión son:

- Fuente de abastecimiento de agua (río, estanque, pozo profundo)
- Equipo de bombeo o tanque elevado
- Filtrado de sistema (hidrociclón), filtro de basalto, filtro de arena
- Reguladores de presión, válvulas de alivio, etc.
- Tanques de fertilizantes
- Tuberías de conducción y distribución
- Tuberías para líneas regantes
- Accesorios: manómetros, válvulas de limpieza, etc.
- Emisores (goteros, microjets, microaspersores)

Ventajas generales de un sistema de riego a presión:

- Alta eficiencia de riego.
- Alta uniformidad en la distribución de agua.
- Los intervalos de aplicación del suelo se pueden ajustar exactamente al tipo de suelo y cultivo.
- El sistema no necesita supervisión constante.
- El agua puede aplicar fertilizantes y pesticidas solubles a través del riego.
- Adaptable a variadas condiciones de topografía, calidad de agua o limitaciones salinas del suelo.

Desventajas generales de un sistema de riego a presión:

- Alto costo de inversión inicial en cuanto a materiales tales como mangueras, goteros y sistemas de control y abastecimiento.
- Es necesario un eficiente sistema de filtrado para evitar taponamientos en los goteros, para evitar descargas irregulares.
- Es de mayor complejidad que los sistemas de riego tradicionales. Requiere de suministro hídrico permanente.

A continuación se mencionan algunos tipos de riego a presión.

a) Riego por aspersión

Gaete (2001) indica que este método de riego implica aplicar agua al suelo en forma de una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

Para conseguir un buen riego por aspersión es necesario:

- Presión en el agua: es necesaria porque la red de distribución se multiplica en
- proporción a la superficie que se debe regar y teniendo en cuenta que el agua debe llegar al mismo tiempo y con la misma presión a las bocas donde se encuentran instalados los mecanismos de difusión (aspersores) con el fin de conseguir un riego uniforme, la presión del agua debe ser capaz de poner en marcha todos los

aspersores al mismo tiempo (fijos o móviles). En el caso que la presión de la red no sea suficiente, se deberá instalar un motor que de la presión adecuada desde el depósito hasta los aspersores.

- Una estudiada red de tuberías adecuadas a la presión del agua: en general la red de tuberías que conducen el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación que conducen el agua principal para suministrar a los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores. Todo esto supone un estudio técnico adecuado ya que de él dependerá el éxito de la instalación.
- Aspersores adecuados que sean capaces de esparcir el agua a presión que les llega por la red de distribución: los aspersores más utilizados en la agricultura son los giratorios porque giran alrededor de su eje y permiten regar una superficie circular impulsados por la presión del agua, aunque en el mercado los hay de variadas funciones y distinto alcance. Son parte muy importante del equipo del riego por aspersión y por tanto el modelo, tipo de lluvia (más o menos pulverizada) que producen, alcance, etc., deben formar parte del estudio técnico.
- Depósito de agua que conecte con la red de tuberías: desempeña las funciones de almacenamiento del agua necesaria para uno o varios riegos y la de ser punto de enlace entre el agua sin presión y el motor de impulsión de esa agua a la presión necesaria para el riego calculado.

Las ventajas del riego por aspersión son:

- Ahorro en mano de obra: una vez puesto en marcha no necesita especial atención. Existen en el mercado eficaces programadores activados por electroválvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activará el sistema según las necesidades previamente programadas, con lo cual la mano de obra es prácticamente inexistente.
- Adaptación al terreno: se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras. La eficiencia del riego por aspersión es de un 80% frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales. Por consecuencia el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema. Especialmente útil para distintas clases de suelos ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.

Los inconvenientes del riego por aspersión son:

- Daños a las hojas y a las flores: las primeras pueden dañarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente sensibles al depósito de sales sobre las mismas. En cuanto a las flores pueden, y de hecho se dañan, por ese mismo impacto sobre las corolas.
- Requiere una inversión importante: depósito, bombas, tuberías, juntas, manguitos, válvulas, programadores y la intervención de técnicos hacen que en un principio el gasto sea elevado aunque la amortización a mediano plazo está asegurada.
- El viento puede afectar: en días de vientos acentuados el reparto del agua puede verse afectado en su uniformidad.

Para la evaluación del riego por aspersión es necesario determinar el coeficiente de uniformidad (CU), el mismo que según Christiansen (1942) se define mediante la expresión:

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - M|}{M \cdot n} \right)$$

Donde:

X_i = observación en cada pluviómetro (mm)

n = número de observaciones

M = media de todas las observaciones

Este coeficiente está afectado por la relación de tamaño boquilla-presión, por el espaciamiento de los aspersores y por el viento. Se calcula con datos referentes a observaciones en el terreno o niveles que alcanza el agua en botes abiertos colocados a intervalos regulares dentro de un área sujeta a aspersión. Según Tarjuelo (1991), los coeficientes de uniformidad mínimos esperados de acuerdo a los cultivos donde se aplica este tipo de riego son:

- | | |
|---|--------|
| • Frutales o forrajes con sistema radical profundo | 70-82% |
| • Cultivos extensivos con sistema radical de profundidad media | 82-88% |
| • Cultivos de alta rentabilidad con sistema radical superficial | > 88% |

Según Salas (2008), el coeficiente de uniformidad mínimo exigible es de 75-85%, para calidad media de 85-90% y para alta calidad > 90%.

Para realizar la evaluación del sistema se requieren cinta métrica, cantidad necesaria de pluviómetros, dos mangueras flexibles de 2,5 m de longitud y diámetro según las boquillas, manómetro, cronómetro con una precisión o reloj adecuado, depósitos de volumen conocidos (4 y 10 L) y probetas graduadas en ml (cm³).

Para la determinación del coeficiente de uniformidad se determina la zona más representativa del sistema, que debe estar en la parte medía, no en parte alta ni baja del sistema. En sistemas estacionarios se seleccionarán dos laterales consecutivos, en caso de sistemas móviles o semi-móviles se colocarán dos laterales en paralelo verificando que la tubería maestra o principal donde se instalen tenga capacidad suficiente para los dos laterales. Se eligen cuatro aspersores situados a 1 y 3 de la longitud total del lateral.

Se debe medir el espaciamiento entre laterales y aspersores, determinar la altura del elevador de los aspersores, medir los diámetros de las boquillas de los cuatro aspersores, medir la red de pluviómetros, colocar los pluviómetros y bloquear los aspersores de forma que el chorro no caiga fuera del área a evaluar. Inmediatamente después de ubicados los pluviómetros comenzar el riego.

Durante el riego se debe medir la presión de los aspersores, determinar el gasto de los aspersores, medir la presión del primer y último aspersor de los dos laterales y determinar el radio mojado. El tiempo de riego para la evaluación será igual o mayor a 1 hora. Al finalizar el riego se procede a medir y anotar los resultados pluviométricos.

Para determinar el caudal de un aspersor se insertan las mangueras en cada una de las boquillas, se introducen en el recipiente calibrado tomando el tiempo que demora en llenarse el recipiente, el caudal se expresa en l/s (volumen/tiempo)

Para la evaluación pueden utilizarse diversos recipientes cilíndricos, siempre que todos tengan igual área de entrada, sin deformaciones. Se verterá el agua en la probeta y la altura de la lluvia se calcula con los datos de volumen de cada recipiente (ml) y el área de la boca del recipiente (cm²).

Si no se tiene la presión de operación del aspersor, se determina la presión media entre la inicial y final, asumiendo este valor como PN.

Si se cumple con la relación $P_a = 0,2 \times P_N \geq (P_i - P_f)$, entonces se tendrá una uniformidad lateral admisible.

b) Riego por microaspersión y microjet

El sistema de riego por microaspersión y microjet, consiste básicamente en la aplicación del agua de riego como lluvia de gotas finas a baja altura y en forma localizada, mediante el uso de emisores.

Aunque a simple vista no existen diferencias físicas entre ambos, su cometido difiere uno del otro. El microaspersor realiza un movimiento rotatorio con lo que el chorro de agua cubre todo el círculo de humectación, en cambio en el microjet el chorro de agua es fijo o de abanico. Así mismo existen microaspersores que actúan como microjet.

Las ventajas de estos tipos de riegos, además de los mencionados como ventajas generales, son:

- Su uso es muy adecuado en suelos muy ligeros (arenosos) donde el riego por goteo no satisface las necesidades del cultivo en cuanto a extensión de área humedecida, producto de la percolación.
- Los microaspersores son menos propensos a las obturaciones que los goteros.
- Permite un lavado de suelo más eficaz que el gotero.
- Se pueden aplicar caudales importantes a baja presión, disminuyendo el costo del sistema.
- Posee una eficiencia del 85% por aplicarse el agua en forma localizada sobre el radical del cultivo.

Barreto (1973) señala que la idea base del riego por microjet (microaspersión) radica en reponer con una frecuencia de riego, que oscila entre 1 y 3 días, la cantidad de agua extraída por el cultivo del suelo, tomando en cuenta que el contenido útil de humedad que exista en el suelo no descienda por debajo de 50 - 60% o que el coeficiente de agotamiento sea de 50 - 40%, de su capacidad total de retención. Esto conduce a establecer que la aplicación del agua por unidad de superficie sea muy pequeña y la variación de descarga de los microaspersores varíe entre 30 y 120 l/h (Pérez, 1982).

La evapotranspiración potencial máxima se calcula:

$$E_{tpm} = E_v \times K_t \times K_c$$

Donde:

E_{tpm} = evapotranspiración potencial máxima (mm/día)

E_v = evapotranspiración tina, tipo A (mm/día)

K_t = constante de ajuste al método de la tina A

K_c = coeficiente de cultivo

Como la frecuencia de riego (F) no debe exceder de tres días, para que la planta no realice un esfuerzo hídrico que merme su producción, se toma dos días como referencia y conociendo el valor de E_{tpm} , se calcula la lámina neta de riego (L_n) aplicando la fórmula:

$$L_n = E_{tpm} \times F$$

Pérez (1982) señala que entre las características que tiene el riego por microaspersión, destaca el elevado nivel de eficiencia que se logra en el uso del agua. Con un manejo óptimo del riego, la eficiencia de aplicación de este método es igual a:

$$E_{fa} = E_{fd} \times E_{ft}$$

Donde:

E_{fa} = eficiencia de aplicación

E_{fd} = eficiencia de distribución

E_{ft} = eficiencia de transpiración

Con los datos estimados de la lámina neta de riego (L_n) y la eficiencia de aplicación se calcula la lámina bruta de riego (L_b):

$$L_b = \frac{L_n \text{ (mm)}}{E_{fa} \text{ (decimal)}}$$

La duración o tiempo de riego se determina por la fórmula:

$$tr = \frac{L_b \times Ah}{Q}$$

Donde:

tr = duración del riego (horas)

L_b = lámina bruta (mm)

Ah = área de humedecimiento del suelo (m^2)

Q = descarga del microjet (l/h)

Para la evaluación del riego por microaspersión es necesario determinar el Coeficiente de Uniformidad (CU), que según Christiansen (1942) se define mediante la expresión:

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - M|}{M \cdot n} \right)$$

Donde:

X_1 = observación en cada emisor (mm)

n = número de observaciones

M = media de todas las observaciones

Según Merriam y Keller (1978), de acuerdo al coeficiente de uniformidad obtenido, la calificación de la instalación será excelente (> 95%), buena (85%-95%), aceptable (80%-85%), pobre (70%-80%) o inaceptable (< 70%).

Es necesario evaluar el estado de los emisores y si estos funcionan correctamente. La medición del caudal que ingresa a cada línea de emisores también es fundamental para saber si éste está dentro de los parámetros de funcionamiento adecuados.

2.5.8 Eficiencia de riego

Lujan (1992) menciona que dadas las diferentes características de las redes es necesario analizar por separado las eficiencias.

a) Eficiencia de distribución (Ed)

El valor de la eficiencia de distribución depende de la magnitud de las pérdidas de agua que se producen en las conducciones terciarias y cuaternarias en lo que respecta al riego por gravedad y de las mangueras y conectores en los otros tipos de riegos.

Estas pérdidas son de la misma naturaleza que las que se producen en la red de conducción, es decir, proceden de:

- La infiltración a través de las paredes de las conducciones.
- La evaporación de la lámina de agua y de la transpiración y evapotranspiración de la vegetación existente en el cauce y en sus proximidades.
- Los desajustes en la explotación de la red que dan lugar a pérdidas por desbordamiento, en las estructuras hidráulicas y por cola de las conducciones.
- Rajaduras en las mangueras.
- Fallas por saturamiento en los emisores.

b) Eficiencia de aplicación (E_a)

La eficiencia de aplicación, correspondiente a una determinada unidad de riego, se define como la relación entre el volumen de agua de riego retenido en la zona radicular del cultivo y el volumen suministrado a la citada unidad en su toma.

Las pérdidas de agua que se producen en la unidad de riego, que son las que se relacionan cuantitativamente con la eficiencia de aplicación, son de tres tipos: escorrentía, percolación (por debajo de la zona radicular del cultivo) y evaporación durante el riego.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en los campos del Programa de Investigación en Ornamentales, dentro de la Universidad Nacional Agraria La Molina (*Fig. N° 02*), localizada entre las coordenadas geográficas 12°05'06" latitud sur y 76°56'52" longitud oeste del meridiano de Greenwich.

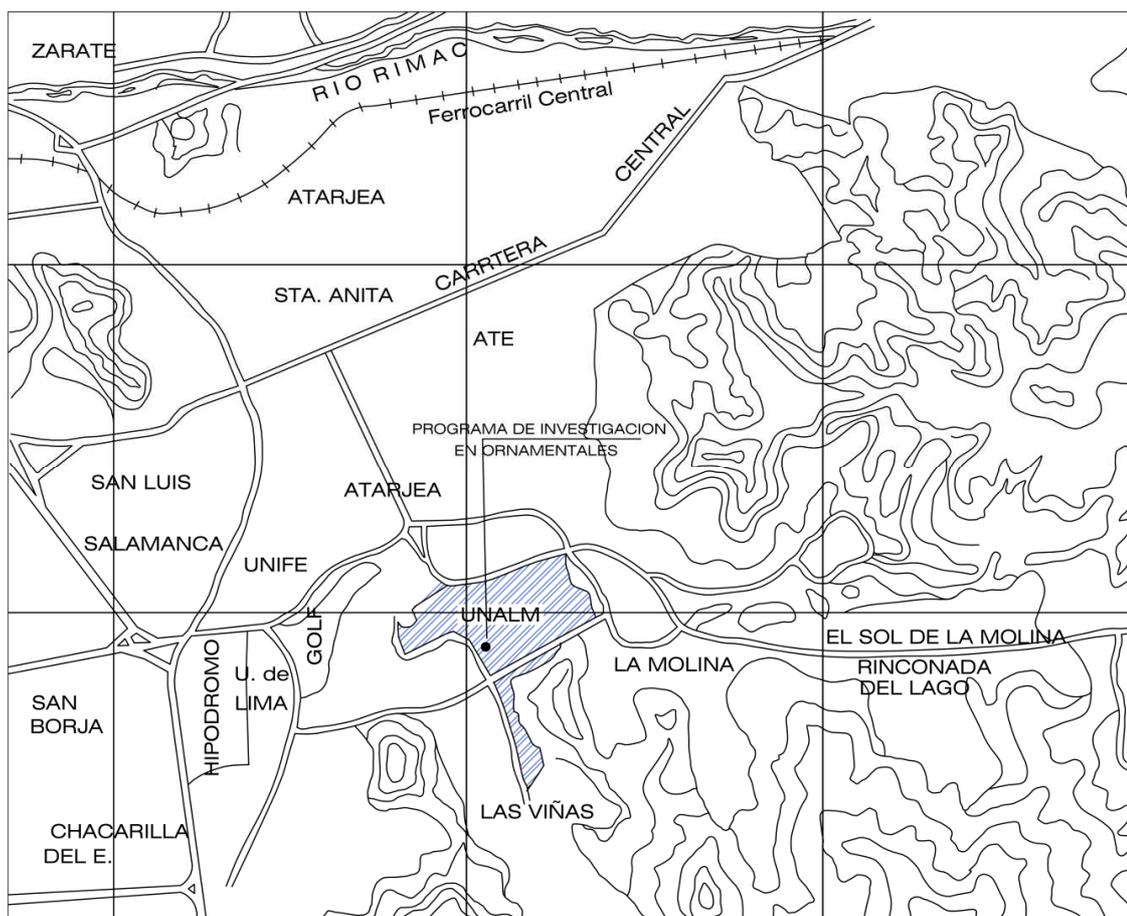


Figura N° 02: Ubicación del Programa de Investigación en Ornamentales

3.2 MATERIALES

- Planos
- Medidores de calidad de agua (análisis de laboratorio)
- Correntómetro
- Cinta métrica

- Pala y balanza
- Baldes y bolsas
- Cronómetro
- Estacas y comba
- Botellas de 1 litro y 2 litros de capacidad
- Encuestas
- Cámara fotográfica

3.3 METODOS

3.3.1 Recopilación de información preliminar

Consistió en la elaboración de la línea base de ecoeficiencia en el consumo de agua, el cual constituye el análisis detallado del recurso hídrico en las actividades agrícolas propias de la producción de los cultivos en el Programa de Investigación en Ornamentales, durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre del año 2013.

Mediante esta herramienta se identificaron las causas principales de pérdidas, lo que permite plantear opciones de ecoeficiencia orientadas a implementar las medidas en base al costo/beneficio. Para esto se llevaron a cabo entrevistas con los trabajadores del Programa de Investigación en Ornamentales, con el fin de saber cuál es el modo de empleo que se le da al agua dentro del mismo, la cantidad que le aplican a cada cultivo y cuáles son los criterios que utilizan para regar.

a) Características generales del sistema de riego e infraestructura

Se procedió a describir los sistemas de riego implementados dentro del Programa de Investigación en Ornamentales. Así mismo, apoyados en entrevistas, se conocieron los criterios utilizados por los trabajadores para el riego del cultivo y se reconoció la situación actual de la infraestructura de riego dentro del mismo campo.

Se realizaron mediciones de caudal y longitud de canales de distribución y de los surcos. Para aforar el caudal de los surcos, en vista que se riegan con la ayuda de manguera y la fuente proviene de puntos de toma con caudales constantes y específicos, se hizo uso del método volumétrico, que consiste en registrar el tiempo requerido para llenar completamente un recipiente de volumen conocido. El caudal fue determinado

dividiendo el volumen del recipiente y el tiempo que tomó en llenarse. Para aforar el caudal que ingresa al área de estudio se empleó el método área-velocidad, que consiste en medir la velocidad del agua en el área de la sección transversal del canal, siendo el área el producto del ancho de este y la profundidad promedio. La determinación de la velocidad se realizó con ayuda de un correntómetro.

Como información complementaria se determinó la textura y la densidad aparente de los suelos del Programa, debido a que ambas propiedades físicas del suelo son importantes a la hora de diseñar el sistema de riego.

b) Identificación de actividades que consumen agua

Se realizaron entrevistas a los trabajadores encargados y se observó el manejo del cultivo dentro del área en estudio con la finalidad de conocer cuáles eran las actividades agrícolas, además del riego, que utilizan agua para su realización (ya sea del canal, cisterna o de pozo). Así mismo, se tomaron evidencias de la forma en las que se realizan éstas actividades, para su posterior discusión.

c) Inventario de equipos agrícolas y sanitarios

Se realizó el inventario de equipos agrícolas y sanitarios usados durante las actividades que consumen agua. Se calificó el nivel de ecoeficiencia de los equipos sanitarios, tomando como referencia las tablas propuestas por el MINAM (2009) en “Medidas de ecoeficiencia para Instituciones del Sector Público”.

d) Evaluación de la calidad del agua

Una muestra de agua del reservorio se llevó a analizar al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Agraria la Molina (Facultad de Agronomía). Se realizó el análisis químico que incluye los parámetros: pH, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, potasio, sodio, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, boro y Relación de Sodio Adsorbido (RAS); y el análisis de microelementos y metales pesados (cobre, zinc, manganeso, hierro, plomo, cadmio, cromo y mercurio).

En el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso"-UNALM, se practicaron cuatro análisis al agua proviene del pozo que se usa para los

servicios higiénicos y aseo personal: químico, microelementos, metales pesados y de coliformes totales y fecales.

Al agua potable, que es almacenada en una cisterna, se le realizaron los análisis químicos, de microelementos y de metales pesados. Los parámetros evaluados fueron los mismos que para el agua del reservorio.

e) Evaluación de las tarifas y roles de riego

Con la finalidad de conocer el valor económico del agua para riego (S./m³) se evaluaron las tarifas de agua de los años 2012 y 2013, impuestas por la Junta de Usuarios.

Así mismo se analizaron roles de riego del año 2012 y del 2013 para poder estimar la cantidad de agua, en metros cúbicos, que ingresa teóricamente al Programa a lo largo de todo el año (oferta de agua).

Con estos documentos, se realizó el cálculo que permitió conocer la tarifa volumétrica, en soles, del metro cúbico de agua para riego en el sector. Dicho cálculo se determinó a partir de la división de la tarifa actual impuesta por la comisión de regantes (S./) entre el volumen anual de agua que ingresa al Programa de Investigación en Ornamentales (m³).

Finalmente, se determinó el costo energético que se genera al bombear el agua del pozo con la finalidad de compararlo con la tarifa volumétrica del agua para riego. Para el cálculo del costo energético del agua se utilizó la relación:

$$\text{Costo energético del agua } \left(\frac{\text{S./}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Costo } \left(\frac{\text{S./}}{\text{Kw.hr}} \right) * \text{Pot}(\text{kw})}{\text{Qbomba } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right)}$$

Donde:

Costo = dato extraído de los recibos de luz (kw/hr)

Pot = potencia de la bomba ubicada en el pozo (kw)

Q_{bomba} = caudal de la bomba (m³/hr)

f) Cálculo del indicador de consumo de agua para riego

El indicador del consumo de agua para riego es la herramienta que se utiliza para expresar el volumen de agua que se aplica al campo durante el riego (m³/ha). Antes de determinar este valor, era necesario conocer el caudal que ingresa al Programa.

Para hallar dicho caudal se aforó el caudal de entrada mediante el método de área velocidad, el cual consiste en seleccionar un tramo del canal que presente una sección uniforme y determinar su área a través del producto de su profundidad por su ancho. La velocidad se determina con ayuda de un correntómetro, colocado a 60% de la altura promedio medida desde la base del canal. Por último se multiplica la velocidad obtenida por el área de la sección escogida. Este procedimiento se repite 3 veces y se obtiene el caudal promedio.

Después de haber aforado, se pudo estimar el volumen de agua que ingreso al Programa y con él se determinó el indicado de consumo de agua para riego. Dicho indicador se determinó a partir de la fórmula:

$$I_r = Q * \frac{T_r}{A}$$

Donde:

I_r = indicador del consumo de agua para riego (m^3/ha)

Q = caudal que ingresa al área (m^3/min)

T_r = tiempo que dura el riego (min)

A = área regada (ha)

Este indicador se comparó con la demanda neta mensual de los cultivos, que se calculó a través de la fórmula:

$$D_n = \frac{(E_{To} * K_c - P_e) * A}{8640}$$

Donde:

D_n = demanda neta (m^3/s)

E_{To} = evapotranspiración de referencia (mm/día)

K_c = factor del cultivo

P_e = precipitación efectiva (mm)

A = área (ha)

La evapotranspiración de referencia se halló por el método de Penman Monteith haciendo uso del software CROPWAT de la FAO, el cual requiere el ingreso de las variables meteorológicas: humedad relativa máxima mensual, humedad relativa mínima mensual, temperatura máxima mensual, temperatura mínima mensual, velocidad de

viento y horas de sol. Estas variables se obtuvieron de los registros históricos de la estación Von Humboldt, centro meteorológico de la propia UNALM.

Finalmente se compararon los resultados de los indicadores mensuales de consumo de agua para riego con las demandas netas mensuales del cultivo, con la finalidad de verificar si existía un déficit o un exceso del agua aplicada.

g) Cálculo del indicador de consumo de agua para otras actividades

Además del riego, en el Programa se utiliza agua para las actividades de aseo personal de los trabajadores, limpieza de herramientas de trabajo y para la preparación de las aplicaciones (mezcla de agua con agroquímicos).

Para la estimación del agua consumida por los trabajadores para su aseo personal y el lavado de sus herramientas (lampas, carretillas, etc.) se realizaron mediciones del caudal del agua en todos los puntos de salida (grifos, duchas e inodoros). Estas mediciones se hicieron durante los meses de junio, julio y agosto, tomando las mediciones tanto al inicio como al final de cada semana.

Para la estimación del agua consumida durante la preparación de las aplicaciones, se midió el caudal y el tiempo durante el desarrollo de esta actividad, así mismo se estimó el agua utilizada y perdida durante este proceso.

3.3.2 Clasificación de actividades que consumen agua

Para realizar la evaluación detallada del cómo se realizan las actividades que consumen agua dentro del área en estudio, se siguió el formato que se presenta en la *Tabla N° 01*.

Tabla N° 01: Formato de identificación de actividades que consumen agua

Áreas con fines de riego								
Tipo de riego			Fuentes			Modalidad de uso		
Aspersión	Micro aspersión	Manguera	1	2	3	Caudal usado (L/hr)	Tiempo de uso (hr)	N° de veces (semanal)
Áreas administrativas								
Tipo de uso administrativo			Fuentes			Modalidad de uso		
SSHH	Duchas	Otros	1	2	3	Caudal usado (L/hr)	Tiempo de uso (hr)	N° de veces (semanal)

3.3.3 Medición de caudales

Para realizar la medición de caudales de ingreso de agua a la Fuente 1 (Reservorio) se empleó el método área – velocidad con la ayuda de un correntómetro, mientras que para medir los caudales de los puntos de salida de las distintas áreas del Programa se utilizó el método volumétrico.

3.3.4 Evaluación de sistemas de riego

Basado en los distintos tipos de riego utilizados en el Programa, se realizó la evaluación de la efectividad de riego.

a) Evaluación del sistema de riego por aspersión

Se determinó el espaciamiento entre laterales y aspersores, medición del diámetro de boquillas y su disposición espacial, además de realizarse pruebas de gasto de los aspersores y diferencia de presiones, para determinar el área mojada, caudal de salida, altura de lluvia, grosor de gotas y el porcentaje de lluvia que llega al suelo.

Para determinar la eficiencia de riego se consideraron el coeficiente de uniformidad y la eficiencia de aplicación en función al requerimiento de la planta.

b) Evaluación del sistema de riego por microaspersión

Se realizaron pruebas para determinar el caudal a la entrada de cada línea de microaspersores y la evaluación visual de los emisores, para determinar el estado de funcionamiento de los emisores en función a los parámetros normales.

Para determinar la eficiencia de riego se consideraron el coeficiente de uniformidad y la eficiencia de aplicación en función al requerimiento de la planta

c) Evaluación del sistema de riego por gravedad

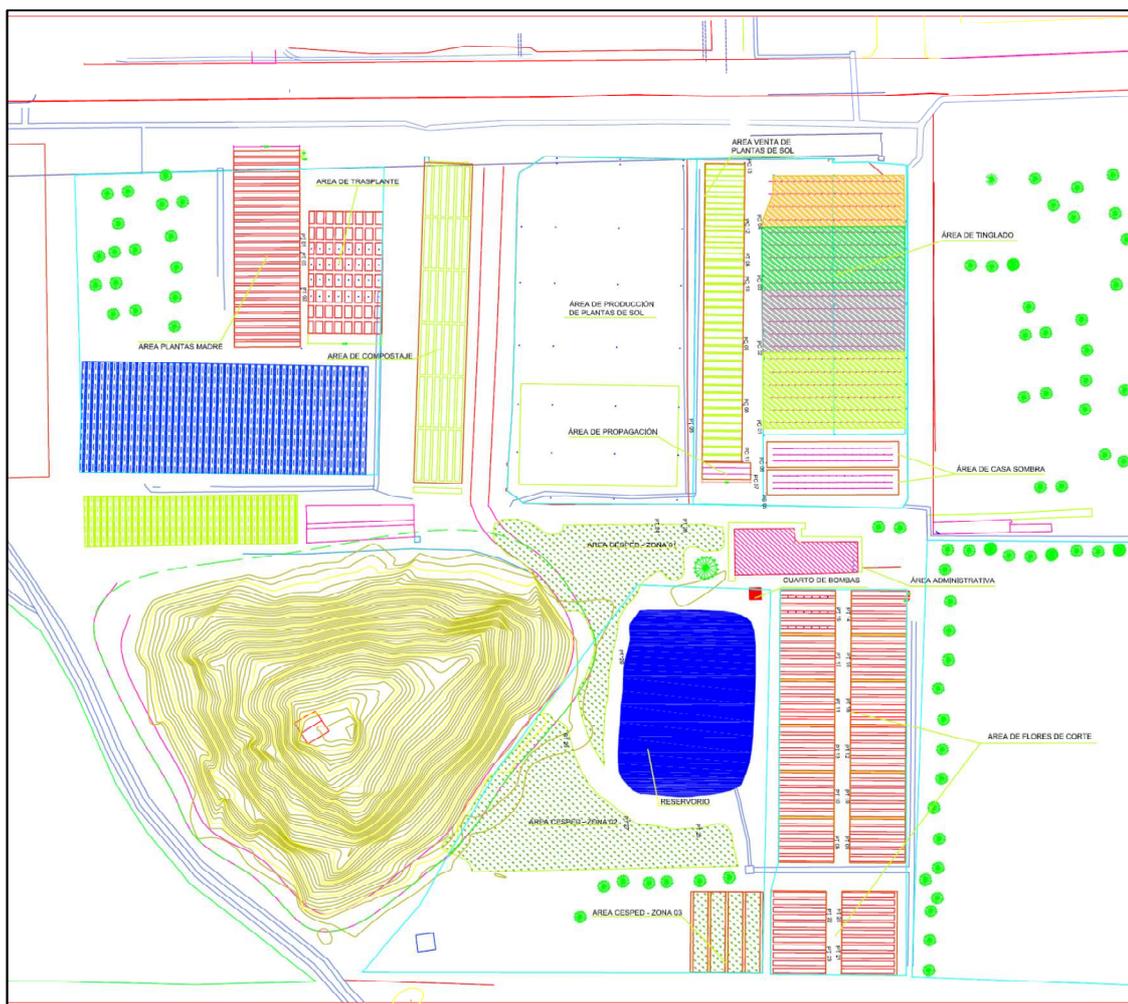
Se realizaron las pruebas en función al volumen de agua aplicado por cada zona donde se aplica este tipo de riego, considerando caudal y tiempo de riego, determinándose las eficiencias de aplicación y de distribución del sistema de riego.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 LÍNEA DE BASE

4.1.1 Distribución de las áreas en el Programa

El Programa de Investigación en Ornamentales es una unidad académica dedicada a la selección, propagación, desarrollo, producción y uso de plantas de vivero, flores de corte y mantenimiento de jardines con fines educativos y venta al público en general. En



la Fig. N° 03 se puede apreciar la vista en planta del área.

Figura N° 03: Vista del área en estudio

El campo en estudio cuenta con un reservorio que ocupa 877,74 m² y con un área cultivada de 23204,86 m² donde se pueden encontrar producción de flores de corte

(crisantemo, clavel, rosa, ave del paraíso, amancaes, margarita de vara, gladiolo, cartucho, etc.) y césped, además de plantas de jardín exterior e interior. El área cultivada se divide en los siguientes sectores:

• Arboretum	13700,00	m ²
• Área de plantas de sombra	2062,00	m ²
• Área de propagación	31,00	m ²
• Área de producción de plantas de sol	2245,00	m ²
• Área de venta de plantas de sol	443,80	m ²
• Área de compostaje	557,82	m ²
• Área de embolsado y trasplante	337,02	m ²
• Área de plantas madre	485,00	m ²
• Área de flores de corte	1692,00	m ²
• Área de césped	1651,22	m ²

De estas nueve áreas se consideran para el presente estudio ocho, obviando el arboretum debido a que las fuentes de agua consideradas abarcan sólo las ocho áreas en cuestión.

Otra área que consume agua dentro del Programa es el de administración, esto con fines de cubrir las necesidades de limpieza de las áreas comunes e higiene del personal. Cuenta con dos ambientes: servicios higiénicos (damas y caballeros) y el área de lavatorio de uso múltiple ubicado en la puerta de entrada al SSHH de varones.

4.1.2 Actividades que consumen agua y fuentes de agua

Dentro del Programa de Investigación en Ornamentales se llevan a cabo diferentes actividades que necesitan del recurso hídrico, entre las que se tienen:

- Riego del cultivo (en las 8 áreas consideradas para el estudio)
- Aplicaciones de agroquímicos
- Riego de vías (para eliminar el polvo)
- Uso administrativo (servicios higiénicos)

Estas actividades se llevan a cabo con el agua proveniente de 03 fuentes. La principal es la **Fuente 1**, agua del reservorio, alimentada con agua que proviene del canal de irrigación que pertenece a la red de abastecimiento de riego de toda la UNALM y que es colectada en el reservorio. El ingreso cuenta con una malla que evita el paso de

residuos mayores (*Fig. N° 04*). Luego de practicar mediciones al canal de ingreso, que se encuentra sin revestir, se determinó que el caudal que ingresa al Programa no es



constante, variando entre 11 l/s y 17 l/s.

Figura N° 04: Vista del ingreso del agua de riego

La Fuente 2 es la que proviene de la napa freática a través de la extracción de agua de pozo, y usa la misma conexión que abastece de agua a todas las áreas administrativas y con fines educativos (edificios, aulas, área administrativa y baños en general) de la universidad y la tercera fuente (**Fuente 3**) es un tanque de 10 m³ que cuenta con agua potable, que abastece exclusivamente al área de propagación.

El agua que llega por el canal de irrigación es colectada en el reservorio del Programa. Se observó que el canal que sirve como soporte para el traslado del agua no se encuentra revestido pero sí cuenta con 2 cajas de derivación de concreto (*Fig. N° 05*) que hacen las veces de desarenadores.



Figura N° 05: Vista caja de derivación - ingreso del agua de riego al reservorio

El agua es recibida con regularidad los días martes, por aproximadamente entre 5 y 6 horas, con un caudal que varía entre 40 m³ y 65 m³ con lo que la recepción en el reservorio es en promedio de 280 m³ y eventualmente se recibe agua los días jueves. Se debe considerar que la recepción de agua se realiza hasta un mismo nivel en el reservorio, lo que justifica la variación de tiempo en función al caudal recaudado. Además de ser colectada el agua de riego, es utilizada para inundar las camas del área de compostaje.

El reservorio donde se almacena esta agua tiene una capacidad aproximada de 5000 m³, ocupa un área aproximada de 877.74 m², con una profundidad de 6 m, está revestido con geomembrana para impermeabilizarlo y actúan sobre ella actualmente 2 bombas de agua, una que abastece a las áreas consideradas en el presente estudio y la otra que deriva agua a un área colindante. Este reservorio (*Fig. N° 06*) no cuenta con un plan de mantenimiento, es decir, no se realiza limpieza de sedimentos (lo que disminuye su capacidad) ni tratamiento contra algas u otros agentes biológicos.



Figura N° 06: Vista del reservorio

El agua potable almacenada en el tanque de 10 m³ (Fuente 3), exclusivo para uso en el área de propagación dentro del área de plantas de sombra, es recepcionada de un tanque cisterna que provee una vez al mes en los meses de verano y cada tres meses durante los meses de invierno.

En la *Tabla N° 02* se detallan las actividades, distintas al riego, que consumen agua en la zona administrativa.

Tabla N° 02: Actividades que consumen agua en el área de oficinas administrativas

Nombre de área	Tipo de uso administrativo			Fuentes			Modalidad de uso		
	SSHH	Duchas	Otros	1	2	3	Caudal usado (L/hr)	Tiempo de uso (hr)	N° de veces (semanal)
Oficinas Administrativas	x				x		9L/descarga	-	120
		x			x		1010	4	16
			lavatorio		x		700	3	7
Preparación de aplicaciones			lavatorio		x		406L/semana	-	1
Vías de acceso			vías		x		1500	0,25	6

En la *Tabla N° 03* se detallan las actividades que consumen agua con fines de riego.

Tabla N° 03: Actividades que consumen agua con fines de riego

Nombre de área		Tipo de riego			Fuentes			Modalidad de uso		
		Aspersión	Micro aspersión	Manguera	1	2	3	Caudal usado (L/hr)	Tiempo de uso (hr)	N° de veces (semanal)
Plantas de sombra	Tinglado		x		x	x		2400*	1	3
				x	x	x		660	1	3
	Casa sombra 1		x		x	x		700	0,25	3
	Casa sombra 2		x		x	x		700	0,25	3
Propagación			x				x	1000	0,05**	98
Venta de plantas de sol				x	x	x		660	2	3
		x			x	x		960	1	3
Producción de plantas de sol				x	x	x		660	1	3
		x			x	x		960	1	3
Compostaje				x	x	x		2339	3	1***
Trasplante				x		x		2100	2	3
Plantas madre				x		x		2250	3	3
Flores de corte				x	x	x		3100	0,5	2
Césped				x	x	x		3000	5	6

* Caudal de ingreso al sistema de micro aspersión

** Durante el invierno el sistema se activa cada hora y en el verano cada 15 min por 8 horas diarias

*** El riego se desarrolla en función de las necesidades de los pozos de compostaje

4.1.3 Descripción de la aplicación de agua con fines de riego en las áreas evaluadas

Dentro del Programa se aplican distintos tipos de riego, lo que evidencia el esfuerzo del Programa por hacer más eficiente el riego. Las áreas se indican a continuación:

- Microaspersión 1850,52 m²
- Aspersión 2789,64 m²
- Gravedad y manguera 4437,06 m²

El riego por gravedad con manguera es el más usado (*Fig. N° 07*). El agua se mueve bajo la acción de la gravedad, siguiendo la pendiente del terreno y no requiere de energía extra para el movimiento de la misma. Sin embargo, sí requiere de habilidad por parte del regante para lograr una operación eficiente del mismo y, de acuerdo de la zona regada, de un correcto diseño de los surcos, especialmente la longitud para disminuir las pérdidas de agua por infiltración. Existen ocasiones en las que el regante manipula la manguera de tal forma de simular riego por aspersión, por ejemplo en el caso del riego efectuado en las áreas de producción de plantas de sol, de trasplante y de plantas madre.



Figura N° 07: Vista de los surcos en el área de plantas madre

Tomando en cuenta la superficie regada y el tipo de riego, las áreas cultivadas se dividen de la siguiente manera:

a) **Área de plantas de sombra**

• **Tinglado**

Área 1368,8 m², está destinado a la producción de plantas de sombra y regado bajo microaspersión (*Fig. N° 08*). Cuenta con 180 emisores aéreos distribuidos en 20 líneas, distanciados 2,5 m y con 9 emisores por línea separados 2,5 m.



Figura N° 08: Distribución interna del tinglado

Cada línea, aproximadamente de 25 m, es alimentada con agua del reservorio. La distribución del agua obedece a una zonificación en la que se divide al tinglado en 04 zonas (*Fig. N° 09*), para realizar riegos diferenciados, variando cada zona en número de emisores y en área (*Tabla N° 04*).

Tabla N° 4: Número de emisores y áreas de cada zona del tinglado

Zona	N° de emisores	Área (m ²)
1	54	415
2	45	345
3	45	345
4	36	263,8
Total	180	1368,8



Figura N° 09: Zonificación del tinglado

- **Casa sombra**

Son 02, cada una de 125 m² y su fin consiste en mantener las condiciones adecuadas dentro de ella y que usualmente son distintas al exterior (*Fig. N° 10*).



Figura N° 10: Vista interna de la casa sombra

Están regadas por microaspersión con 48 emisores aéreos, ubicados en 03 líneas separadas 1,25 m con 16 emisores por línea con una separación de 1,25 m entre emisores (*Fig. N° 11*). Cada línea es de aproximadamente 22,5 m y son alimentadas con

agua proveniente del reservorio. La distribución del agua es independiente en cada casa sombra, pero no entre líneas dentro de la casa sombra, lo que significa que no existe diferenciación de riego dentro de la casa sombra como en el caso del tinglado.



Figura N° 11: Distribución de emisores dentro de la casa sombra

b) Área de propagación

Área cerrada tipo casa sombra de 30,72 m² y regada por nebulización (*Fig. N° 12*).



Figura N° 12: Vista interna del área de propagación

Cuenta con 02 líneas de emisores aéreos, cada una de 9,0 m, separadas 1,3 m y con 10 emisores cada 0,8 m (*Fig. N° 13*). Esta área es alimentada con agua potable proveniente de un tanque y funciona con la ayuda de una bomba, que se encuentra al lado izquierdo de la casa sombra y que es de uso exclusivo de este lugar. La distribución del agua debe ser uniforme en toda la zona y la humedad dentro del ambiente debe permanecer constante.

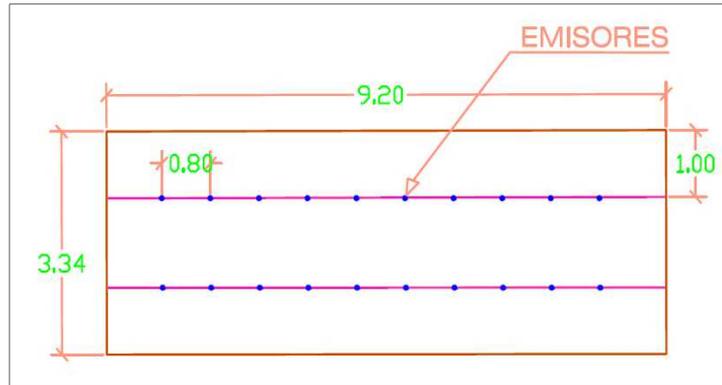


Figura N° 13: Distribución interna de emisores dentro del área de propagación

c) Área de ventas de plantas de sol

Área equivalente a 443,8 m² que es regado por aspersión (Fig. N° 14).



Figura N° 14: Vista del área de venta de plantas de sol

Cuenta con 01 línea de 06 aspersores separados 12 m (Fig. N° 15), los que se encargan de regar 31 camas; 25 camas son de 1,25 m por 7,50 m separadas por bloque de concreto de 0,28 m por 0,50 m y con el suelo recubierto con una membrana; 06 camas dobles de 2,5 m por 7,60 m, divididas de tal manera que cada una consta de dos camas de 1,0 m por 7,24 m y no con recubrimiento por membrana pero si con cobertura de piedra granulada. En cada uno de los aspersores se encuentran las llaves que accionan el sistema de aspersión de las 06 zonas en las que se divide el área de propagación de plantas de sol, por lo que para efectos de análisis se considerarán los aspersores de esta área como parte del sistema de aspersión del área de propagación de plantas de sol.

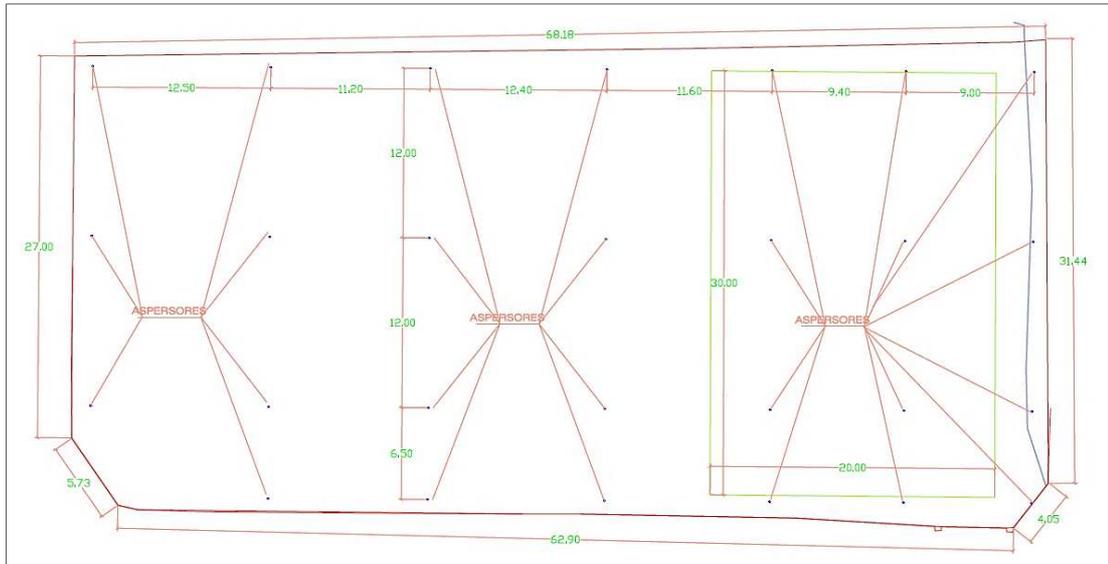


Figura N° 17: Distribución de aspersores en el área de producción de plantas de sol

e) Área de compostaje

Área de 577,82 m² que se riega manualmente con manguera (Fig. N° 18). El riego depende enteramente de la habilidad del personal encargado, el que aplica agua en función a su experiencia, deduciendo las necesidades del material; también se utiliza el riego por inundación los días martes que toca la recepción de agua de riego que llega a través del canal de irrigación para su colecta en el reservorio del Programa de Investigación en Ornamentales.



Figura N° 18: Vista del área de compostaje

Cuenta con 36 camas de 10 m de largo por 1 m de ancho, dedicadas a la elaboración de compost (*Fig. N° 19*).



Figura N° 19: Distribución del área de compostaje

f) Área de trasplante

Área de 337,02 m². Cuenta con un tinglado que brinda sombra a un total de 64 camas (*Fig. N° 20*).



Figura N° 20: Vista del área de trasplante - embolsado

El área de 56 camas es de 3,36 m² (2,4 m x 1,4 m), de las cuales 28 tienen instalado el sistema de riego por microaspersión; las 8 camas restantes son de 2,4 m² (2,4 m x 1,0 m), de las que 4 tienen instalado el sistema de riego por microaspersión. El riego de las 32 camas restantes es de manera manual, con la ayuda de una manguera (*Fig. N° 21*).

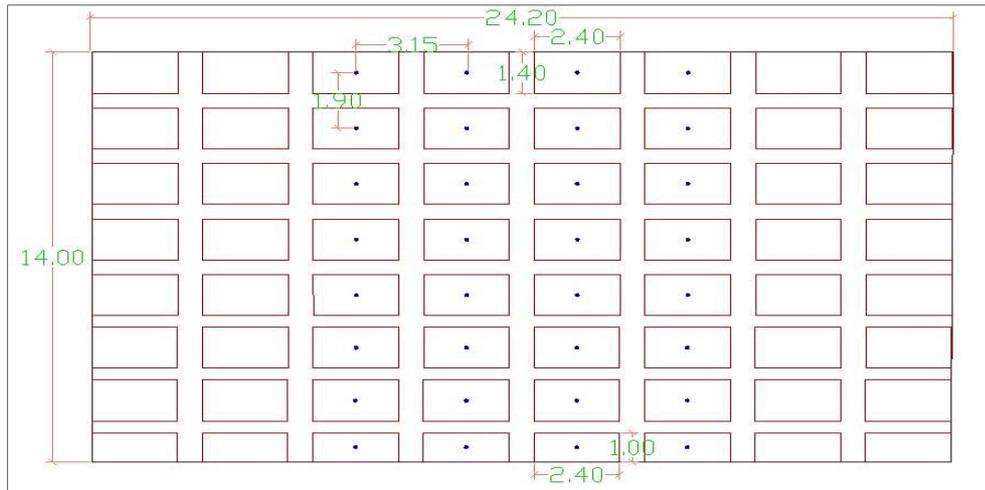


Figura N° 21: Distribución del área de trasplante

g) Área de planta madre

Cuenta con una superficie de 485 m², regados por gravedad con agua conducida a través de manguera hasta los surcos (*Fig. N° 22*).



Figura N° 22: Vista del área de plantas madre

En esta zona se encuentran 04 puntos de agua, los que son utilizados para regar no solo esta área sino el área de compostaje, el área de trasplante y las zonas de tránsito con fin de aminorar el polvo. Esta área posee 28 surcos de 12,5 m de largo por 1,0 m de ancho separados 0,4 m entre ellos; la manguera se deja en el cabezal del surco y el agua actúa bajo la acción de la gravedad, diferenciando el riego entre surcos (*Fig. N° 23*).

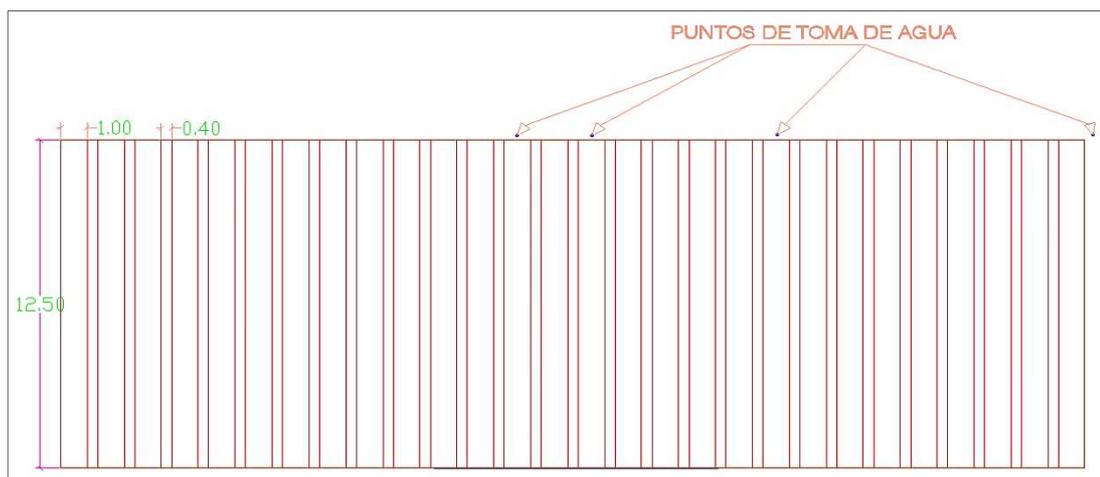


Figura N° 23: Distribución del área de plantas madre y de sus puntos de toma

h) Área de flores de corte

Ubicada junto al reservorio. Esta zona se divide en dos campos (*Fig. N° 24*).



Figura N° 24: Vista del área de flores de corte

El primer campo (1296 m^2) está formado por 02 líneas de 06 camas de 10,5 m por 9,0 m cada una, que a su vez se dividen en 06 camas de 10,5 m por 1,0 m separados 0,5 m entre ellos. En una de las camas ($94,5 \text{ m}^2$) se riega por microaspersión en la primera etapa de crecimiento de la planta, y el resto con la ayuda de una manguera que aplica el agua proviene del reservorio. El agua se distribuye por gravedad a través de 12 tomas de agua que se ubican en la parte central de cada cama. El segundo campo (396 m^2) consta de 02 filas de 11 camas cada una (10,0 m por 1,0 m), las cuales actúan como surcos pues el riego se realiza por gravedad con manguera (*Fig. N° 25*).

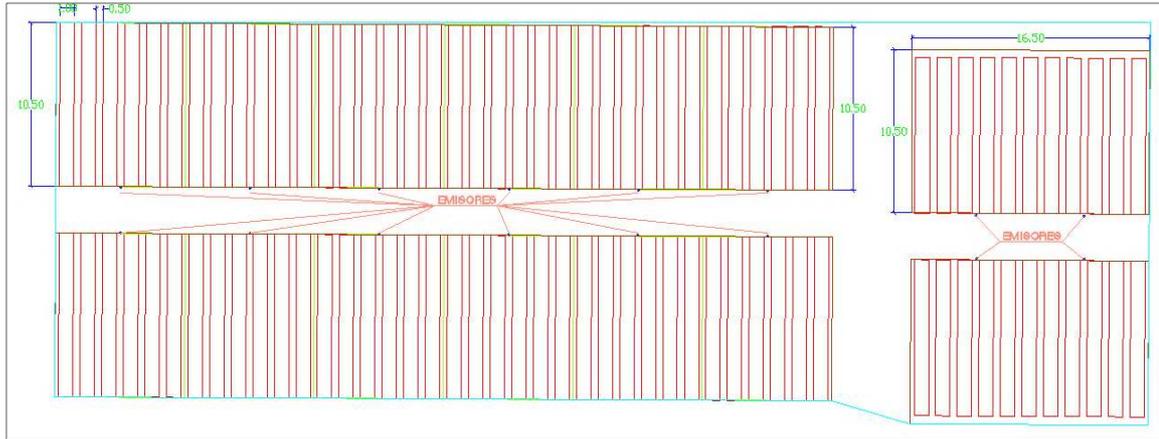


Figura N° 25: Distribución del área de flores de corte y de sus emisores

i) Área de césped

Cuenta con 03 zonas regadas por inundación con la ayuda de una manguera, la primera de 219,2 m², la segunda de 822,8 m² y finalmente una de 609,22 m², con lo que se totalizan 1651,22 m². La primera zona no cuenta con tomas de agua por lo que se apoya en el área de flores de corte usando una manguera para transportar el agua y está conformada por cuatro camas, cada una de 16 m por 2,80 m, separadas por veredas de concreto de 0,5 m de ancho. En las otras dos zonas, repartidas alrededor del reservorio y en el espacio que separa el reservorio con el cerro “La Cruz” y el área administrativa, se encuentran 06 puntos de toma de agua distribuidos como se muestra en la Fig. N° 26.

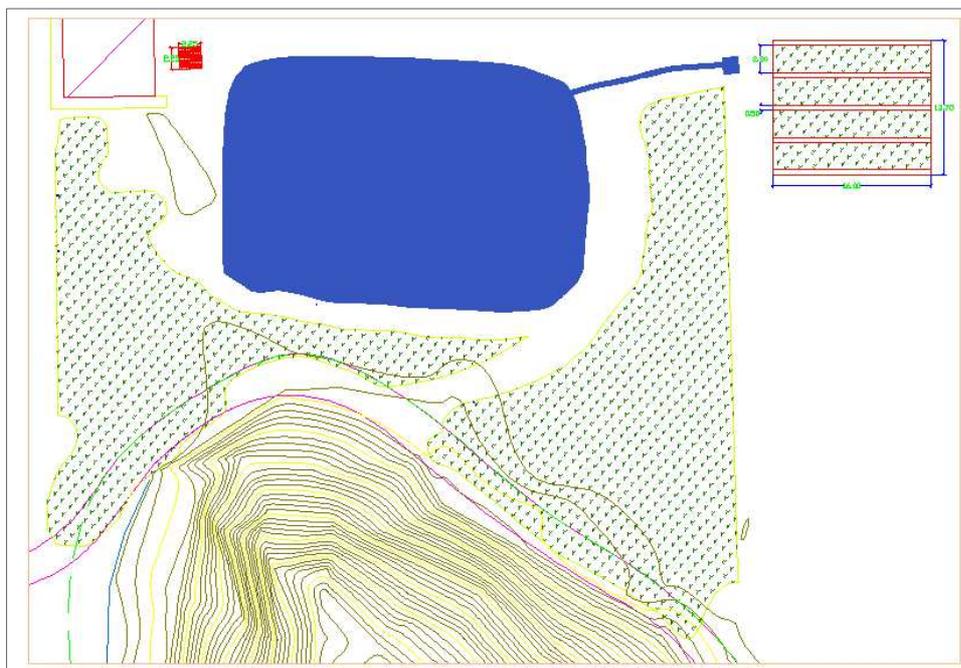


Figura N° 26: Distribución del área de césped

4.1.4 Turnos de riego

Para comprender cómo se riegan las distintas áreas del Programa se elaboró la *Tabla N° 5*, donde se muestra de manera genérica los turnos de riego semanal de las distintas áreas durante el tiempo de evaluación. Los turnos están en función al tiempo dedicado a la actividad de riego y al área correspondiente. Respecto a la frecuencia de riego mostrada, ésta corresponde al periodo de evaluación, es decir esta frecuencia varía en función de la estación temporal haciéndose más frecuente durante el verano. Más adelante se detallará cómo se realiza la distribución en función al tiempo y volumen.

Tabla N° 5: Turnos de riego en las diferentes áreas

Áreas de plantas de sombra		03 veces por semana					
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6
Tinglado	Zona 1	x					
	Zona 2		x				
	Zona 3	x					
	Zona 4		x				
Casa Sombra 1	Zona 1	x					
Casa Sombra 2	Zona 1	x					
Área de propagación		03 veces por semana					
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6
Zona 1		Independiente					
Venta de plantas de sol y producción de plantas de sol		03 veces por semana					
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6
Zona 1		x					
Zona 2			x				
Zona 3				x			
Zona 4					x		
Zona 5						x	
Zona 6							x
Área de compostaje		Semanal					
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6
Zonas 01 a 06	PT 3	x					

Áreas de trasplante y de plantas madre		03 veces por semana					
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6
PT 1		x					
PT 2			x				
PT 3				x			
Área de flores de corte		02 veces por semana					
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6
PT8		x					
PT9			x				
PT10				x			
PT 11					x		
PT 12						x	
PT 13							x
PT 14		x					
PT 15			x				
PT 16				x			
PT 17					x		
PT 18						x	
PT 19							x
PT 23				x			
Área de césped		Diario					
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5	Turno 6
Zona 1	PT 24	x					
	PT 25	-	-	-	-	-	-
	PT 29		x				
Zona 2	PT 26			x			
	PT 27				x		
Zona 3	PT 23						x

PT: Punto de toma de agua (plano adjunto en *Anexo 01*)

4.1.5 Cuadro de caudales

En el Programa de Investigación en Ornamentales se encontró que en las distintas áreas que posee se hallan puntos de toma de agua distribuidas de manera tal que cubren las necesidades propias de un área. Estos puntos de toma de agua se pueden alimentar tanto

de agua proveniente de la Fuente 1 (agua de reservorio) como de la Fuente 2 (agua de pozo UNALM), manipulando un juego de llaves de paso para decidir cuál fuente se usará en qué zona; esto gracias a que los puntos de agua en mención pertenecen a una red interna completamente entubada y con terminaciones operadas con grifos y llaves de paso. En la *Tabla N° 6* se muestran los caudales de estos puntos de agua diferenciados de acuerdo a las zonas donde pertenecen; la ubicación de estos puntos en el espacio se muestra en el *Anexo 01*.

Tabla N° 6: Actividades que consumen agua en el área de trasplante

Áreas de plantas de sombra			Caudal (L/hr)
Tinglado*	Zona 1	PC 01	2400
	Zona 2	PC 02	2400
	Zona 3	PC 03	2400
	Zona 4	PC 04	2400
Casa Sombra 1	Zona 1	PC 05	700
Casa Sombra 2	Zona 1	PC 06	700
Área de propagación			Caudal (L/hr)
Zona 1		PC7	1000
Venta de plantas de sol y producción de plantas de sol			Caudal (L/hr)
Zona 1		PC 08	5000
Zona 2		PC 09	5000
Zona 3		PC 10	5000
Zona 4		PC 11	5000
Zona 5		PC 12	5000
Zona 6		PC 13	5000
Área de compostaje			Caudal (L/hr)
Zonas 01 a 06		PT 3	2339
Trasplante y plantas madre			Caudal (L/hr)
Zonas de la 01 a la 06		PT 01	2168
		PT 02	1253
		PT 03	2339

Área de flores de corte		Caudal (L/hr)
Zona 1	PT 14	3165
Zona 2	PT 15	-
Zona 3	PT 16	3142
Zona 4	PT 17	3118
Zona 5	PT 18	3120
Zona 6	PT 19	3145
Zona 7	PT 08	3150
Zona 8	PT 09	3163
Zona 9	PT 10	3137
Zona 10	PT 11	-
Zona 11	PT 12	-
Zona 12	PT 23	3111
Zona 13	PT 13	-
Área de césped		Caudal (L/hr)
Zona 1	PT 24	4479
	PT 25	563
	PT 29	2901
Zona 2	PT 26	3003
	PT 27	2837
Zona 3	PT 28	3074

PT: Punto de toma de agua (plano adjunto en *Anexo 01*)

PC: Punto de conexión permanente de agua (plano adjunto en *Anexo 01*)

4.1.6 Inventario de equipos

a) Equipos sanitarios

Se cuenta con dos baños que son usados diariamente por los 10 trabajadores y semanalmente por alumnos y por alrededor de 45 visitantes. Estos equipos se abastecen del agua de pozo a través de la conexión general de la UNALM, por lo que no necesitan de una bomba para alimentarlos. Los equipos sanitarios y sus respectivos niveles de ecoeficiencia se muestran en la *Tabla N° 7*.

Tabla N° 7: Equipos sanitarios

Cantidad	Equipos / características	Nivel de Ecoeficiencia
2	Inodoro chico de 9 l/descarga, con un solo botón para descarga	BAJA
2	Lavamanos de cierre manual, caudal de 7 l/min (caudal óptimo 4 l/min)	MEDIA
1	Ducha (caudal 16 l/min)	BAJA
1	Lavatorio de cierre manual, caudal 13,4 l/min	BAJA

Como se puede observar que los inodoros, la ducha y el lavatorio de uso múltiple presentan bajo nivel de ecoeficiencia, mientras que los lavamanos presentan un nivel medio. Esta calificación se realizó tomando como referencia las tablas propuestas por el MINAM (2009), en “Medidas de ecoeficiencia para Instituciones del sector público” en su Anexo 1, las cuales basan su calificación en función al caudal de descarga de los equipos sanitarios.

b) Equipos para bombeo

El agua que alimenta las distintas áreas cultivadas proviene de la Fuente 1 (Reservorio) del Programa, para lo que es necesario un equipo de bombeo cuyas características son:

- Motor estacionario
 - Marca: Siemens
 - Tipo: eléctrico
 - Modelo: 1RF3097 – 2Y B99
 - Potencia: 2,0 HP
 - Frecuencia: 60 Hz
 - Voltaje: 115/230 V
 - Ratio: 3450 RPM
- Equipo de filtración por anillos

Además el agua que abastece al área de propagación, proveniente de la Fuente 3, también se apoya en un equipo de bombeo cuyas características básicas son:

- Motor estacionario
 - Marca: no registrado
 - Tipo: eléctrico
 - Modelo: no registrado
 - Potencia: 0,5 HP
 - Frecuencia: 60 Hz
 - Voltaje: 210/240 V
 - Ratio: 2000 RPM

Estos equipos de bombeo están conectados permanentemente, es decir no son móviles, pero su activación es acorde al requerimiento de las zonas de riego.

c) Equipos para aplicaciones

Para la aplicación de agroquímicos se utilizan equipos de activación manual, tales como mochilas y aspersores de mano, donde se utiliza el agua como solvente y conductor del agroquímico. Las características de estos equipos se muestran en la *Tabla N° 8*.

Tabla N° 8: Inventario de equipos para aplicación

N° de equipos	Tipo	Capacidad (L)
01	Mochila	20
01	Mochila	22
03	Aspersor de mano	3
03	Aspersor de mano	5

El uso que se da a estos equipos es diferenciado respecto al área donde se aplica, agrupándose como muestra la *Tabla N° 9*.

Tabla N° 9: Equipos para aplicaciones según áreas de uso

Equipo	Área	Aplicaciones/semana	Capacidad (L)	N° de equipos
Mochila	Flores de corte	2	22	2
	Plantas de sombra	2	20	3
	Trasplante	2	20	2
	Plantas madre	2	22	2
Aspersor	Varios	1-2	3-5	5

El uso de los aspersores de mano es diverso dentro del Programa de Ornamentales, usualmente realizado por alumnos que llevan los cursos que se dictan ahí y/o por trabajadores en zonas y plantas específicas.

4.1.7 Calidad de agua

El Programa de Investigación en Ornamentales, como ya se mencionó, es abastecido por tres fuentes de agua, las cuales son: la que es colectada en el reservorio (Fuente 1), la que proviene del pozo (Fuente 2) y el agua potable que es almacenada en un tanque de 10 m³ (Fuente 3).

En vista que el canal que abastece la Fuente 1 pasa por las distintas áreas de la UNALM (Fig. N° 27), incluyendo el área de zootecnia, existe la posibilidad que se encuentre contaminada por alguna fuente por lo que se realizó el análisis químico y el análisis de metales.

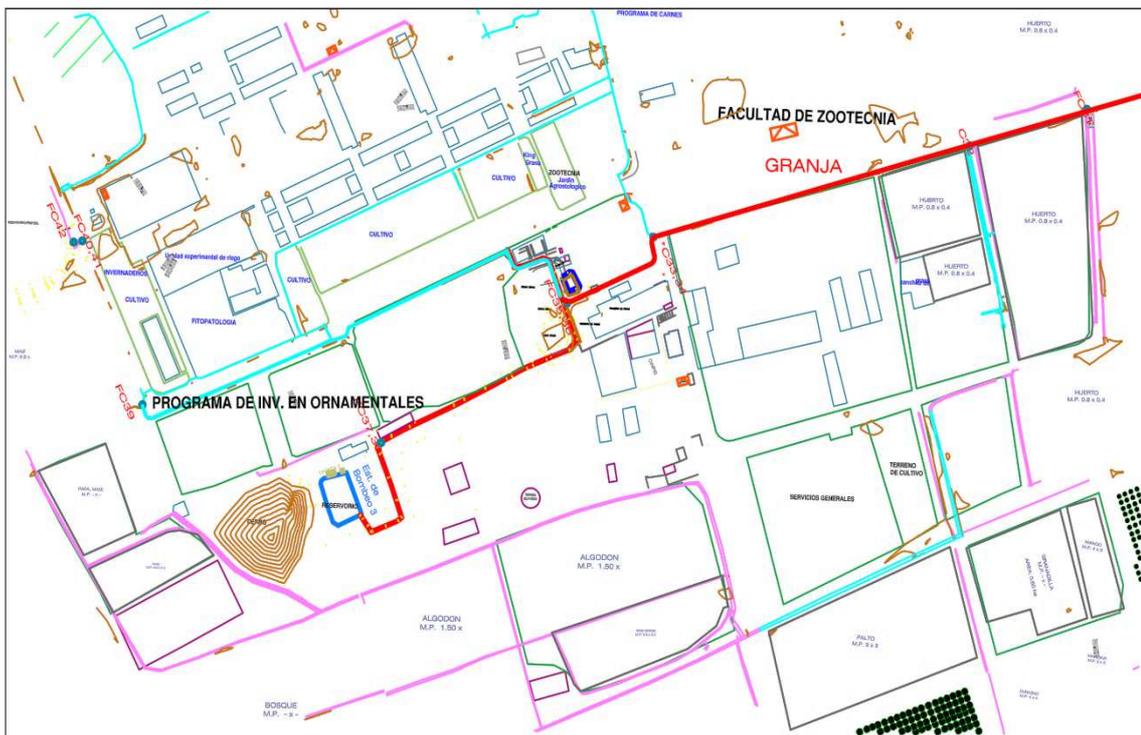


Figura N° 27: Ubicación del Programa en relación a zootecnia (posible contaminante)

Como el agua de la Fuente 2 se usa para los servicios higiénicos y aseo personal, se practicaron tres análisis: químico, macroelementos y microelementos, de metales pesados y de coliformes totales y fecales. El agua de esta fuente también es usada, en ocasiones, para labores de riego y preparación de aplicaciones agroquímicas.

A la Fuente 3, que es de uso exclusivo del área de Propagación, se le realizó el análisis químico, de microelementos y de metales pesados, debido a que en esta área el riego es por microaspersión y su fin es el de propagación. Los parámetros evaluados fueron los mismos que el de la Fuente 1. (*Anexo 02*)

a) Análisis del agua del Reservoirio (Fuente 1)

Los resultados del análisis químico, realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Agraria la Molina (Facultad de Agronomía) se muestra en la *Tabla N° 10*.

Tabla N° 10: Análisis químico de agua del reservorio

Parámetros	Unidad	Resultado
CE	dS/m	0,71
pH		10,07
Calcio	meq/l	3,8
Magnesio	meq/l	0,83
Sodio	meq/l	1,43
Potasio	meq/l	0,25
Suma de cationes	meq/l	6,31
Cloruro	meq/l	3,00
Sulfato	meq/l	1,81
Bicarbonato	meq/l	1,35
Nitratos	meq/l	0,00
Carbonatos	meq/l	0,21
Suma de aniones	meq/l	6,37
RAS		0,94
Sodio	%	22,66
Boro	ppm	0,28
Clasificación		C2-S1

La interpretación de los resultados del análisis del agua para riego, está basado en la clasificación dada por el U.S. Salinity Laboratory. Según esta clasificación, el agua del reservorio es C2-S1.

C2-S1: salinidad moderada, calidad buena para cultivos que se adaptan o toleran moderadamente la sal, muestra moderada lixiviación que previene la acumulación de sales en el suelo. El agua es baja en sodio lo que significa que puede utilizarse para la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles de sodio intercambiable sin peligro de destrucción de la estructura del suelo.

Los resultados del análisis de metales pesados (*Tabla N° 11*), efectuados también por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Agraria la Molina (Facultad de Ingeniería Agronomía), fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua-ECA, que son indicadores que miden la concentración de elementos presentes en el agua. (*Anexo 02*)

Tabla N° 11: Análisis de metales pesados y microelementos del agua del reservorio

Parámetros	Unidad	Valor	ECA
Boro	ppm	0,28	0,5-6
Cadmio	ppm	0,02	0,005
Cobre	ppm	0,01	0,2
Cromo	ppm	0,043	0,1
Hierro	ppm	0,04	1
Manganeso	ppm	0,01	0,2
Plomo	ppm	0,042	0,05
Zinc	ppm	0,02	2

Se puede observar que los valores resultantes del análisis de metales pesados, salvo el del cadmio, no exceden los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para agua-ECA, lo que significa que “no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente” (compendio de la legislación ambiental peruana-2011) respecto a esos parámetros. En relación al cadmio, el valor arrojado es cuatro (04) veces el valor del ECA, lo que significa un nivel alto de contaminación del agua y el suelo, además se sabe que trae consigo enfermedades cardiovasculares en el caso de ser consumidos, y por cadenas de bioacumulación, En el caso de las plantas ornamentales no existe riesgo directo a la salud, sin embargo es necesario considerar este valor en el caso que se realice un cambio de cultivo y este sea para consumo humano o animal.

b) Análisis de agua de pozo (Fuente 2)

Los resultados del análisis químico se muestran en la *Tabla N° 12. (Anexo 02)*

Tabla N° 12: Análisis químico del agua de pozo

Parámetros	Unidad	Resultado
CE	dS/m	2,96
pH		7,61
Calcio	meq/l	15,65
Magnesio	meq/l	5,75
Sodio	meq/l	10,00
Potasio	meq/l	0,28
Suma de cationes	meq/l	31,68
Cloruro	meq/l	24,00
Sulfato	meq/l	5,19
Bicarbonato	meq/l	1,58
Nitratos	meq/l	0,40
Carbonatos	meq/l	0,00
Suma de aniones	meq/l	31,17
Sodio	%	31,57
RAS		3,06
Boro	ppm	1,00
Clasificación		C4-S1

Se obtuvo como clasificación C4-S1: el que muestra un peligro de salinidad muy alto (C4), generalmente no aceptable, excepto para plantas muy tolerantes a sales. Respecto al peligro de Na, este es bajo (S1) y puede usarse para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de dañar su estructura. Debe considerarse que si se efectúa riego solo con esta agua las plantas resultarían afectadas por el nivel de salinidad que posee el agua, pero en vista que su uso es alternado y que la mayoría de plantas tiene un nivel de tolerancia de medio a alto, el uso puede seguir realizándose al igual que durante el periodo de evaluación.

También se realizaron análisis de metales pesados y de coliformes fecales y totales, que se presentan en la *Tabla N° 13 (Anexo 03)*, los cuales fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua-ECA propuestos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, elaborado por el Ministerio de Salud, debido a que estas aguas son usadas principalmente por los trabajadores del Programa para cubrir sus necesidades sanitarias, sin recibir ningún tratamiento previo a su uso (*Anexo 02 y Anexo 03*)

Tabla N° 13: *Análisis de metales pesado, microelementos y coliformes en agua de pozo*

Parámetros	Unidad	Valor	ECA
Boro	ppm	1,00	0,5-6
Cadmio	ppm	0,037	0,005
Cobre	ppm	0,01	0,2
Cromo	ppm	0,1	0,1
Hierro	ppm	0,06	1
Manganeso	ppm	0,01	0,2
Plomo	mg/L	0,187	0,05
Zinc	mg/L	0,03	2
Coliformes totales	NMP/100 ml	4,5	10×10^2
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,8	20x10

A partir de la comparación de los resultados de los análisis, se puede observar que los valores obtenidos, salvo el cadmio y plomo, se encuentran por debajo de los ECA.

En vista que los valores de cadmio y plomo representan 7,4 y 3,7 veces más, respectivamente, lo establecido por el ECA y que el agua de esta fuente es utilizada para el aseo del personal no es recomendable que los usuarios se expongan directamente a ésta fuente.

Respecto a la presencia de coliformes fecales y totales, si bien es cierto, estos no exceden los valores recomendados por los ECA para su uso según la clasificación B1: contacto primario, este no es apto para el consumo humano sin tratamiento.

c) Análisis del agua de cisterna (Fuente 3)

Los resultados del análisis químico se muestran en la *Tabla N° 14*, según *Anexo 04*.

Tabla N° 14: Análisis químico del agua de la cisterna

Parámetros	Unidad	Resultado
CE	dS/m	1,12
pH		7,62
Calcio	meq/l	7,65
Magnesio	meq/l	1,56
Sodio	meq/l	1,91
Potasio	meq/l	0,13
Suma de cationes	meq/l	11,25
Cloruro	meq/l	5,50
Sulfato	meq/l	2,70
Bicarbonato	meq/l	3,15
Nitratos	meq/l	0,12
Carbonatos	meq/l	0,00
Suma de aniones	meq/l	11,47
RAS		0,89
Clasificación		C3-S1

Del análisis se tiene que el agua de la Fuente 3, utilizada para el abastecimiento del área de Propagación, es C3-S1: peligro de salinidad alto, lo que quiere decir que la salinidad afectará a muchas plantas y es necesario realizar una selección de plantas tolerantes a la salinidad. El peligro de Na es bajo, por ende puede usarse para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de destruir la estructura del suelo, así como en la mayoría de cultivos.

4.1.8 Tarifa volumétrica del agua para riego

La tarifa volumétrica es determinada por la Oficina Administrativa de Servicios Generales de la UNALM, en función al área que le corresponde a cada una de las unidades dentro de la universidad (en valor porcentual). El ejercicio que se realiza es hallar el valor porcentual al que corresponde el área del usuario respecto al total y luego multiplicar este valor por el monto total correspondiente a la cuota de agua asignada al

total de usuarios; a este valor se le suma el valor de la cuota fija, que para cada usuario corresponde a recorrido, herramientas y otros, que suma un total de S/. 630,43 (para el periodo de 2013) que equivale a la cuota total dividido entre el número de usuarios (23).

En la *Tabla N° 15* se muestra un resumen de lo arriba mencionado, extraído del Informe de coordinación de riego de la Oficina Administrativa de Servicios Generales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (*Anexo 05*).

Tabla N° 15: Extracto del informe de coordinación de riego

Aportes económicos de usuarios UNALM año 2013 - Vivero Ornamental

Usuario	Área (Ha)	% respecto al total	Cuota uso de agua (S/.)	Cuota S/. (recorrido, herramientas, otros)	Total a pagar
Vivero Ornamental	1,00	1,59	656,09	630,43	1286,52
Total UNALM	62,75	100	41169,65	14500,00	-

Del cuadro anterior se tiene que el total a pagar por parte del Programa asciende a S/.1286.52 para el periodo 2013, este valor sólo afecta al agua que alimenta la Fuente 1 “Reservorio”. Considerando que durante el año en promedio ingresan 14500 m³ de volumen de agua, se tiene que el costo de agua en S/. / m³, para la Fuente 1, incluido el costo por recorrido de herramientas asciende a S/.0,088/m³.

Los costos del agua potable, contratada por el Programa para abastecer el tanque cisterna (Fuente 3), se especifican en la *Tabla N° 16*. El costo del agua por m³ es de S/. 10,00.

Tabla N° 16: Pago por suministro de agua potable para el área de propagación

Meses	Frecuencia	Volumen (m ³)	Costo de agua (S/.)
Enero	Mensual	10,00	100,00
Febrero			
Marzo			
Abril, mayo, junio	Trimestral	10,00	100,00
Julio, agosto, septiembre			
Octubre, noviembre, diciembre			
Total		60,00	S/. 600,00

El costo anual del bombeo de agua corresponde a la utilización de los equipos que se utilizan para este fin en las Fuentes 1 y 3.

$$\text{Costo energético(F1)} \left(\frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \right) = \frac{0,33 \left[\left(\frac{\text{S/}}{\text{Kw.hr}} \right) \right] * 1,5(\text{kw})}{4,8 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right)}$$

$$\text{Costo energético(F3)} \left(\frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \right) = \frac{0,33 \left[\left(\frac{\text{S/}}{\text{Kw.hr}} \right) \right] * 0,37(\text{kw})}{0,05 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right)}$$

El costo energético (S./m³) para la Fuente 1 es de S/. 0,103 y para la Fuente 3 es 2,44.

El total del costo para la Fuente 1 equivale a:

$$14500 \text{ m}^3 \times 0,103 \left(\frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \right) = \text{S/}. 1495,00 / \text{año}$$

El total del costo para la Fuente 3 equivale a:

$$144.5 \text{ m}^3 \times 2.44 \left(\frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \right) = \text{S/}. 352,89 / \text{año}$$

4.1.9 Cálculo del indicador de consumo de agua para riego

Mediante esta herramienta se expresa el volumen de agua utilizado con fines de riego, en m³ por hectárea, que se aplica al campo durante el periodo evaluado (4 meses). Para determinar este valor, es necesario conocer el volumen que ingresa a cada una de las unidades del Programa, el mismo que se muestra en la *Tabla N° 17*.

Luego de determinar que el volumen equivalente es igual a 1130,72 m³, este se divide entre el total de hectáreas regadas (0,9505 ha) resultando un indicador del consumo de agua para riego (Ir) igual a 1189,06 m³/ha.

Este valor deberá ser proyectado y comparado con la demanda neta de los cultivos, de acuerdo a sus necesidades mensuales, para lo que fue necesario estimar (*Tabla N° 18*), el valor de la evapotranspiración inicial con apoyo del programa CROPWAT, basado en los datos meteorológicos obtenidos de la Estación Von Humboldt. Con este valor y el valor del coeficiente del cultivo se estimó el valor de necesidades netas, el mismo que se contrapuso al valor de agua aplicado, hallando de esta forma el exceso o déficit de agua aplicado según sea el caso. Estos valores se aprecian en la *Tabla N° 19*.

Tabla N° 17: Volumen de agua consumido por las diferentes áreas del Programa

Área				Caudal (L/hr)	Tiempo uso (hr)	Veces por semana	Vol. agua L/semana	Vol. agua L/mes	Vol. agua m ³ /mes
Área de plantas de sombra	Tinglado*	Zona 1	PC 01	2400	1	3	7200	30960	30,96
		Zona 2	PC 02	2400	1	3	7200	30960	30,96
		Zona 3	PC 03	2400	1	3	7200	30960	30,96
		Zona 4	PC 04	2400	1	3	7200	30960	30,96
		Zona 4	PT 06	660	1	3	1980	8514	8,51
	Casa Sombra 1	Zona 1	PC 05	700	0,25	3	525	2257,50	2,26
	Casa Sombra 2	Zona 1	PC 06	700	0,25	3	525	2257,50	2,26
Propagación		Zona 1	PC 07	1000	0,05	56	2800	12040	12,04
Venta de plantas de sol y producción de plantas de sol * Fuentes que no se usaron durante el periodo de evaluación		Zona 1	PC 08	5000	1	3	15000	64500	64,50
		Zona 2	PC 09	5000	1	3	15000	64500	64,50
		Zona 3	PC 10	5000	1	3	15000	64500	64,50
		Zona 4	PC 11*	-	-	-	0	0,00	0,00
		Zona 5	PC 12*	-	-	-	0	0,00	0,00
		Zona 6	PC 13*	-	-	-	0	0,00	0,00
		Varios	PT 05	960	2	3	5760	24768	24,77
Área de compostaje		Zonas 01 a 06	PT 03	2339,18	3	1	7017,54	30175,44	30,18
Trasplante y plantas madre		Zonas 01 a 06	PT 01	2168	2	3	13008,13	55934,96	55,93
			PT 03	2339	2	3	14035,09	60350,88	60,35
			PT 02	1253	2	3	7520,89	32339,83	32,34

Área			Caudal (L/hr)	Tiempo uso (hr)	Veces por semana	Vol. agua L/semana	Vol. agua L/mes	Vol. agua m ³ /mes
Flores de corte * Puntos de Toma de agua que se encuentran selladas temporalmente	Zona 1	PT 14	3165	1,0	2	3165	13608,79	27,22
	Zona 2	PT 15*	-	0	0	0	0,00	0,00
	Zona 3	PT 16	3142	0,5	2	3142	13509,82	13,51
	Zona 4	PT 17	3118	0,5	2	3118	13405,65	13,41
	Zona 5	PT 18	3120	0,5	2	3120	13416	13,42
	Zona 6	PT 19	3145	0,5	2	3145	13523,50	13,52
	Zona 7	PT 08	3150	0,5	2	3150	13545	13,55
	Zona 8	PT 09	3163	0,5	2	3163	13600,90	13,60
	Zona 9	PT 10	3137	1,0	2	3137	13489,10	26,98
	Zona 10	PT 11*	-	0	0	0	0,00	0,00
	Zona 11	PT 12*	-	0	0	0	0,00	0,00
	Zona 12	PT 23	3111	1,0	2	3111	13377,30	26,75
	Zona 13	PT 13*	-	0	0	0	0,00	0,00
Área de césped	Zona 1	PT 24	4479	1	6	26874,03	115558,32	115,56
		PT 25	563	1	1	562,5	2418,75	2,42
		PT 29	2901	1	6	17407,66	74852,92	74,85
	Zona 2	PT 26	3003	1	6	18015,01	77464,55	77,46
		PT 27	2837	1	6	17019,04	73181,88	73,18
	Zona 3	PT 28	3074	1	6	18445,77	79316,82	79,32
Total						262958,74	1130722,60	1130,72

Tabla N° 18: Resultados para el cálculo de la ETo

Mes	Temp. Min (°C)	Temp. Max (°C)	Humedad (%)	Viento (km/día)	Insolación (horas)	Rad (MJ/m²/día)	ETo (mm/día)
Enero	19,4	27,4	79	108	5,5	18,7	3,75
Febrero	20,3	28,9	75	108	5,6	18,8	4
Marzo	19,8	28,6	75	99	7,3	20,7	4,21
Abril	17,8	26,9	84	95	7,6	19,5	3,62
Mayo	15,5	23,3	87	79	5,8	15,2	2,61
Junio	14,2	19,9	88	66	2,7	10,4	1,78
Julio	14,2	18,9	88	73	2,1	9,9	1,7
Agosto	13,2	18,3	88	76	2,5	11,5	1,89
Setiembre	13,9	20	88	85	3,2	13,8	2,29
Octubre	14,5	21,2	86	93	4,5	16,7	2,82
Noviembre	15,7	22,7	84	95	5	17,8	3,12
Diciembre	17,4	25,1	82	98	5	17,9	3,34

Tabla N° 19: Necesidades netas, volumen aplicado y cálculo de Exceso – Déficit

Mes	ETo (mm/día)	Kc promedio (crítico)	ETc (mm/día)	ETc (mm/mes)	NN (m³/ha)	Aplicado (m³/ha)	Diferencia (m³/ha)
Enero	3,75	0,70	2,63	78,75	787,50	2294,06	1506,56
Febrero	4	0,70	2,80	84,00	840,00	2638,17	1798,17
Marzo	4,21	0,70	2,95	88,41	884,10	2408,76	1524,66
Abril	3,62	0,70	2,53	76,02	760,20	1949,95	1189,75
Mayo	2,61	0,70	1,83	54,81	548,10	1605,84	1057,74
Junio	1,78	0,70	1,25	37,38	373,80	1605,84	1232,04
Julio	1,7	0,70	1,19	35,70	357,00	1147,03	790,03
Agosto	1,89	0,70	1,32	39,69	396,90	1032,33	635,43
Septiembre	2,29	0,70	1,60	48,09	480,90	917,62	436,72
Octubre	2,82	0,70	1,97	59,22	592,20	1147,03	554,83
Noviembre	3,12	0,70	2,18	65,52	655,20	1147,03	491,83
Diciembre	3,34	0,70	2,34	70,14	701,40	2064,65	1363,25

En la *Fig. N° 28* se muestran los valores de volumen aplicado y necesidades netas. Se observa que en todos los meses se presenta un exceso de agua aplicado en relación a las necesidades netas de los cultivos.

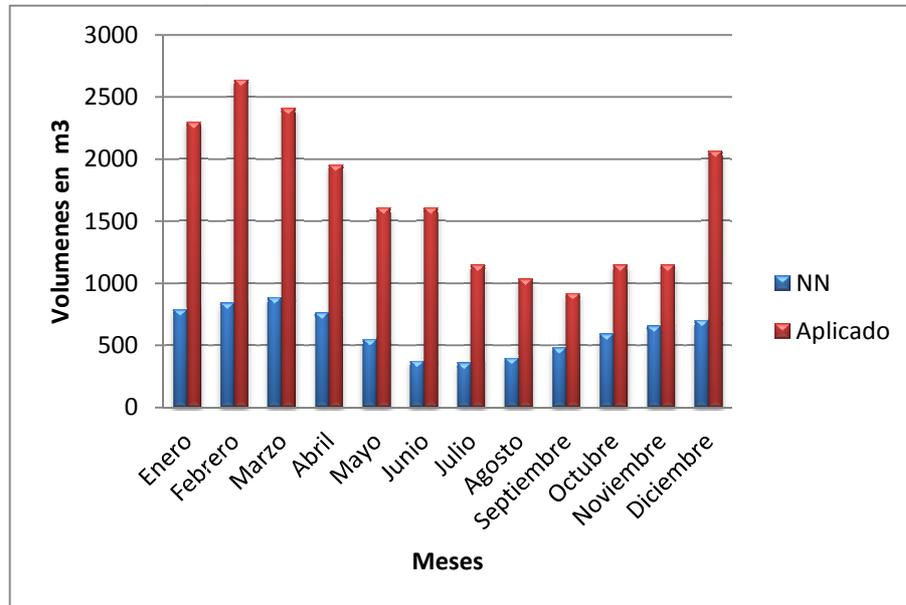


Figura N° 28: Necesidades netas, volumen aplicado

4.2 EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Se realizó la evaluación de los sistemas de riego existentes en el Programa de Ornamentales para tener un panorama más amplio de las condiciones de manejo del recurso hídrico, haciendo la diferenciación por áreas debido a que existen diferencias en el tiempo de aplicación y en el tipo de suelo.

4.2.1 Evaluación del riego por aspersión

Este riego se efectúa en el área de venta de plantas de sol y producción de plantas de sol correspondientes al vivero, con una disposición en rectángulo.

a) Coeficiente de uniformidad

Se realizaron las pruebas para determinar el coeficiente de uniformidad según Christiansen, tomando un marco de cuatro aspersores representativos y se procedió a la colección de datos en una cuadrícula de 5 x 5, distribuidas en este marco (12 m x 12 m). Los resultados se muestran en las *Tablas N° 20, N° 21 y N° 22*.

Tabla N° 20: Registro de pluviómetros **Tabla N°21:** Desviación de pluviómetros

Registros en pluviómetros (mL)				
59	53	53,5	43	48
56	57	52,5	51,5	41
66	56	46	54	63
57	70,5	92,5	95	79,5
62	74	89	95	103

Desviaciones (valor absoluto)				
5,68	11,68	11,18	21,68	16,68
8,68	7,68	12,18	13,18	23,68
1,32	8,68	18,68	10,68	1,68
7,68	5,82	27,82	30,32	14,82
2,68	9,32	24,32	30,32	38,32

Tabla N° 22: Coeficiente de uniformidad en aspersión

Evaluación de la Uniformidad				Zonas con	
N°	Registro	Media (M)	$ Xi-M $	Déficit	Exceso
1	59	64,68	5,68	0	0
2	53	64,68	11,68	1	0
3	53,5	64,68	11,18	1	0
4	43	64,68	21,68	1	0
5	48	64,68	16,68	1	0
6	56	64,68	8,68	1	0
7	57	64,68	7,68	1	0
8	52,5	64,68	12,18	1	0
9	51,5	64,68	13,18	1	0
10	41	64,68	23,68	1	0
11	66	64,68	1,32	0	0
12	56	64,68	8,68	1	0
13	46	64,68	18,68	1	0
14	54	64,68	10,68	1	0
15	63	64,68	1,68	0	0
16	57	64,68	7,68	1	0
17	70,5	64,68	5,82	0	0
18	92,5	64,68	27,82	0	1
19	95	64,68	30,32	0	1
20	79,5	64,68	14,82	0	1
21	62	64,68	2,68	0	0
22	74	64,68	9,32	0	1
23	89	64,68	24,32	0	1
24	95	64,68	30,32	0	1
25	103	64,68	38,32	0	1
Suma	1617	-	364,76	13	7
M	-	64,68	-	-	-

En la *Tabla N° 20* se observa que existen diferencias considerables entre los volúmenes captados, siendo el menor de 41 mL y el mayor de 103 mL, los mismos que muestran (*Tabla N° 21*) las mayores diferencias respecto a la media (64,68 mL), de 23,68 mL y 38,32 mL, respectivamente.

En la *Tabla N° 22* se aprecia que dentro de las 25 zonas resultantes de la prueba efectuada se tienen 13 zonas en déficit y 07 con exceso de agua, obteniéndose un coeficiente de uniformidad igual a 77,4%, que pese a superar el mínimo esperado muestra un CU relativamente bajo, acorde al tipo de riego desarrollado en esta zona.

Además con los datos de:

- Diámetro de boquilla: 4 mm
- Promedio de los gastos de los aspersores evaluados: 0,30 L/s
- Media de la presión de los dos primeros aspersores evaluados: 24,108 mca
- Media de la presión de los dos últimos aspersores evaluados: 23,618 mca
- Presión nominal del aspersor: 25 mca
- Espaciamiento entre aspersores: 11,6 m
- Espaciamiento entre laterales: 12 m
- Tiempo de prueba: 1 h

Se tiene que:

- Uniformidad lateral: admisible.
- Diferencia de presiones lateral: 5,5 mca
- Gotas de los aspersores (finas, medias o gruesas): medias
- % de lluvia que llega al suelo: 73%

b) Eficiencia de aplicación

Se determinó considerando la cantidad de agua aplicada en función de la cantidad de agua necesaria por las plantas, es decir es el tanto por ciento del agua que es realmente utilizada por el cultivo con respecto al total de agua aplicada.

En la *Tabla N° 23* se muestran los resultados de la eficiencia de aplicación en el riego por aspersión, con un valor de 52,55%, el mismo que no alcanza el mínimo exigido de 70% para climas moderados para este tipo de riego; lo que significa que este sistema de riego en el Programa de Investigación en Ornamentales no es eficiente.

Tabla N° 23: Eficiencia de aplicación en aspersión

Tipo de riego	Área (Ha)	Volumen aplicado (m ³)	Necesidades (m ³)	Eficiencia %
Aspersión	0,165	193	101,44	52,55

En la Fig. N° 29 se aprecia que el volumen aplicado sobre pasa al volumen requerido por los cultivos en casi el doble, lo que significa que no se hace una aplicación acorde a las necesidades del cultivo, sin considerar el valor ecoeficiente que debe dársele al recurso agua y el impacto que el uso no adecuado tiene sobre el medio ambiente.

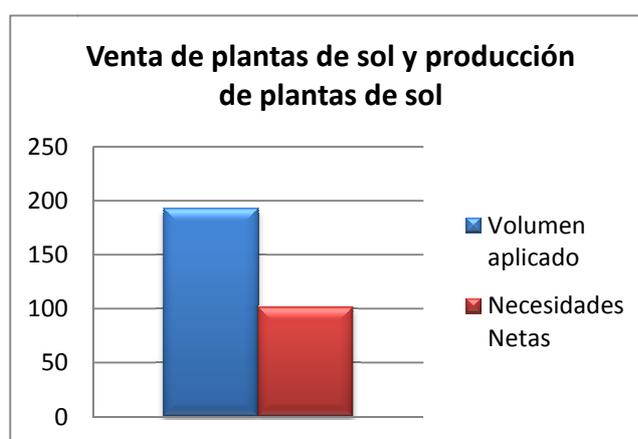


Figura N° 29: Volumen de agua aplicado por aspersión a los cultivos comparado al de sus necesidades

4.2.2 Evaluación del riego por microaspersión

Este riego se efectúa en el área de tinglado, en las casas sombra 1 y 2 y en el área de propagación.

a) Área de tinglado

➤ Coeficiente de uniformidad

Se realizaron pruebas para determinar el coeficiente de uniformidad según Christiansen, tomando un marco de cuatro aspersores representativos y procediendo a la recolección de datos en una cuadrícula de 5 x 5, distribuidas en este marco (2,5 m x 2,5 m).

En la Tabla N° 24 se aprecia que existen diferencias considerables entre los volúmenes captados, donde el más bajo es de 15,5 mL y el más alto de 30 mL, los mismos que muestran (Tabla N° 25) las mayores diferencias respecto a la media (24,83 mL), de 9,33 mL y 5,17 mL, respectivamente.

Tabla N° 24: Registro de pluviómetros **Tabla N°25:** Desviación de pluviómetros

Registros en pluviómetros (mL)				
24	27,5	28	34	27,5
21,5	24	26	28	26
15,5	21	28	28	19
29	26	26,5	25	23
21	30	22	21,5	19

Desviaciones (valor absoluto)				
0,83	2,67	3,17	9,17	2,67
3,33	0,83	1,17	3,17	1,17
9,33	3,83	3,17	3,17	5,83
4,17	1,17	1,67	0,17	1,83
3,83	5,17	2,83	3,33	5,83

Tabla N° 26: Coeficiente de uniformidad en microaspersión - tinglado

Evaluación de la Uniformidad				Zonas con	
N°	Registro	Media (M)	$ Xi-M $	Déficit	Exceso
1	24	24,83	0,83	0	0
2	27,5	24,83	2,67	0	1
3	28	24,83	3,17	0	1
4	34	24,83	9,17	0	1
5	27,5	24,83	2,67	0	1
6	21,5	24,83	3,33	1	0
7	24	24,83	0,83	0	0
8	26	24,83	1,17	0	0
9	28	24,83	3,17	0	1
10	26	24,83	1,17	0	0
11	15,5	24,83	9,33	1	0
12	21	24,83	3,83	1	0
13	28	24,83	3,17	0	1
14	28	24,83	3,17	0	1
15	19	24,83	5,83	1	0
16	29	24,83	4,17	0	1
17	26	24,83	1,17	0	0
18	26,3	24,83	1,47	0	0
19	25	24,83	0,17	0	0
20	23	24,83	1,83	0	0
21	21	24,83	3,83	1	0
22	30	24,83	5,17	0	1
23	22	24,83	2,83	1	0
24	21,5	24,83	3,33	1	0
25	19	24,83	5,83	1	0
Suma	620,8	-	83,304	8	9
M	-	24,832	-	-	-

En la *Tabla N° 26* se observa que dentro de las 25 zonas resultantes de la prueba efectuada se tienen 08 zonas en déficit y 09 con exceso de agua, obteniéndose un coeficiente de uniformidad de 86,5%, que se considera como bueno, pese a que en esta área se observaron emisores en mal estado y mangueras con fugas excesivas. Se debe tener en cuenta que la metodología exige que se tome un área representativa en cuanto al funcionamiento de los emisores.

➤ **Eficiencia de aplicación**

En la *Tabla N° 27* se muestran los resultados de la eficiencia de aplicación en esta área.

Tabla N° 27: *Eficiencia de aplicación en microaspersión - tinglado*

Tipo de riego	Área (Ha)	Volumen aplicado (m ³)	Necesidades (m ³)	Eficiencia %
Microaspersión	0,137	132,35	84,22	63,63

En la *Tabla N° 27* se muestran los resultados de la eficiencia de aplicación en el riego por microaspersión en el área del Tinglado, con un valor de 63,63%, el mismo que no alcanza el mínimo exigido de 80-85% para climas moderados para este tipo de riego; lo que significa que en esta área el sistema de riego no es eficiente en el Programa.

En la *Fig. N° 30* se observa que el volumen aplicado sobre pasa al volumen requerido por los cultivos en más del 50%, lo que significa que no se hace una aplicación acorde a las necesidades del cultivo. Debe considerarse que en esta área gran parte del agua aplicada se desperdicia debido a las fugas en las mangueras y emisores.

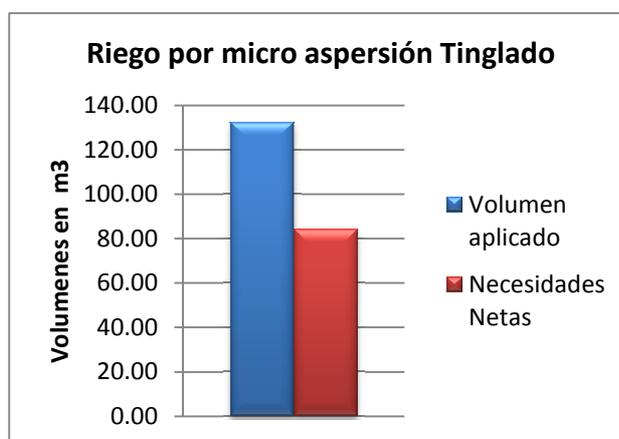


Figura N° 30: *Volumen de agua aplicado al cultivo comparado al de sus necesidades en el área del tinglado*

b) **Área de casa sombra 1 y 2**

➤ **Coefficiente de uniformidad**

Se considera también el coeficiente de uniformidad según Christiansen en las áreas correspondientes a las áreas de las casas sombra, procediendo a la recolección de datos en una cuadrícula de 5 x 5 distribuidas en este marco (2,5 m x 2,5m).

En la *Tabla N° 28* se observa que existen diferencias entre los volúmenes captados, así se tiene que el más bajo valor es de 15,5 mL y el más alto de 34 mL, los mismos que muestran en la *Tabla N° 29*, las mayores diferencias respecto a la media (21,46 mL) corresponde a 9,33 mL y 9,17 mL, respectivamente.

Tabla N° 28: Registro de pluviómetros **Tabla N°29: Desviación de pluviómetros**

Registros en pluviómetros (mL)				
24	27,5	28	34	27,5
21,5	24	26	28	26
15,5	21	28	28	19
29	26	26,5	25	23
21	30	22	21,5	19

Desviaciones (valor absoluto)				
0,83	2,67	3,17	9,17	2,67
3,33	0,83	1,17	3,17	1,17
9,33	3,83	3,17	3,17	5,83
4,17	1,17	1,67	0,17	1,83
3,83	5,17	2,83	3,33	5,83

En la *Tabla N° 30* se aprecia que dentro de las 25 zonas resultantes de la prueba efectuada se tienen 10 zonas en déficit y 05 con exceso de agua, obteniéndose un coeficiente de uniformidad igual a 82,5% el que se considera como bueno. En esta área se logra este coeficiente de uniformidad gracias a que no se ve afectado por el viento, dado que estas Casa Sombra cuentan con cobertura lateral, además de la superior.

➤ **Eficiencia de aplicación**

En la *Tabla N° 31* se muestran los resultados de la eficiencia de aplicación en esta área.

En la *Fig. N° 31* se observa que el volumen aplicado es mayor al volumen requerido por los cultivos en aproximadamente 1,2 m³ mensuales, resultando una eficiencia de aplicación de 92,8%, llegando a considerarse muy buena. El exceso de agua, arriba mencionado, colabora con uno de los principales fines de estas Casa Sombra, que es lograr un alto grado de humedad al interior de estas estructuras, característica que se logra con humedades entre 90% y 95%.

Tabla N° 30: Coeficiente de uniformidad en microaspersión – casas sombra

Evaluación de la Uniformidad				Zonas con:	
N°	Registro	Media (M)	$\square Xi - M \square$	Déficit	Exceso
1	23	21,46	1,54	0	0
2	18	21,46	3,46	1	0
3	18	21,46	3,46	1	0
4	21	21,46	0,46	0	0
5	21	21,46	0,46	0	0
6	18	21,46	3,46	1	0
7	19	21,46	2,46	1	0
8	22	21,46	0,54	0	0
9	25,5	21,46	4,04	0	1
10	27	21,46	5,54	0	1
11	19,5	21,46	1,96	0	0
12	22,5	21,46	1,04	0	0
13	20	21,46	1,46	0	0
14	17,5	21,46	3,96	1	0
15	19	21,46	2,46	1	0
16	16	21,46	5,46	1	0
17	21	21,46	0,46	0	0
18	18,5	21,46	2,96	1	0
19	17,5	21,46	3,96	1	0
20	30,5	21,46	9,04	0	1
21	14	21,46	7,46	1	0
22	35	21,46	13,54	0	1
23	20,5	21,46	0,96	0	0
24	33	21,46	11,54	0	1
25	19,5	21,46	1,96	0	0
Suma	536,5	-	93,64	10	5
M	-	21,46	-	-	-

Tabla N° 31: Eficiencia de aplicación en microaspersión – casas sombra y área de propagación

Tipo de riego	Área (Ha)	Volumen aplicado (m ³)	Necesidades (m ³)	Eficiencia %
Microaspersión	0,025	16,56	15,37	92,81

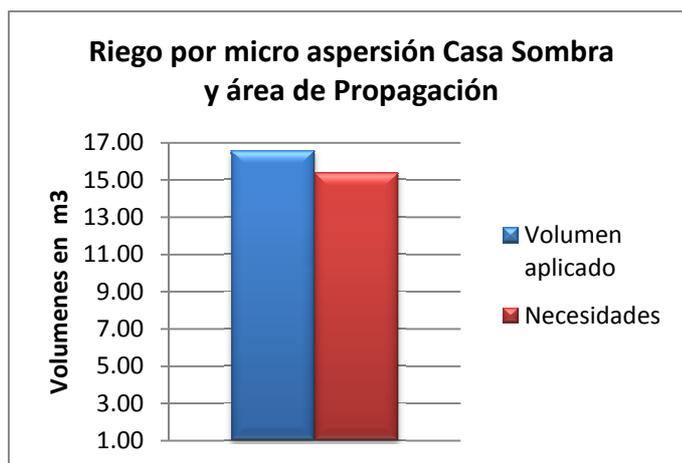


Figura N° 31: Volumen de agua aplicado al cultivo comparado a sus necesidades hídricas en el área de casa sombra y área de propagación

4.2.3 Evaluación del riego por manguera

Durante el periodo de observación de las labores ejercidas dentro del Programa de Ornamentales se pudo constatar que el riego por manguera es el más común en la mayoría de áreas, utilizándose incluso en aquellas que cuentan con un sistema diferente para riego (aspersión y micro aspersión). Consiste en aplicar un riego pesado, con volúmenes diferentes de acuerdo a cada zona.

a) Área de césped

➤ Volumen de agua aplicado

Esta área se riega diariamente y el tiempo de uso que se muestra en la *Tabla N° 32* es el promedio recogido durante la evaluación.

Tabla N° 32: Volumen de agua consumida mensualmente en el área de césped

Zona	Fuente	Caudal (L/h)	Tiempo de uso (h)	Veces por semana	Vol. agua L/semana	Vol. agua L/mes	Vol. agua m ³ /mes
1	PT 24	4479	1	6	26874,028	115558,32	115,56
	PT 25	563	1	1	562,5	2418,75	2,42
	PT 29	2901	1	6	17407,656	74852,92	74,85
2	PT 26	3003	1	6	18015,012	77464,55	77,46
	PT 27	2837	1	6	17019,041	73181,88	73,18
3	PT 28	3074	1	6	18445,773	79316,82	79,32

Usualmente se abre una fuente por zona a la vez, esto con el fin que la presión no se vea afectada. Se tiene que se aplican 422,79 m³/mes, valor que será utilizado para hallar la eficiencia de aplicación.

➤ **Eficiencia de aplicación**

Para determinar la eficiencia de aplicación para este tipo de riego se halló el porcentaje del agua que es requerido por el cultivo con respecto al total de agua aplicada. Los datos se muestran en la en la *Tabla N° 33*.

Tabla N° 33: *Eficiencia de aplicación en el área del césped*

Área	Área (Ha)	Volumen aplicado (m ³)	Necesidades (m ³)	Eficiencia %
Césped	0,162	422,79	143,43	33,92

Se observa que, en función a las necesidades hídricas del área de césped, se realiza una sobre aplicación de agua, que se evidencia con en el agua que discurre por el terreno e incluso forma pequeñas pozas de agua, lo que deriva en una baja eficiencia de aplicación, alcanzando 33,92%, pese a que la conducción del agua hasta esta zona se hace sin mayores pérdidas.

En la *Fig. N° 32* se puede observar que el valor de las necesidades es superada en, aproximadamente, tres veces por el volumen aplicado a los campos de césped dentro del Programa de Investigación en Ornamentales.

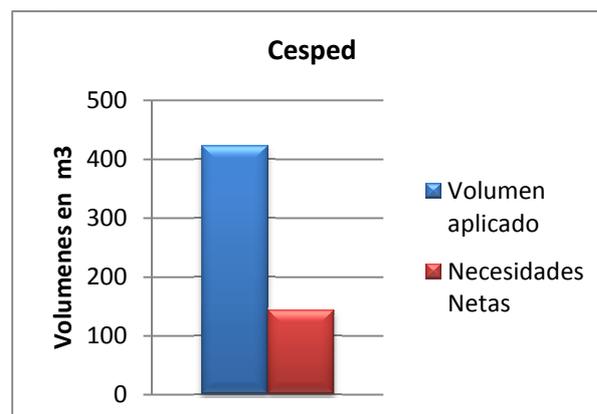


Figura N° 32: *Volumen de agua aplicado al césped comparado a sus necesidades hídricas*

b) Área de flores de corte

➤ **Volumen de agua aplicado**

La frecuencia de riego de esta área es de dos veces por semana y que no necesariamente se riegan todas las zonas un mismo día, pero si se respeta la frecuencia semanal. En la *Tabla N° 34* se muestran los volúmenes de agua aplicados, que asciende en promedio a 161,95 m³/mes, valor que será usado en la determinación de la eficiencia de aplicación.

Tabla N° 34: Volumen de agua consumido mensualmente por el área de flores de corte

Zona	Fuente	Caudal (L/h)	Tiempo de uso (h)	Veces por semana	Vol. agua L/semana	Vol. agua L/mes	Vol. agua m ³ /mes
1	PT 14	3165	1	2	6330	27217,58	27,22
2	PT 15	-	0	0	0	0,00	0,00
3	PT 16	3142	0,5	2	3142	13509,82	13,51
4	PT 17	3118	0,5	2	3118	13405,65	13,41
5	PT 18	3120	0,5	2	3120	13416,00	13,42
6	PT 19	3145	0,5	2	3145	13523,50	13,52
7	PT 08	3150	0,5	2	3150	13545,00	13,55
8	PT 09	3163	0,5	2	3163	13600,90	13,60
9	PT 10	3137	1,0	2	6274	26978,20	26,98
10	PT 11	-	0	0	0	0,00	0,00
11	PT 12	-	0	0	0	0,00	0,00
12	PT 23	3111	1,0	2	6222	26754,60	26,75
13	PT 13	-	0	0	0	0,00	0,00

➤ **Eficiencia de aplicación**

Los datos para el área de flores de corte se muestran en la *Tabla N° 35*. Se observa que la eficiencia de aplicación en el área de Flores de Corte es de 64,42%, que significa una buena eficiencia considerando que se aplica riego superficial.

Tabla N° 35: Eficiencia de aplicación en el área de flores de corte

Área	Área (Ha)	Volumen aplicado (m ³)	Necesidades (m ³)	Eficiencia %
Flores de corte	0,169	161,48	104,02	64,42

En la Fig. N° 33 se aprecia que pese a la buena eficiencia alcanzada en este tipo de riego en la zona se aplica más agua de la que el cultivo necesita, observándose aproximadamente un 55% de exceso respecto a las necesidades netas del cultivo.

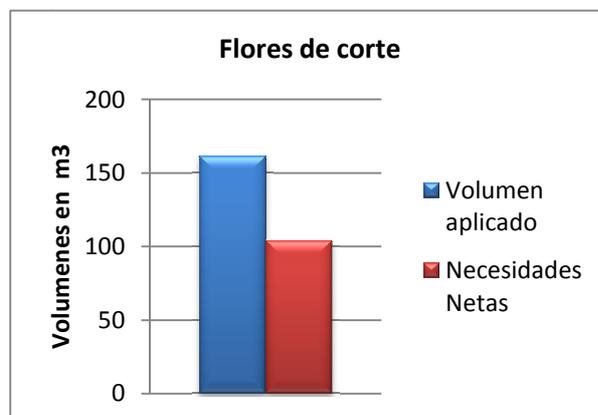


Figura N° 33: Volumen de agua aplicado al cultivo comparado a sus necesidades hídricas en el área de flores de corte

c) Área de compostaje

➤ **Volumen de agua aplicado**

En este caso el riego se efectúa una vez por semana y consiste en llenar por completo las pozas de compostaje que se están utilizando; durante la evaluación bastaba con tres horas para inundar las zonas usadas. El volumen promedio utilizado se muestra en la Tabla N° 36, teniendo un promedio de 30,18 m³/mes.

Tabla N° 36: Volumen de agua consumido mensualmente por el área de compostaje

Zona	Fuente	Caudal (L/h)	Tiempo de uso (h)	Veces por semana	Vol. agua L/semana	Vol. agua L/mes	Vol. agua m ³ /mes
1 a 6	PT 3	2339,18	3	1	7017,54	30175,44	30,18

➤ **Eficiencia de aplicación**

En vista que el fin del llenado de pozas de compostaje con agua es acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica, el volumen de agua que se usa es el necesario y en la mayoría de casos no existe desperdicio de este elemento, pues no se rebasa la capacidad de las pozas, así puede afirmarse que se cuenta con un eficiente sistema en cuanto al uso de agua se refiere.

d) Áreas de trasplante y de plantas madre

➤ **Volumen de agua aplicado**

En este caso el riego se efectúa tres veces por semana y consiste en la aplicación directa sobre las bolsas ubicadas dentro de las cunas en el área de trasplante y riego por inundación en el área de plantas madre. El volumen promedio utilizado se muestra en la *Tabla N° 37*. Se tiene un consumo mensual de agua de 148,63 m³/mes.

Tabla N° 37: Volumen de agua consumido mensualmente por las áreas de trasplante y plantas madre

Zona	Fuente	Caudal (L/h)	Tiempo de uso (h)	Veces por semana	Vol. agua L/semana	Vol. agua L/mes	Vol. agua m ³ /mes
1 a 6	PT 1	2168	2	3	13008,13	55934,96	55,93
	PT 2	2339	2	3	14035,09	60350,88	60,35
	PT 3	1253	2	3	7520,89	32339,83	32,34

➤ **Eficiencia de aplicación**

Los datos para las áreas de trasplante y de plantas madre se muestran en la *Tabla N° 38*.

Tabla N° 38: Eficiencia de aplicación en el área de plantas madre y el de trasplante

Área	Área (Ha)	Volumen aplicado (m ³)	Necesidades (m ³)	Eficiencia %
Trasp. y plantas madre	0,082	148,63	72,67	48,89

En la *Fig. N° 34* se observa que, como en los casos anteriores, existe un mal uso del recurso hídrico. Esta vez se aplica un excedente que equivale al 100% de las necesidades netas en las áreas de Plantas Madre y de Trasplante, reflejando la tendencia del uso excesivo del agua que se da en todo el programa.

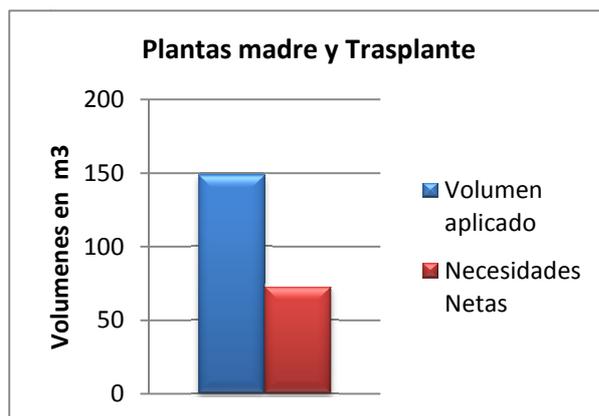


Figura N° 34: Volumen de agua aplicado al cultivo comparado a sus necesidades hídricas en el área de plantas madre y trasplante

4.2.4 Comparación de volúmenes aplicados y necesidades netas por tipo de riego

En resumen, considerado los distintos tipos de riego y áreas evaluadas, se tiene la Fig. N° 35, donde se muestran las diferencias entre los volúmenes aplicados y necesidades netas para cada tipo de riego.

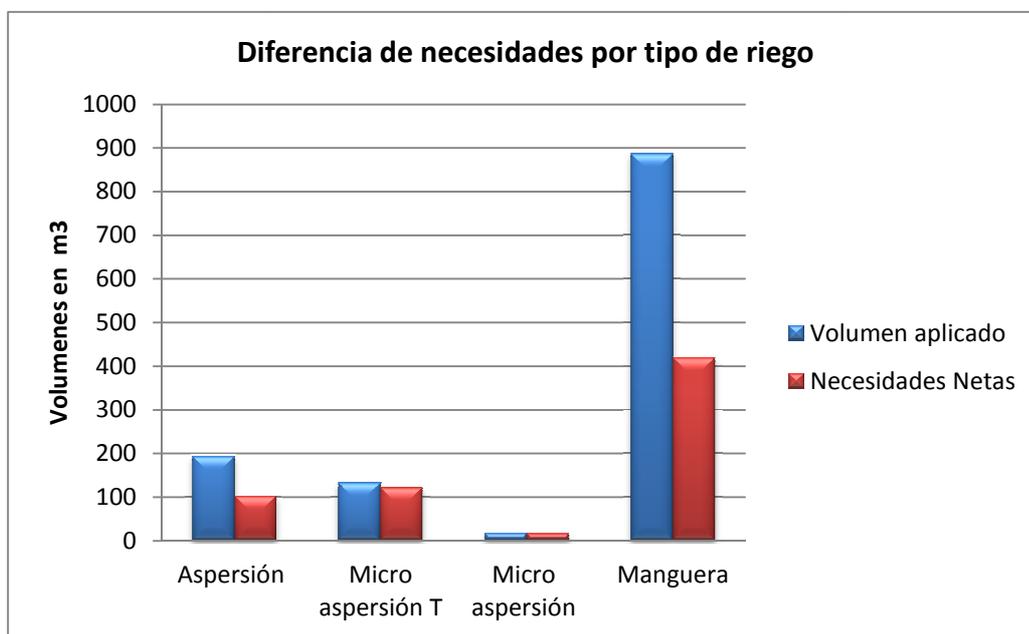


Figura N° 35: Comparación de volúmenes de agua por tipo de riego

En la Fig. N° 36 se muestra el volumen total aplicado en el riego, comparado con el volumen total mensual requerido por los cultivos en el Programa de Investigación en Ornamentales.

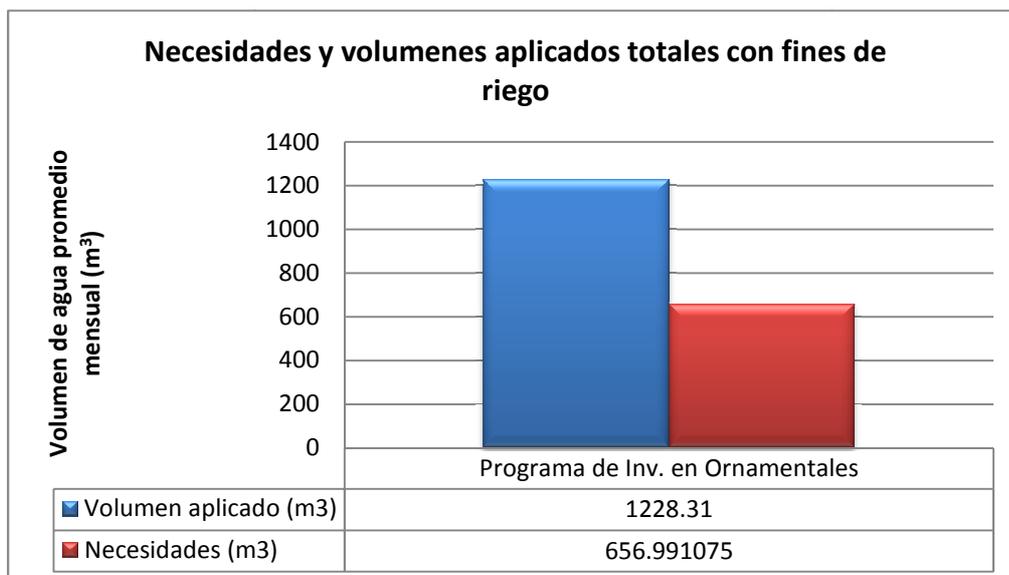


Figura N° 36: Volumen total aplicado comparado con el volumen total mensual requerido por el Programa

4.3 EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA PARA ACTIVIDADES DISTINTAS AL RIEGO

Dentro de las actividades que consumen agua dentro del Programa se identificaron, además del riego, actividades como uso administrativo (servicios higiénicos), riego de vías (para eliminar el polvo) y aplicaciones de agroquímicos. Para la evaluación de estas actividades se utiliza el indicador de consumo de agua.

4.3.1 Agua de consumo poblacional

El indicador de consumo de agua por parte del personal del Programa de Investigación en Ornamentales se ha determinado a partir de los caudales de los aparatos sanitarios, la frecuencia y tiempo de uso de los mismos (*Tabla N° 39*).

El índice de consumo de agua (*Tabla N° 40*) considera un número de usuarios equivalente a 50 personas, pese a que el número de trabajadores sólo es de 10, debido a que en el Programa también se dictan clases de teoría y práctica a alumnos de la UNALM, además de brindar asesoría y cursos extracurriculares a terceros, por lo que el número de usuarios de los servicios higiénicos en promedio semanalmente es de 50 personas, incluyendo los 10 trabajadores.

Tabla N° 39: Caudales de aparatos sanitarios

Servicios Higiénicos	Caudal (L/descarga)	Caudal (L/hr)	Tiempo uso prom. (hr)	Veces por semana	Vol. agua L/semana	Vol. agua L/mes	Vol. agua m ³ /mes
Inodoro mujeres	9,00	-	-	100,00	900,00	3870,00	3,87
Inodoro varones	7,00	-	-	90,00	630,00	2709,00	2,71
Lavamanos M	-	700,73	2,00	6,00	8408,76	36157,66	36,16
Lavamanos V	-	70,12	1,00	6,00	420,72	1809,12	1,81
Ducha M	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ducha V	-	1010,05	3,00	6,00	18180,97	78178,16	78,18
Total					28540,45	122723,94	122,72

Tabla N° 40: Índice de consumo de agua por trabajador

Consumo de agua mensual (m ³)	N° de usuarios	Índice de consumo de agua (m ³ /trab./mes)	Índice de consumo de agua (L/trab./día)
122,72	50	2,45	81,82

4.3.2 Agua consumida para fines diversos

Además del uso de servicios sanitarios existe un punto de agua que sirve para fines diversos, denominado “Lavatorio”, que es alimentado con agua de la Fuente 2 (agua de pozo). De este punto se realiza el riego de vías (con ayuda de una manguera), limpieza de herramientas, entre otros. Las mediciones se presentan en la *Tabla N° 41*.

Tabla N° 41: Volumen de agua usado en lavatorio para fines diversos

Lavatorio	Caudal (L/hr)	Tiempo uso prom.	Veces por semana	Vol. agua L/semana	Vol. agua L/mes	Vol. agua m ³ /mes
Fines diversos	804,02	4,00	6,00	19296,48	82974,87	82,97
Lavado de vías	804,02	0,25	6,00	1206,03	5185,93	5,19
Total				20502,48	88160,80	88,16

Se puede observar que el volumen de agua utilizado para fines diversos es significativo, comparándolo con el consumo poblacional, además de ser la actividad en la que más agua se desperdicia, pues más del 50% de esta agua va al alcantarillado, según la Autoridad Nacional del Agua, en El agua en cifras (2012).

4.3.3 Agua consumida durante la preparación de las aplicaciones

Para la preparación de agroquímicos que se aplican en los diversos campos del Programa también se utiliza el “Lavatorio”. La cantidad de agua que se utiliza en esta actividad se presenta en la *Tabla N° 42*.

Tabla N° 42: Volumen de agua usado en preparación de agroquímicos

Equipo	Aplicaciones / semana	Capacidad (L)	N° de equipos	Vol. L/sem	Vol. L/mes
Mochila A	2	22	4	176	756,8
Mochila B	2	20	5	200	860
Aspersor	2	5	3	30	129
Total				406	1745,8

En vista de que la preparación de las mochilas y los aspersores de mano se hacen con volúmenes ya conocidos y se toma agua directamente del punto con la ayuda del grifo, no existiendo mayores desperdicios, se puede decir entonces que ésta actividad es la que menos agua requiere y también es en la que menos agua se desperdicia.

4.3.4 Comparación de volúmenes de agua utilizados en actividades distintas al riego

La *Fig. N° 37* compara los volúmenes de agua usados en las actividades distintas al riego, en el Programa de Investigación en Ornamentales.

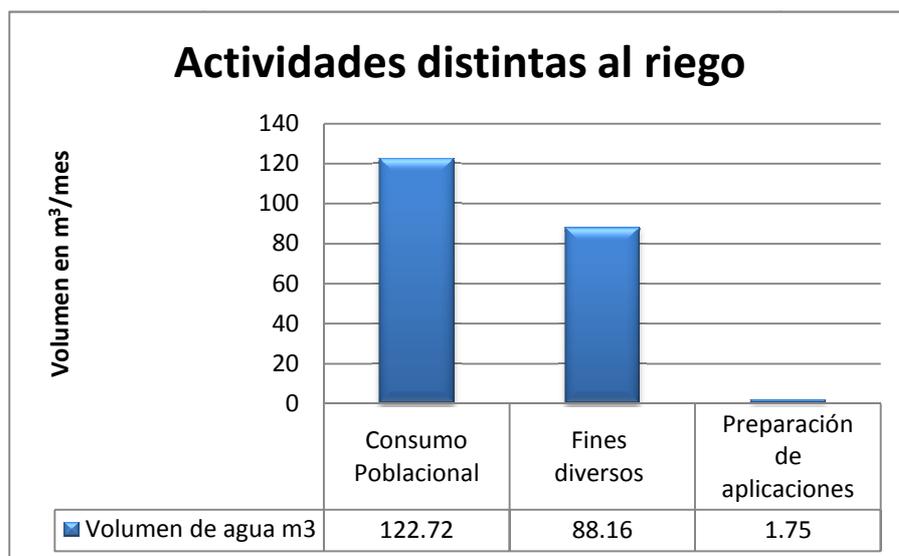


Figura N° 37: Volumen de agua usado en actividades distintas al riego

El promedio mensual de agua consumida para fines distintos al riego es de 212,63 m³, con lo que en promedio el consumo anual asciende a 2551,56 m³, de los cuales el mayor consumo se realiza durante el uso poblacional.

4.4 ACTIVIDADES CONTRARIAS A LA ECOEFICIENCIA EN EL CONSUMO DEL RECURSO HIDRICO

Dentro del Programa se pudo constatar que existen actividades contrarias a la ecoeficiencia en el consumo del recurso hídrico, las cuales se muestran a continuación.

4.4.1 Suministro de agua en el riego

Pese a que el Programa cuenta con una red interna entubada de distribución de agua y que el riego se efectúa de manera regular, cumpliendo con turnos y días de la semana específicos para esta actividad y que además cuenta con sistemas de riego a presión, que resultan ser más ecoeficientes que el riego por inundación respecto al consumo de agua, se encontraron las siguientes deficiencias:

a) Infraestructura

El ingreso del agua al Programa se realiza los días martes y ocasionalmente los jueves de cada semana a través de un canal que no está revestido, lo que ocasiona pérdidas por infiltración y rebose del agua (*Fig. N° 38*).



Figura N° 38: Punto de ingreso de agua al área del Programa

La falta de una estructura que sirva como desarenador se hace sentir cuando el agua hace su ingreso al reservorio del Programa, arrastrando en su cauce sedimentos que ocasionan problemas en las redes de distribución, en los equipos del riego presurizado y en reservorio en sí. Además el ingreso no cuenta con rejillas adecuadas para la retención de material grueso, tales como hojas, ramas, bolsas, etc. (Fig. N° 39).



Figura N° 39: Canal de conducción sin revestir y con presencia de material grueso

b) Riego por manguera

Las conexiones de las mangueras a los puntos de toma de agua no son completamente herméticas lo que significa una pérdida de agua, a manera de chorro, en la conexión, también existen mangueras en mal estado que presenta cortes y rajaduras, por donde se pierde agua durante el riego (Fig. N° 40).



Figura N° 40: Conexión de punto de agua a manguera en el área de plantas de sol

El riego se efectúa teniendo como consideración básica la experiencia del regante y no las necesidades hídricas del cultivo; lo que deriva, en la mayoría de veces, en un uso excesivo de agua. El riego por manguera depende enteramente de la destreza del operario, el mismo que, para cumplir con todas sus actividades, deja las mangueras en el cabezal de los surcos y las camas (según sea el caso y la zona), discurriendo el agua hasta empozarse e incluso se producen reboces en el pie del mismo (*Fig. N° 41*).



Figura N° 41: Rebose de agua en el área de césped

En el caso del área de césped el agua se empoza en las partes más bajas e incluso escurre a las vías y el reservorio, lo que significa que el riego no es uniforme y ocasiona desperdicio del agua (*Fig. N° 42*).



Figura N° 42: Acumulación de agua en la parte más baja en el área de césped

Una vez terminado el riego la manguera se deja fuera de la zona regada y sigue discurriendo el agua por aproximadamente 10 minutos en promedio, esto mientras se acude a la llave o mientras se realizan otras actividades.

c) Riego a presión

En el caso del riego a presión las acciones contrarias a la ecoeficiencia del consumo de agua se centran en los componentes del sistema, como fallas en los microaspersores, fugas en las mangueras de conducción (cortes y rajaduras) y taponamiento de salidas debido al sedimento arrastrado.

En el área de tinglado, donde se cuenta con sistema de microaspersión, existen varias fugas en las mangueras y zonas en las que los emisores no funcionan correctamente, lo que deriva en fugas a manera de chorro. También se observa que algunos emisores mojan el techo del tinglado, representa pérdidas porque no es agua que se aplica en forma de riego.

4.4.2 Suministro de agua para uso administrativo (servicios higiénicos)

La primera observación contraria a la ecoeficiencia en el consumo del recurso hídrico es el mal estado en que se encuentran los grifos ubicados en los servicios sanitarios, los que presentan fugas.

Los sanitarios tienen sistemas que utilizan una gran cantidad de agua por descarga efectuada, lo que califica como un nivel de ecoeficiencia bajo. Además presentan fugas constantes porque el sistema de descarga tiene fallas.

Sobre el uso de los lavamanos, los trabajadores manifiestan que no cierran el grifo mientras se jabonan las manos, lo que significa una pérdida de aproximadamente 20 L por cada ejercicio. Además se observó que la cuarta parte del total de usuarios mensual (15) deja el grifo parcialmente abierto.

4.4.3 Equipo de bombeo

El equipo de bombeo presenta fugas de agua a través de los anillos de filtración y en las tuberías que conectan la bomba con el sistema de filtración (*Fig. N° 43*). Estas fugas equivalen a 5L/semana.



Figura N° 43: Equipo de bombeo y recolección del agua de las fugas

4.5 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN REALIZADA

Los puntos más resaltantes de la evaluación realizada al Programa de Investigación en Ornamentales se detallan a continuación:

- De la descripción realizada en la línea de base, existen tres (03) actividades que consumen agua en el Programa: riego, uso poblacional y preparación de aplicaciones agroquímicas. Para cubrir esta demanda existen tres (03) fuentes: Fuente 1: agua de reservorio, Fuente 2: agua de pozo y Fuente 3: agua potable exclusiva para el área de propagación.
- El volumen de agua aplicado con fines de riego a los campos del Programa asciende a 14739,7 m³/año (1228,3 m³/mes), mientras que las necesidades netas anuales ascienden a 7883,9 m³/año (657 m³/mes). Cifra que representa el 53,5% del agua aplicada, lo que indica la necesidad de hacer un riego más eficiente para reducir el superávit de riego que existe en el Programa.
- El consumo de agua con fines administrativos asciende a 2530 m³/año (210,9 m³/mes), de los cuales 1475 m³/año se dedican a uso exclusivo de los trabajadores y visitantes (servicios higiénicos), con lo que el índice de consumo poblacional es de 82 L/hab/día.

- El consumo de agua con fines de preparación de aplicaciones para fumigación es de 20,9 m³/año.
- Los aparatos sanitarios (inodoros, ducha y lavatorio de uso múltiple) presentan bajo nivel de ecoeficiencia, mientras que los lavamanos presentan un nivel medio.
- El equipo de bombeo, que usa agua de la Fuente 1 y que se emplea en las actividades de riego, cubre las necesidades del Programa, sin embargo no cuenta con un calendario de mantenimiento preventivo ni de control.
- El análisis de agua proveniente de la Fuente 1 indica que es clasificación C2-S1 y según el análisis de metales pesados, no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.
- El análisis de agua proveniente de la Fuente 2 indica que es clasificación C4-S1; del análisis de metales pesados, los valores de cadmio y plomo representan 7,4 y 3,7 veces más lo establecido por el ECA, por lo que no es recomendable que los usuarios se expongan directamente a esta fuente. Según el análisis de coliformes fecales y totales esta agua no es apta para el consumo humano sin tratamiento.
- El agua potable utilizado para el abastecimiento del área de propagación tiene una clasificación C3-S1.
- El costo de agua asumido por el Programa asciende a S/. 3934,4; de los cuales S/. 2781,5 corresponde a la Fuente 1 (S/. 656,1 por cuota uso de agua, S/. 630,4 por cuota de recorrido, herramientas; y S/. 1495 correspondiente al bombeo) y S/. 1152,9 de la Fuente 3 (S/. 800 de la adquisición de agua con cisterna y S/. 352,9 correspondiente al bombeo).
- El riego por aspersión presenta un coeficiente de uniformidad de 77,4%, por lo que se le considera admisible. En promedio 52% del total de zonas regadas bajo este sistema tiene déficit de agua, 28% tiene exceso de riego, dejando sólo 20% de las zonas con un riego óptimo.
- El riego por microaspersión presenta en el área de tinglado un coeficiente de uniformidad de 86,5%, considerándolo bueno. En promedio 32% del total de zonas regadas bajo este sistema tiene déficit de agua, 36% tiene exceso de riego, dejando 32% de las zonas con un riego óptimo. En el área casas sombra este sistema de

riego tiene un coeficiente de uniformidad de 82,5%, considerado bueno. En promedio 40% del total de zonas regadas en esta área tiene déficit de agua, 20% tiene exceso de riego, dejando 40% de las zonas con un riego óptimo.

- Los equipos de bombeo, tanto de la Fuente 1 como de la Fuente 3, no cuentan con un calendario de mantenimiento preventivo.

4.6 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE ECOEFICIENCIA PARA EL CONSUMO DEL AGUA

4.6.1 Buenas prácticas ambientales e innovaciones en el sistema de riego

a) Ahorro de agua y riego del cultivo

- Como primer paso a considerar, para encaminar las actividades dentro del Programa hacia una buena praxis ambiental, es brindar charlas de sensibilización a los trabajadores del Programa, acerca de la importancia en el cuidado del agua para se vean involucrados en el mejor uso del recurso hídrico.
- Incentivar a la población usuaria de los espacios y servicios que brinda el Programa acerca de la importancia del cuidado del recurso hídrico, mediante charlas de inducción (en el caso de los cursos) y letreros, anuncios y material visual alusivo al cuidado del agua, distribuidos dentro de las distintas áreas del Programa.
- Determinar los requerimientos de agua de los cultivos para lograr una eficiencia de riego más alta, es decir un tiempo de riego más exacto y mejor distribución del recurso hídrico en el área que se riega.
- Recubrir los canales de ingreso de agua hacia la Fuente 1 (reservorio).
- Instalar un pozo desarenador en la línea del canal de ingreso al Programa para evitar la entrada de sedimentos, así como colocar rejillas a la entrada y antes del reservorio, para minimizar la presencia de material grueso.
- Instalar acoples y abrazaderas que hagan herméticas las conexiones entre los puntos de toma de agua y las mangueras.
- Usar sólo las mangueras que se encuentren en buen estado, dejando de lado aquellas que presenten cortes y rajaduras.
- Cerrar las llaves de los puntos de agua inmediatamente se termine con el ejercicio, evitando así desperdicios por desuso.

- En vista de que el Programa de Investigación en Ornamentales, en un esfuerzo por lograr un riego más eficiente y uniforme en sus área de riego a presión, cambió los emisores de microaspersión y que pese a este cambio aún se observan fallas en las líneas de conducción (tales como rajaduras, cortes y perforaciones) y en los mismos emisores (taponamiento), es necesario realizar una renovación integral del sistema de riego por microaspersión en el área de Tinglado, Casa Sombra 1, Casa Sombra 2 y en el área de Propagación, para evitar mayores pérdidas de agua y nuevos materiales de reemplazo.

b) Suministro de agua para uso administrativo

- Sensibilizar a los trabajadores sobre la importancia del eficiente uso del agua, efectuando el cierre de los grifos y duchas durante el uso del jabón y otros detergentes en las actividades de aseo personal; ya que de esta forma se podrían ahorrar aproximadamente 20 m³ de agua al mes.
- Indicar, mediante avisos visuales, el cierre completo del grifo al finalizar el aseo y lavado de manos.
- Cambiar los grifos de los lavamanos en los servicios higiénicos, pues éstos se encuentran en mal estado.
- En vista que los sanitarios presentan fugas, éstos se deben cambiar por otros que utilicen un menor volumen de agua por descarga y que tengan un sistema diferenciado de descarga (dos botones), es decir que sean más ecoeficientes.

c) Equipo de bombeo

- Capacitar a los trabajadores sobre el uso correcto del equipo de bombeo en función a las pérdidas de agua que éste podría presentar (desajustes en las uniones, limpieza y mantenimiento de filtros, etc.).
- Monitorear y denunciar las fugas de agua que existen en el equipo de bombeo.

4.6.2 Indicadores de gestión del recurso hídrico

Los indicadores de gestión son herramientas que se podrán utilizar para medir el éxito del Programa de Ecoeficiencia, puesto que miden el desempeño de los resultados obtenidos y compara la situación deseada con la actual. Estos resultados deberán ser

cuantificables, presentándose a continuación los indicadores según el fin del consumo de agua (riego, administrativo, equipo de bombeo).

a) Suministro de agua y riego del cultivo

- Porcentaje del total de personal que labora en el Programa que recibe charlas de sensibilización acerca del cuidado del agua.
- Número de letreros y carteles colocados en los campos y puntos de toma de agua.
- Número de áreas cultivadas de las que se saben las necesidades netas de agua (requerimiento de agua).
- Porcentaje de canales recubiertos.
- Existencia de un desarenador.
- Porcentaje de conexiones punto de agua – manguera que ya fueron cambiadas por otras de tipo hermético.
- Porcentaje de mangueras en condiciones de “bueno” o “excelente”. Cambiar las mangueras que no cumplan con estas condiciones.
- Tiempo de cierre de puntos de toma de agua, luego de cumplirse el turno correspondiente, debe ser menor a tres (03) minutos.
- Renovación integral del sistema de riego del Tinglado.

b) Suministro de agua con fines de uso administrativo

- Porcentaje del total de personal que visita el Programa que recibe charlas de sensibilización acerca del cuidado del agua.
- Número de letreros y carteles colocados en los servicios higiénicos y puntos de toma de agua de acceso al público.
- Porcentaje de grifos cambiados.
- Porcentaje de aparatos sanitarios cambiados.
- Consumo mensual de agua para uso del personal (m³/mes) – consumo poblacional.

c) Equipos de bombeo

- Cumplimiento de mantenimiento preventivo de los equipos de bombeo y sus componentes. Elaboración de un calendario de mantenimiento preventivo.

4.6.3 Programa de ahorro de agua

Con fines de lograr un mejor manejo del recurso hídrico y hacer un uso ecoeficiente del agua dentro del Programa de Investigación en Ornamentales y que esto derive en un ahorro económico y de recursos, en la *Tabla N° 43* se presenta un programa de ahorro de agua, en el que se muestran, diferenciados por actividades, los distintos objetivos, indicadores, acciones necesarias y un estimado del costo y los periodos de implementación de las acciones a realizarse.

Tabla N° 43: Programa de ecoeficiencia para el Programa de Investigación en Ornamentales

CONSUMO DE AGUA (RIEGO DEL CULTIVO Y BOMBEO)					
Objetivo	Reducir el consumo de agua y hacer un uso eficiente del mismo.				
Meta(s)	Aumentar las eficiencias de distribución y aplicación en el riego; y reducir las pérdidas de agua por fugas y malos usos en las zonas de cultivos y sus puntos de toma de agua.				
Acciones a realizarse	Indicador	Responsables	Recursos necesarios	Fecha programada	Beneficio
Brindar charlas de sensibilización al personal permanente del Programa	Porcentaje del total de personal que labora en el Programa que recibe charlas de sensibilización acerca del cuidado del agua.	Jefe del Programa	S/. 500	Primer trimestre 2014	Lograr un uso más eficiente del recurso hídrico por parte del personal que labora en el Programa
Colocar letreros y carteles con frases alusivas al cuidado del agua en los campos del Programa	Número de letreros y carteles colocados en los campos y puntos de toma de agua en los campos de cultivo.	Jefe del Programa	S/. 500	Primer trimestre 2014	Lograr un uso más eficiente del recurso hídrico por parte del personal que visita el Programa
Estimar necesidades hídricas por áreas, considerando tipo de plantas y periodos vegetativos	Número de áreas cultivadas de las que se saben las necesidades netas de agua (requerimiento de agua).	Jefe del Programa	S/. 400	Primer trimestre 2014	Conocer las necesidades exactas de los cultivos para estimar tiempos exactos para turnos de riego

Recubrir el canal de ingreso de agua al reservorio del Programa y demás canales de distribución	Porcentaje de canales recubiertos.	Jefe del Programa / Convenios	S/. 8 000.00	Segundo trimestre 2014	Evitar infiltración y pérdidas de agua dentro del Programa y el alza de la napa freática
Construir un desarenador	Existencia de un desarenador.	Jefe del Programa / Convenios	S/. 1 500.00	Segundo trimestre 2014	Minimizar costos de tratamiento del reservorio y evitar daños a las bombas de agua
Cambiar conexiones en puntos de toma de agua	Porcentaje de conexiones punto de agua – manguera que ya fueron cambiadas por otras de tipo hermético.	Jefe del Programa	S/. 840.00	Primer trimestre 2014	Evitar pérdidas de agua
Cambiar las mangueras en mal estado (aprox. 120 m)	Porcentaje de mangueras en condiciones de “bueno” o “excelente”. Cambiar las mangueras que no cumplan con estas condiciones.	Jefe del Programa	S/. 200.00	Primer trimestre 2014	Evitar pérdidas de agua
Cumplir con los turnos de riego establecidos.	Tiempo de cierre de puntos de toma de agua luego de cumplirse el turno correspondiente, que sea menor a tres (03) minutos.	Trabajador encargado del riego	-	Primer trimestre 2014	Evitar pérdidas de agua
Renovación integral del sistema de riego del Tinglado.	Estado del sistema de riego del Tinglado	Jefe del Programa	S/. 1810.00	Tercer trimestre 2014	Evitar pérdidas de agua

CONSUMO DE AGUA (ACTIVIDADES DISTINTAS AL RIEGO)					
Objetivo:	Reducir el consumo de agua y hacer un uso eficiente del mismo.				
Meta(s):	Aumentar las eficiencias de distribución y aplicación en las actividades distintas al riego; y reducir las pérdidas de agua por fugas y malos usos en el uso administrativo.				
Acciones a Realizarse	Indicador	Responsables	Recursos necesarios	Fecha programada	Beneficio
Brindar charlas de sensibilización a los visitantes del Programa	Porcentaje del total de personal que visita el Programa que recibe charlas de sensibilización acerca del cuidado del agua.	Jefe del Programa	S/. 400.00	Primer trimestre 2014	Lograr un uso más eficiente del recurso hídrico por parte del personal que visita el Programa
Colocar letreros y carteles con frases alusivas al cuidado del agua en los SSHH y puntos de toma de agua	Número de letreros y carteles colocados en los SSHH y puntos de toma de agua de acceso al público.	Jefe del Programa	S/. 200.00	Primer trimestre 2014	Lograr un uso más eficiente del recurso hídrico

Cambiar grifos de aparatos sanitarios por grifos temporizados e instalar inyectoros de aire para reducir caudales. Instalar duchas ahorradoras tipo Skimpy B28456	Porcentaje de grifos cambiados.	Jefe del Programa	S/. 310.00	Primer trimestre 2014	Lograr un uso más eficiente del recurso hídrico
Cambiar aparatos sanitarios tipo One Piece, de dos botones	Porcentaje de aparatos sanitarios cambiados.	Jefe del Programa	S/. 640.00	Primer trimestre 2014	Se logra una eficiencia media por contar con doble botonera que permite la descarga de dos caudales diferentes en caso de sólidos o líquidos.
Elaboración de un calendario de mantenimiento preventivo.	Cumplimiento de mantenimiento preventivo de los equipos de bombeo y sus componentes.	Jefe del Programa	S/. 200.00	Primer trimestre 2014	Conocer el estado de los equipos de bombeo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La infraestructura encargada de la recepción y conducción del ingreso del agua de riego a la Fuente 1 es deficiente.
- La infraestructura de la distribución del agua a las distintas áreas del Programa es eficiente, debido a que el Programa cuenta con una red entubada.
- La distribución y funcionamiento de los aspersores en el Programa es buena, sin embargo existen áreas, bajo éste tipo de riego, carentes de cultivo; lo que significan pérdidas.
- El sistema de microaspersión en el área de Tinglado es deficiente. Es necesario renovar íntegramente tuberías y accesorios.
- Los conectores entre mangueras y puntos de toma de agua no son herméticos y presentan fugas.
- El riego se realiza sin ajustarse a las necesidades de los cultivos, presentándose exceso en el uso del recurso agua.
- Los equipos de bombeo no cuentan con un calendario de mantenimiento preventivo.
- Inodoros, ducha y lavatorio de uso múltiple presentan bajo nivel de ecoeficiencia, mientras que los lavamanos presentan un nivel medio.
- Con las medidas de ecoeficiencia, el costo asumido por el Programa se reduciría en el rubro “bombeo” pese a no reducirse la cuota de agua por ser una tarifa proporcional al área regada.
- La implementación del programa de ecoeficiencia asciende a un costo de S/. 15500.

5.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar el Programa de ecoeficiencia presentado en éste documento.
- Brindar charlas de concientización de importancia del agua y su correcto uso.
- Ajustar los tiempos de riego en función a las necesidades netas de los cultivos para hacer el riego más eficiente.
- Realizar el cambio integral del sistema de riego por aspersión del tinglado, el cual deberá incluir mangueras y emisores de micro aspersión.
- Realizar la instalación de nuevas conexiones punto de agua – manguera, para hacerlas herméticas.
- Implementar riego por aspersión en todas las zonas del área de césped.
- Cubrir la necesidad de un desarenador a la entrada de ingreso de agua de la Fuente 1: reservorio y estudiar la posibilidad de revestir este canal de ingreso.
- Evaluar la posibilidad de dar tratamiento anti algas y organismos acuáticos a la Fuente 1: reservorio.
- Realizar el cambio de aparatos sanitarios, duchas y grifos de los servicios higiénicos para el ahorro de agua.
- Realizar un calendario de mantenimiento preventivo para los equipos de bombeo y filtración del Programa y cumplir con él.
- Realizar monitoreo de la calidad de agua de todas las fuentes de agua de la UNALM.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Adar, E. (2011). Seminario “Sustentabilidad del agua”. Consultado 15 de mayo del 2013. Disponible en: <http://chiletodos.cl/html/index.php/comonent/content/article/8-cumbre-del-agua/109-eilon-adar-experto-israeli-en-gestion-de-aguas>
- AGROKASA (2011). Proyecto ecoeficiente “Ahorro de agua en los fundos Santa Rita y La Catalina de AGROKASA en el Valle de Ica”. Consultado el 31 de abril 2013. Disponible en: <http://www.agrokasa.com.pe/news/bases.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua - ANA (2009). Importancia de los recursos hídricos en el Perú.
- Autoridad Nacional del Agua - ANA (2012). El agua en cifras. Consultado el 27 de agosto del 2013. Disponible en: <http://www.slideshare.net/hugogc/per-el-agua-en-cifras>
- Barreto G. (1973). Proyecto experimental do un sistema do irrigación por goteo. Secretaría de Agricultura do Estado do Sao Paulo, Brasil.
- Christiansen (1942). Irrigation by Sprinkling. California Agric.Exp.Sta. Bul.670 Berkeley, Universidad de California. USA.
- Confederación Nacional de Instituciones Empresariales Privada - CONFIEP (2012). Ganadores del premio ecoeficiencia empresarial 2012. Consultado el 29 de abril 2013. Disponible en: <http://confiep.org.pe/articulos/2969-conozca-a-los-ganadores-del-premio-ecoefficiencia-empresarial-2012>
- Congreso de la República (1997). Ley N° 26821. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. Lima, Perú.
- Congreso de la República (2009). Ley N°29338. Ley de Recursos Hídricos. Lima, Perú.
- Consejo Insular de Aguas La Palma - CIALP (2009). Publicación “Campaña de ahorro de agua 2009”. Consultado el 06 de mayo 2013. Disponible en: http://www.lapalmaaguas.es/index.php?option=com_content&task=view&id=85&Itemid=2
- Copa-Cogega (2009). Documentos sobre el cambio climático “El agua y la agricultura en el contexto de un clima cambiante”. Bruselas, Bélgica. Consultado el 02 de mayo 2013. Disponible en: <http://www.copa-cogeca.be/Factsheets.aspx>

- Food and Agriculture Organization - FAO (2006). 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo “El agua, una responsabilidad compartida”. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado el 07 de mayo 2013. Disponible en: <http://www.aguas.org.mx/sitio/03b01.html>
- Food and Agriculture Organization - FAO (2010). “Evapotranspiración del cultivo”. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado el 03 de mayo 2013. Disponible en: <http://riegs.wordpress.com/2000/05/26/evapotranspiracion-del-cultivo-guias-para-la-determinacion-de-los-requerimientos-de-agua-de-los-cultivos/>
- Fundación Fórum Ambiental (1999). El reto de la Ecoeficiencia, la productividad de los recursos y la ecoinnovación en el sur de la UE (Unión Europea). Barcelona.
- Gaete, L. (2001). Trabajo de titulación: “Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado”. Talca, Chile.
- Guerrero E. (2001). Tesis: “Evaluación del sistema de riego por gravedad en el fundo Don Germán”. UNALM, Lima, Perú.
- Hurtado L. (2002). Fundamentos del riego. Lima, Perú
- Israelsen y West (1922) Capacidad de retención de agua de los suelos de regadío, Utah Agr. Expt. Sta. Bul. 183, 24 p., Illus
- Larry, F. (1998) Manual de aforo de canales y conductos de agua. Santiago, Chile.
- Leal J. (2005). Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias. Santiago de Chile.
- Luján (1992). Eficiencia de Riego. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). España.
- Merriam y Keller (1978). Farm irrigation systems evaluation. A guide for management, 235 pp, UTAH. State University. USA
- Ministerio de Agricultura - MINAG (2012). Plan Estratégico Multianual de Agricultura 2012-2016. Perú.
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2009). Guía de Ecoeficiencia para Empresas. Lima.

- Ministerio del Ambiente - MINAM (2009). “Medidas de ecoeficiencia para Instituciones del sector público”. D.S. N° 009-2009. Lima.
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2009). Política Nacional del Ambiente - PONA. DS N° 012-2009. Lima.
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2010). Ecoeficiencia Empresarial. Lima.
- Ministerio de Justicia (1993). Constitución Política del Perú. Lima, Perú.
- Pérez, F. (1982). Manual de riego localizado. Maracay, Venezuela.
- Programa de la Naciones Unidas para el Ambiente - PNUMA (2012). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial “Agua Dulce”. GEO 5.
- REGAR (2013). Sistemas de riego REGAR en México. Consultado el 16 de mayo 2013. Disponible en: <http://www.rregar.com/>
- Salas, A. (2008). Ingeniería Agroforestal Hidráulica y Riegos. España.
- Tarjuelo, J. M. (1991). El riego por aspersión diseño y funcionamiento. España
- Vásquez, A. y Vásquez, I. (2009). Principios básicos del riego. Perú.
- Wagner, M. (1999). Riego por tuberías a presión. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maracay, Venezuela.
- World Business Council for Sustainable Development - WBCSD (1992). Changing Course.

ANEXOS

ANEXO 01: PLANO ZONIFICACION DEL PROGRAMA EN INVESTIGACION
EN ORNAMENTALES UNALM

ANEXO 02: ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RESERVORIO Y
POZO

ANEXO 03: ANALISIS MICROBIOLOGICO (COLIFORMES TOTALES Y
FECALES) DEL AGUA DE POZO

ANEXO 04: ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CISTERNA

ANEXO 05: APORTES ECONÓMICOS DE USUARIOS DE LA UNALM 2013

GLOSARIO

Patrocinadora:

Ing. Mg. Sc. Rocío Pastor Jáuregui

Equipo ejecutor:

Bach. Marco Antonio Temoche Gutiérrez