



018530 - SWITCH

Sustainable Water Management in the City of the Future

Integrated Project
Global Change and Ecosystems

Deliverable 5.2.4 - Annex 8

LC Analysis of 6 case studies on Urban Agriculture (in Spanish, with English summary)

LC Analysis of 6 case studies of reuse of wastewater (in Spanish, with English summary)

Ld Analysis and demonstration of treatment and re use of waste water in Lima.

Due date of deliverable:
Actual submission date:

Start date of project: 1 February 2006

Duration: 63 months

Organisation name and lead contractor for this deliverable: IPES

Revision [final]

Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2006-2011)		
Dissemination Level		
PU	Public	X
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)	
RE	Restricted to a group specified by the consortium (including the Commission Services)	
CO	Confidential, only for members of the consortium (including the Commission Services)	



5.2.4 Action Research and Demonstrations on the Use of Water for Urban Agriculture *Work package 5.2*

The aim of work package 5.2 is to contribute to a paradigm shift in wastewater management and sanitation towards a recycling-oriented closed loop approach. The work package is being implemented in three cities; Accra, Beijing and Lima, and includes the identification and integration of appropriate productive re-use of urban freshwater, storm and waste-water for agriculture into the policy and planning frameworks of these cities.

The deliverables of the work package follow a sequence of implementation. Based on a situation and stakeholder review (del. 5.2.1), working groups are formed, meet and are linked to the Learning alliances (del. 5.2.2), they receive training in multi-stakeholder action planning (del. 5.2.3 A), and are involved in, and informed on, specific research by consultants, MSc and PhD or action research linked to the demonstrations, (all under del. 5.2.4). Information has been disseminated in publications, magazines and newsletters (del. 5.2.5), and guidelines and related training material has been developed (del 5.2.3 B and C). The leading institutes here are ETC (WP coordinator), IWMI (Accra), IGSNRR (Beijing) and IPES (Lima), other institutions involved were WUR, IRC and NRI- GUEL.

As part of deliverable 5.2.4, this product contains reports on treatment and urban agriculture reuse cases in Lima.

Contributing products included in this document are:

5.2.4 Lb Analysis of 6 case studies on Urban Agriculture IPES. 2008. (in Spanish, with English summary)

5.2.4 Lc Analysis of 6 case studies of reuse of wastewater IPES. 2008. (in Spanish, with English summary)

5.2.4 Ld Analysis and demonstration of treatment and re use of waste water in Lima. Castro, Merzthal, Bustamente. 2008.

Análisis Comparativo de los Estudios de Caso de Agricultura Urbana en Lima Metropolitana

Lima, Perú
junio 2008

ANALISIS COMPARATIVO DE LOS CASOS DE AGRICULTURA URBANA

0. INTRODUCCION

El presente documento es elaborado en el marco del proyecto global SWITCH *“Manejo Sostenible del Agua para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana”*.

Una de las ciudades seleccionadas para este proyecto es Lima, la cual junto a Accra (África) y Beijing (China) forman parte del tema 5 y vienen ejecutando el sub tema referente al **Uso del agua para agricultura urbana y otras oportunidades para la mejora en el estilo de vida**.

IPES como responsable de la ejecución de SWITCH- LIMA y consciente de la importancia de la agricultura urbana y del agua, se encuentra impulsando y liderando este proyecto en alianza con el Ministerio de Vivienda del Perú.

1. ANTECEDENTES

Como parte de las actividades de investigación del proyecto SWITCH Lima se elaboró el Panorama de agricultura urbana en la ciudad de Lima.

En base a la búsqueda de información y contactos claves y con experiencia en el tema, así como las fuentes bibliográficas se realizaron reuniones de trabajo y discusión del equipo de investigación y asesores se elaboró la primera lista de inventario de experiencia de agricultura urbana en la ciudad de Lima

En este proceso se identificaron un total de 42 experiencias, incluyendo información sobre el nombre de la experiencia, ámbito de acción, actores, ubicación, área total y fuente de agua. Los datos obtenidos de este inventario fueron ordenados y son presentados 2 cuadros correspondientes a una primera clasificación entre experiencias intraurbanas (26) y experiencias periurbanas (16).

En este inventario se reconoce a la agricultura periurbana, como aquella que se ubica alrededor del cinturón urbano de la ciudad y que comprende áreas de cultivo que sobreviven a la expansión urbana y cuya producción está orientada principalmente hacia el mercado. Por otro lado, se reconoce como agricultura intraurbana a la que se desarrolla dentro de la ciudad, mayormente por iniciativa de los grupos urbanos organizados para el enverdecimiento de la ciudad o para volver productivas áreas subutilizadas con fines de seguridad alimentaria, de ornato, salud, educativas, recreacionales y generación de ingresos.

Se realizó una selección de experiencias, en base a la composición del inventario inicial, para realizar una caracterización detallada en base a las siguientes dimensiones de análisis:

- **Institucionales:** ámbito de ubicación, participación de actores y propósito de la experiencia.
- **Técnicos:** Sistema de producción, Nivel de producción y eficiencia del sistema, características y manejo del espacio productivo.
- **Socio culturales:** Población participante, aspectos cualitativos, actitud de la población hacia la agricultura urbana y percepción de la agricultura urbana por los pobladores.
- **Económicos:** Presupuesto, destino de la producción, costos de producción, rentabilidad y comercialización de productos de la agricultura urbana.

- **Ambientales:** Ventajas y desventajas ambientales de la experiencia, factores de riesgo ambiental y contribución al cuidado ambiental
- **Salud Pública:** Nutrición de las familias participantes, consumo de los productos de la agricultura urbana y riesgo de contaminación por manipulación.

La tabla 01 muestra las 36 experiencias seleccionadas y caracterizadas (20 intraurbanas y 16 periurbanas).

Tabla 01		Experiencias Intraurbanas y Periurbanas Seleccionadas
Experiencias Intraurbanas		
1	Cultivo de Rosas en la PUCP	
2	Agricultura y áreas verdes en el colegio de La Inmaculada	
3	Programa de Hortalizas de la UNALM	
4	Huerto Comunal UPI Indoamérica.	
5	Crianza de cuyes Misky Cuy VES	
6	Biohuertos en comités ambientales VES GAU	
7	Producción de lechugas hidropónicas en VES	
8	Agricultura Urbana en el AA.HH. Ciudad de Gosen	
9	Huertos de AU en San Gabriel Alto VMT	
10	Viveros Sin Fronteras AU Sector 3 de VES	
11	Promoviendo AU en los Sectores 6,7,9 y 10 de VES	
12	Promoción y Conservación Ambiental CE Basadre 6073	
13	Biohuerto del Club del Adulto Mayor INABIF	
14	Huertos Familiares en Torres de Melgar	
15	Centro Comunal Los Faisanes de Tablada	
16	Proyecto en Marcavilca (Huertos Familiares)	
17	"Empresa Familiar de Hidroponía." En el PPJJ Delicias de Villa	
18	Empresa Vacas Felices	
19	Biohuertos en Comedores Populares en 7 Zonas de VMT	
20	Forestación en el AAHH 1ro de Mayo Nuevo Milenio	
Experiencias Periurbanas		
21	Zona agrícola de San Agustín	
22	Zona Agrícola del Ex fundo Oquendo	
23	Zona agrícola y Ecológica de Ventanilla	
24	Zona Agrícola de Chuquitanta	
25	Zona agrícola Huacoy, Caudivilla, Punchauca	
26	Programa Agricultores en la Ciudad	
27	Zona Agrícola de Carapongo	
28	Zona Agrícola de Huachipa, Chosica	
29	Proyecto de Cuyes. "Cosecha Urbana"	
30	Vivero Jardines del Perú	
31	Zona agrícola y pecuaria de Villa El Salvador	
32	Bio Agricultura Casa Blanca	
33	Trabajo Agropecuario y Educación	
34	Agricultores de San Juan de Miraflores	
35	Programa Manchay, IDMA	
36	Agricultura Urbana en Pucusana	

Fuente: Soto y Siura, IPES (2007).

1.1 Tipología de Agricultura Urbana

En base a las experiencias caracterizadas en el panorama de agricultura urbana en la ciudad de Lima, se procedió a elaborar una tipología con la finalidad de clasificar y categorizar dichas experiencias, para luego seleccionar 06 que representen al universo de las experiencias identificadas, para ser estudiadas en profundidad en los estudios de caso.

Para la tipología se establecieron cinco dimensiones prioritarias aplicables a la agricultura intraurbana y periurbana, estas dimensiones son:

- Institucional (Ámbito, institución que la promueve)
- Socio – cultural (tipo de actores y agricultores)
- Técnica (sistema de producción, fuentes de agua))
- Económica (destino de la producción)
- Ambiental y de salud (impactos)

Cada una de estas dimensiones tiene un conjunto de características que fueron priorizadas, por el peso que tenían para la experiencia, por el nivel de acceso a información y el interés en función a los objetivos del proyecto. Asimismo cada una de estas características tiene indicadores que la describen y permiten de manera excluyente seleccionar una u otra experiencia. La tabla 02 presenta la matriz de la tipología elaborada:

Tabla 02		Matriz de Tipología							
Ámbito	Casos	Tipo de actores	Casos	Propósito	Casos	Producción	Casos	Agua	Casos
Peri Urbano	16	Agricultores	11	Generación de ingresos (GI)	12	Convencional	12	Río	6
		ONGs	4	Seguridad Alimentaria y GI	4	Ecológico	4	Agua Residual sin Tratamiento	4
		Empresa Privada	1					Agua Residual con Tratamiento	3
								Potable	3
Intra Urbano	20	Org. Base	7	Seguridad Alimentaria	10	Ecológico	17	Potable	12
		ONGs	6	Generación de Ingresos (GI)	4	Convencional	3	Río	8
		Org. Acad. e Inv.	3	Seguridad Alimentaria y GI	3				
		Gobierno	2	Educativa y Ambiental	3				
		Agricultores	1						
		Empresa Privada	1						

Fuente: Saray Siura, IPES (2007).

Como resultado de los cinco criterios utilizados para el análisis de estas experiencias tenemos una primera aproximación a cinco tipologías en Lima Metropolitana:

- Agricultura periurbana ecológica de producción comercial
- Agricultura periurbana convencional de producción comercial convencional
- Agricultura intraurbana ecológica de seguridad alimentaria
- Agricultura intraurbana ecológica de producción comercial
- Agricultura intraurbana comercial con sistema hidropónico

Como resultado de estas cinco tipologías elegimos los seis casos para ser estudiados a profundidad.

2. INFORMACIÓN GENERAL

Esta primera parte da cuenta del análisis comparativo de los seis casos de agricultura urbana estudiados en Lima Metropolitana.

a. Nombre de las Experiencias

Las experiencias seleccionadas para los estudios de casos fueron:

- Zona agrícola de San Agustín, ZASA
- Asociación de Productores Ecológicos Monticielo
- Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo
- Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres
- Huerto Comunitario Indoamérica
- Huerto La Molina de la UNALM

b. Distribución Geográfica de las Experiencias

Si bien son diversos los criterios para la selección de los estudios de caso, la distribución territorial también fue criterio considerado. Los seis casos identificados corresponden a diferentes distritos y a nivel de Lima metropolitana tenemos que dos experiencias corresponden a Lima Norte, luego una experiencia corresponde a Lima Este y finalmente tres experiencias se ubican en Lima Sur.



c. Propósito de las Experiencias

Un aspecto muy relevante en las experiencias de agricultura urbana son los propósitos de las experiencias que van desde temas de comercialización y generación de empleo e ingresos, hasta el sencillo placer de realizar esta actividad, por si solo este criterio no es suficiente para definir una tipología, sin embargo para el estudio de caso se eligió experiencias con propósitos que tuvieran una mayor frecuencia en la ciudad, como es la comercialización, el autoconsumo y las actividades educativas y pedagógicas.

TABLA 03: PROPÓSITOS DE LAS EXPERIENCIAS DE ESTUDIOS DE CASO			
Estudio de Caso	Propósito		
	Comercialización	Autoconsumo	Educativas y Pedagógicas
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	XXXXXXXXXX		
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	XXXXXXXXXX		
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo		XXXXXXXXXX	
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	XXXXXXXXXX		
Huerto Comunitario Indoamérica		XXXXXXXXXX	
Huerto La Molina de la UNALM			XXXXXXXXXX

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

3. DIMENSIÓN INSTITUCIONAL

Si bien son varios los aspectos de la dimensión institucional, consideramos relevante a los actores que promueven o financian las experiencias de agricultura urbana.

a. Institución que la Promueve y Financia

Dado que son diversos los actores que promueven las experiencias de AU en Lima, consideramos pertinente clasificarlos para lo cuál adoptamos la tipología de actores elaborada en *"Inventario y análisis de actores de la agricultura urbana, y el tratamiento y reuso de aguas residuales"*¹, el mismo que identifica por lo menos ocho grupos de actores que se vinculan directa o indirectamente con las experiencias.

Los casos seleccionados corresponden a cinco distintos tipos de actores, tal como se muestra en la tabla 04.

TABLA 04: INSTITUCIONES QUE PROMUEVEN LAS EXPERIENCIAS					
Estudio de Caso	Tipo de Instituciones y/o Organizaciones				
	Organización de Agricultores y Productores	Organismos no gubernamentales y fundaciones	Organismos académicos y de investigación	Gobierno Nacional y Regional	Organismos Comunitarios de Base
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	XXXXXXXX				
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo		XXXXXXXX			
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo				XXXXXXXX	
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres					XXXXXXXX
Huerto Comunitario Indoamérica		XXXXXXXX			
Huerto La Molina de la UNALM			XXXXXXXX		

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

1. Tipología elaborada por Alain Santandreu 2007

Muchas de las experiencias tienen como actor principal a los propios agricultores, quienes asumen toda la inversión de su actividad, como por ejemplo el caso de la Zona de San Agustín (ZASA) y también de la mayoría de actividades agrícolas desarrolladas alrededor de las tres Cuencas que tiene Lima.

Los organismos no gubernamentales también son un actor importante, en este caso son dos las experiencias promovidas por ONG, por un lado Monticielo, que es una experiencia de agricultura ecológica en ámbitos intraurbano y periurbano y que ha implicado un gran esfuerzo en asistencia técnica y capacitación. Por otro lado esta la experiencia del Huerto Comunitario Indoamérica que ayudo a visibilizar la AU, en una ciudad donde la mayoría de las experiencias se desarrollan dentro de las viviendas, mostrando que es posible utilizar las áreas vacantes como áreas verdes productivas.

Los organismos académicos y de investigación cumplen también un rol muy importante y estratégico, por que desarrollan actividades agrícolas como parte de sus labores de investigación y enseñanza, encontramos que muchas escuelas en Lima han incorporado los huertos para sus labores pedagógicas, sin embargo la Universidad Nacional Agraria es la autoridad académica en los temas agrarios y desarrollan mucha labor de proyección social, que permite que a diversas organizaciones sociales y comunitarias acceder a asistencia técnica y capacitación.

Los organismos gubernamentales son otro actor que también impulsa experiencias de AU, en este caso es el Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social quien a través de sus programas de apoyo a la familia y adultos mayores viene impulsando proyectos de agricultura urbana como parte de sus labores terapéuticas y de generación de ingresos de los adultos mayores.

Finalmente están los organismos comunitarios de base, que sobre todo en el ámbito intraurbano viene impulsando experiencias de agricultura urbana, como estrategia de generación de ingresos y seguridad alimentaria. Este es el caso de la Federación Popular de Mujeres de Villa El Salvador, quienes producen y comercializan lechugas hidropónicas.

4. DIMENSIÓN SOCIO-CULTURAL

La dimensión socio cultural es abordada a partir de dos indicadores; la población participante y el perfil de las y los agricultores intra y periurbanos.

a. Número de Población participante (directa e indirecta)

El número de participantes de la experiencia se vincula en este caso con el tamaño de las experiencias, en la mayoría de caso es asumida por las familias, independientemente del ámbito de intervención, así tenemos que la zona agrícola de San Agustín y la Asociación Monticielo, tienen 123 y 250 participantes respectivamente y son los más numerosos, no solo por las familias involucradas directamente sino por las familias que se benefician indirectamente, como es el caso de las familias que trabajan en tiempo de siembra y cosecha.

Por otro lado está la experiencia del Huerto de la UNALM, que por sus propósitos, se orientan a la labor pedagógica y de investigación y los beneficiarios son los alumnos de la Universidad y los trabajadores que laboran directamente en el huerto.

TABLA 05: POBLACIÓN PARTICIPANTE EN LAS EXPERIENCIAS		
Estudios de Caso	Población Participante	
	Directa	Indirecta

Zona agrícola de San Agustín, ZASA	123	2337 ²
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	250	1250
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	13	65
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	50	250
Huerto Comunitario Indoamérica	8	40
Huerto La Molina de la UNALM	715 ³	700

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

Las experiencias del Club del Adulto Mayor, la Federación Popular de Mujeres y el huerto comunitario Indoamérica, involucran básicamente a la familia que se beneficia con el consumo de productos y los ingresos generados con la venta de excedentes.

b. Perfil de los agricultores urbanos

El perfil de los agricultores es un aspecto que consideramos relevante, dado que saber quienes son que hacen, cuál es su grado de instrucción, que edades y sexo tienen, nos pueden ayudar a conocerlos mejor y entender mejor su realidad.

Sexo de los agricultores

Si bien hombres y mujeres participan en las actividades de agricultura que desarrollan las experiencias, podemos notar una diferencia entre los ámbitos intraurbanos y periurbanos. Dado que en el ámbito periurbano la participación masculina es mayoritaria (ZASA, Monticielo) y en el ámbito intraurbano la participación femenina es mayor (Indoamérica, FEPOMUVES), salvo la experiencia del Club del adulto mayor, en la que si hay mayor presencia masculina.

TABLA 06: SEXO DE LOS PARTICIPANTES			
Estudio de caso		Sexo	
		Hombre	Mujer
Zona agrícola de San Agustín, ZASA		78	22
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	I ⁴	16	84
	P	100	0
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo		67	33
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres		0	100
Huerto Comunitario Indoamérica		15	75
Huerto La Molina de la UNALM		--	--

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

Procedencia de los Agricultores

En cuanto a la procedencia de los agricultores, tenemos que las dos experiencias periurbanas tienen agricultores que mayoritariamente nacieron en Lima (sin embargo la mayoría de ellos proceden de padres o abuelos migrantes) y en las experiencias intraurbanas el grupo mayoritario esta conformado por agricultores que nacieron al interior del país.

TABLA 07: PROCEDENCIA DE LOS AGRICULTORES		
Estudio de caso	Población Participante	
	Lima	Provincia
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	65	35
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	54	46 ⁵
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	33	67

² Como indirectos se ha considerado a las familias y trabajadores de los miembros titulares de la experiencia

³ 10 trabajadores, 15 testistas, 510 alumnos, 180 capacitados

⁴ Para el perfil de los agricultores, en el caso de la experiencia de Monticielo hemos desagregado la información de acuerdo al ámbito de intervención, entonces I= Intraurbano P = periurbano

⁵ Esta información corresponde al ámbito intraurbano, dado que en el caso periurbano el 100% proviene de provincia

Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	0	100
Huerto Comunitario Indoamérica	0	100
Huerto La Molina de la UNALM	--	--

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

Edad de los Agricultores

La edad de los participantes es diversa, sin embargo podemos decir que los agricultores son personas adultas, dado que es mínima la participación de jóvenes, esta solo se da en la experiencia desarrollada por la FEPOMUVES, el grueso de las edades se concentra entre los 40 y 60 años, seguido del grupo que se encuentra entre los 20 y 40 años y los mayores de 60 años.

TABLA 08: EDAD DE LOS PARTICIPANTES				
Estudio de Caso	Rango de Edades			
	Menor a 20	20 a 40	40 a 60	Mayor de 60
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	0	6	30	64
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	0 y 0	42 y 33	58 y 33	0 y 34 ⁶
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	0	0	0	100
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	6	38	56	
Huerto Comunitario Indoamérica	0	50	40	10
Huerto La Molina de la UNALM	--	--	--	--

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

Grado de Instrucción de los agricultores

El grado de instrucción es un elemento clave a la hora de abordar acciones de asistencia técnica y capacitación, por que si bien no es mayoritaria existe un gran porcentaje de personas que no cuentan con instrucción educativa (3 experiencias) por otro lado el grupo mayoritario ha accedido a estudios secundarios, luego un segundo grupo accedió a estudios primarios y también tenemos agricultores urbanos que accedieron a estudios superiores.

TABLA 09: GRADO DE ESTUDIOS DE LOS PARTICIPANTES				
Estudio de Caso	Grado de Estudios			
	Sin Instrucción	Primaria	Secundaria	Superior
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	23	24	36	17
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	0 y 0	32 y 34	52 y 66	16 y 0
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	33	67	--	--
Huertos Hidropónicos de la Federación de Mujeres	0	0	60	40
Huerto Comunitario Indoamérica	13	25	62	--
Huerto La Molina de la UNALM	--	--	--	--

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

Ocupación Principal de los Agricultores

La ocupación principal de los que desarrollan actividades agrícolas se relaciona con el ámbito de intervención, con el tamaño de la experiencia entre otros temas. Así tenemos que los agricultores de las experiencias de San Agustín y Monticielo (periurbano) tienen mayoritariamente como actividad principal la agricultura urbana. A diferencia de los agricultores intraurbanos que su actividad principal es distinta a la agricultura, estas se vinculan mayoritariamente con empleos independientes de comercio y/o servicios, luego están las

⁶ La primera cifra de las columnas correspondiente a Monticielo son intraurbanas y la segunda periurbana.

actividades domésticas como una actividad principal, sobre todo en el caso de mujeres y finalmente quienes cuentan con trabajo como obreros y empleados.

TABLA 10: OCUPACION PRINCIPAL DE LOS PARTICIPANTES				
Estudio de Caso	Ocupaciones			
	Agricultura	Ama de Casa	Empleo Independiente ⁷	Empleo Dependiente
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	78	11	9	2
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	0 y 66	84 y 0	16 y 34	
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	33	17	50	
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres		20	60	20
Huerto Comunitario Indoamérica	--	50	25	25
Huerto La Molina de la UNALM				

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

Participación en otras organizaciones

Un elemento importante en los agricultores urbanos es su tradición comunitaria y práctica colectiva que se demuestra en su participación en diversas organizaciones, esta se da en los distintos ámbitos. Salvo SAZA y la UNALM (tienen alumnos, no agricultores), todos tiene mayoritariamente participación en otras organizaciones, que son vecinales, sociales, religiosas, culturales artísticas, entre otras.

TABLA 11: PARTICIPACION EN OTRAS ORGANIZACIONES		
Estudio de caso	Participa	
	Si	No
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	35	65
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	68 Y 66	32 Y 34
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	67	33
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	100	0
Huerto Comunitario Indoamérica	100	0
Huerto La Molina de la UNALM	--	--

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

5. DIMENSIÓN TÉCNICA

La dimensión técnica es relevante en la tipología de la agricultura urbana en Lima, esta tiene que ver con el tamaño de la experiencia, con la tenencia de la tierra, con las características del suelo, con la actividad principal de la experiencia, los sistemas de producción, los principales cultivos y las fuentes de agua.

a. Área (Tamaño) Ocupada por la Experiencia

El tamaño de las áreas se relaciona, con los ámbito de intervención, dado que en la zona intraurbana, dentro de la ciudad, los espacios son más reducidos y los costos de las mismas son mayores, entonces mientras en la ciudad nos referimos a áreas pequeñas (metros cuadrados) en la zona periurbana las áreas son mas extensa (ha).

⁷ Los empleos independientes comprenden a las actividades económicas desarrolladas sin un empleador, como es el caso de los comerciantes, cerrajeros artesanos u otras actividades y el empleo dependiente comprende las actividades que tiene un empleador, como los obreros, y empleados públicos y/o privados.

Monticielo y SAZA son quienes tienen las áreas más extensas, y luego la universidad que en sus orígenes formaba parte del área periurbana y que con el correr de los años ha sido rodeada por la ciudad. Mientras que las otras experiencias no superan los dos mil metros.

TABLA 12: ÁREA DE LA EXPERIENCIA			
Estudio de caso	Área		
	m2	Ha	
Zona agrícola de San Agustín, ZASA		536	
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	14,000 (I)	25 (P)	
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	1500		
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	1750		
Huerto Comunitario Indoamérica	2000		
Huerto La Molina de la UNALM		10	

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

b. Tenencia de la Tierra

La tenencia de la tierra es clave para la sostenibilidad de las experiencias, por ejemplo tenemos a SAZA que si bien tienen títulos de propiedad, al verse rodeada por la ciudad sus áreas son demandadas para otros usos como la ampliación del aeropuerto. Es una tendencia que las áreas urbanas tengan una fuerte presión por la urbanización. La ciudad crece desplazando las áreas verdes productivas. La zona baja de Pachacamac donde se ubica parte de la experiencia de Monticielo son también mayoritariamente propietarios, pero que cada vez mas las áreas son reconvertidas para otros usos.

Por otro lado al interior de las ciudades van surgiendo alternativas que buscan enfrentar la situación de pobreza que viven, utilizando espacios para desarrollar agricultura urbana, este es el caso del Club del adulto Mayor y el Huerto Indomérica que utilizan espacios que no son suyos, pero que han gestionado la cesión de uso para su actividad. La Federación de mujeres optimiza los espacios y utiliza terrazas y techos para sus cultivos, estos se desarrollan en las viviendas y en algunos de los locales institucionales de esta organización.

TABLA 12: TENENCIA DE LA TIERRA	
Estudio de caso	Características
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	Son propietarios con títulos pero son terrenos en proceso de expropiación
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	En el área intraurbana el 84% son propietarios y el 16% tienen cedidos en uso y a nivel intraurbano el 100% es propietario
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	Los terrenos pertenecen al estado, ministerio de la mujer y es cedido en uso para la AU
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	El área pertenece a las familias y en algunos casos a Fepomuves
Huerto Comunitario Indoamérica	Son propiedad del estado, es área no construible y están cedidas en uso al huerto.
Huerto La Molina de la UNALM	El terreno es propiedad de la UNALM y es estatal, asignado al programa de Hortalizas Facultad de agronomía

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

c. Características Básicas del Suelo de Cultivo

Lima es una ciudad de características desérticas y los suelos de los cultivos no son los más óptimos, salvo aquellos que se encuentran alrededor de las cuencas que tiene mejores condiciones. Este es el caso de Monticielo, SAZA y la Universidad Agraria. En las experiencias del Club del adulto Mayor el suelo es predominantemente franco arenoso y

en la experiencia de Indoamérica el suelo es arenoso y para lograr sus cultivos han incorporado mejoras, sin embargo no todas las hortalizas tiene un buen rendimiento derivado de la calidad del suelo.

TABLA 13: CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SUELO DE CULTIVO	
Estudio de Caso	Características
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	Predomina el franco arenoso, franco y franco Limoso
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	En este suelo predomina el franco arenoso y el franco
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	Predomina el Franco arenoso
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	No tiene suelo, utilizan sustrato agua con nutrientes
Huerto Comunitario Indoamérica	Arenoso
Huerto La Molina de la UNALM	Franco arenoso

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

d. Actividad Principal de la Experiencia

La actividad principal de las experiencias son mayoritariamente la agricultura, en el caso de la Universidad como antes señaláramos su actividad es la agricultura pero su interés principal es la investigación, SAZA desarrolla agricultura intensiva y en el caso de Monticielo es agricultura integrada en el ámbito intraurbano y mayoritariamente agrícola en el ámbito periurbano. La Federación de mujeres tiene solo un producto.

TABLA 14: ACTIVIDAD PRINCIPAL DE LA EXPERIENCIA	
Estudio de Caso	Actividad Principal
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	Agricultura intensiva
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	Agricultura integrada en el ámbito intraurbano y agricultura en el periurbano
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	Agricultura
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	Agricultura en contenedores con agua
Huerto Comunitario Indoamérica	Producción agrícola
Huerto La Molina de la UNALM	Investigación de Hortalizas, agricultura orgánica y manejo de invernaderos

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

e. Sistema de producción

En relación a los sistemas de producción en estas experiencias tenemos que la mas extensa, la de San Agustín es de tipo convencional, que es el sistema mayoritario en Lima, Ahora bien sin embargo también tenemos experiencia como la de Monticielo que tiene un sistema de producción ecológica y que ha logrado que productores convencionales reconviertan su producción a lo largo de varios años. En el ámbito intraurbano la producción es ecológica e integrada.

El sistema de producción ecológica es incipiente en el país, es por esto que en algunos casos hacemos referencia al enfoque y la vocación, dado que algunas experiencias se reclaman ecológicas, pero encontramos que en algunos momentos utilizaron productos químicos, afectando su producción.

La Federación Popular de Mujeres tiene un sistema de producción convencional, ellas utilizan soluciones químicas como nutrientes. En el caso de la Universidad el sistema de producción es convencional en mayor proporción y orgánico en crecimiento.

TABLA 15: SISTEMA DE PRODUCCIÓN		
Estudio de Caso	Sistema	
	Convencional	Ecológica
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	SI	
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo		SI ⁸
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	¿?	
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	SI	
Huerto Comunitario Indoamérica		SI
Huerto La Molina de la UNALM	SI	SI

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

f. Principales Cultivos

Las experiencias en Lima Metropolitana y en particular las experiencias que son parte de este estudio de caso cultivan prioritariamente hortalizas en primer orden y luego están las hierbas aromáticas, en tercer lugar están los frutales y después actividades como producción de semillas y manejo de invernaderos desarrollados por la UNALM.

TABLA 16: ACTIVIDAD PRINCIPAL DE LA EXPERIENCIA	
Estudio de Caso	Características
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	Hortalizas Hierbas aromáticas
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	Intraurbanos; Hortalizas, hierbas aromáticas y crianza de animales menores, periurbanos; fresas.
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	Hortalizas, hierbas aromáticas y frutales
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	Lechugas
Huerto Comunitario Indoamérica	Hortalizas, hierbas aromáticas.
Huerto La Molina de la UNALM	Hortalizas, plantas aromáticas, manejo de invernaderos, producción de semillas, especies nativas, etc

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

g. Manejo del agua: Fuentes de agua

Las fuentes de agua en una ciudad desértica como Lima, se torna en un elemento fundamental de las experiencias y de la actividad agrícola en la ciudad. Una cosa es clara, el agua es escasa las fuentes de agua también lo son. Tres de las experiencias tiene como fuente de agua principal el río Rimac, sin embargo SAZA complementa el agua de riego con aguas servidas sin tratar para el cultivo de sus hortalizas, que nos pueden dar una idea de los niveles contaminación de los productos. Cabe señalar que el río Rímac según los estudios de DIGESA⁹ ya tiene fuertes niveles de contaminación que están por encima de los máximos permitidos.

TABLA 17: FUENTES DE AGUA	
Estudio de Caso	Características
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	Río Rímac y Colector del sistema de alcantarillado sin tratar.
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	Río Lurin y Pozas subterráneas
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	Agua Potable
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	Agua Potable
Huerto Comunitario Indoamérica	Agua Potable
Huerto La Molina de la UNALM	Río Rímac

⁸ Esta experiencia es ecológica en los dos ámbitos intraurbano y periurbano.

⁹ Según datos registrados por DIGESA el agua del río Rímac presenta una concentración mayor de 2.4x10⁶ coliformes fecales/100 ml, durante los meses de estiaje (septiembre y octubre), mientras que estos niveles se reducen a menos de 2.4x10⁵ Coliformes fecales/100 ml en los meses de máxima avenida (febrero y marzo).

Una de las debilidades de las experiencias de agricultura intraurbana es justamente el agua, dado que ellas riegan sus cultivos con agua potable, que no esta permitida y adicionalmente resulta muy cara.

6. DIMENSIÓN ECONÓMICA

La dimensión económica es uno de los temas de mayor vacío en las experiencias de agricultura urbana; para los estudios de caso, fue necesario construir información económica parcial sobre costos de producción y operación. Son muy pocos los agricultores que conocen los niveles de rentabilidad de su actividad, la mayoría de ellos no lleva registros de sus costos.

Para analizar esta dimensión hemos considerado tres variables; el costo del agua para riego, el destino de la producción y algunas características de la comercialización.

a. Costo del agua para riego

Esta información es muy reveladora dado que los costos más altos son justamente las experiencias que riegan con agua potable y que cuentan con áreas que llegan a la quinta parte de una hectárea (FEPOMUVES e Indoamérica). San Agustín paga 73 dólares, Monticielo 67 y la UNALM 133 al año por hectárea. En el Caso del Club del adulto mayor, si bien ellos no asumen el costo, este existe y es asumido por el MIMDES.

TABLA 18: COSTO DEL AGUA		
Estudio de Caso	Costo	
Zona agrícola de San Agustín, ZASA	73 US\$ ha /año	
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo	Periurbano US\$ 67	ha/año,
	intraurbano US\$ 36 /año	
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo	No tienen cálculos de costos	
Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres	Entre US\$ 132 /año/participantes	
Huerto Comunitario Indoamérica	91 US\$ año/ huerto	
Huerto La Molina de la UNALM	133 US\$ ha/año	

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

b. Destino de la producción

El destino de la producción se vincula directamente con el propósito de la experiencia, así tenemos que San Agustín destina toda su producción a la comercialización, lo mismo que Monticielo, sin embargo en esta experiencia debemos hacer una diferencia, dado que los agricultores intraurbanos destinan parte de su producción al autoconsumo. Los cultivos de la Federación de Mujeres, también están destinados a la comercialización. El club del Adulto Mayor y el huerto Indoamerica, destinan la mayoría de sus productos al autoconsumo y comercializan los excedentes. Si bien la universidad Agraria tiene propósitos de investigación y enseñanza, también en su punto de referencia para la comercialización, es por esto que gran parte de sus productos se destinan a la venta y contribuye con el auto sostenimiento de su actividad.

Estudio de Caso	DESTINO DE LA PRODUCCIÓN		
	Comercialización	Propósito Autoconsumo	Educativas y Pedagógicas
Zona agrícola de San Agustín, ZASA			
Asociación de Productores Ecológicos Monticielo			
Huertos del Club del Adulto Mayor Año Nuevo			

Huertos Hidropónicos de La Federación de Mujeres
Huerto Comunitario Indoamérica
Huerto La Molina de la UNALM

Fuente: Estudios de Caso IPES 2008

c. Comercialización

Como características de la comercialización tenemos diversos elementos a considerar, en primer lugar están los volúmenes de venta de las experiencias, aquí tenemos que la mas grande y de mayor abastecimiento al mercado limeño es la experiencia de San Agustín, luego esta la de Monticielo, aunque el mercado ecológico es restringido, y muchas veces comercializan como producto convencional. La Universidad Agraria tiene también importantes volúmenes de venta. Las experiencias intraurbanas tienen ventas a vecinos, mercados y ferias locales.

La experiencia de San Agustín vende la mayoría de sus productos a los intermediarios, son pocos quienes tienen relación directa con el mercado o clientes exclusivos. En el Caso de Monticielo ha incursionado en la agroindustria como mecanismo para mejorar la rentabilidad de sus productos, esta experiencia cuenta con sello ecológico para sus productos, sin embargo con antes señaláramos el mercado ecológico es incipiente. La universidad es un caso atípico, por que si bien el huerto tiene clientes cautivos, la misma universidad también es un cliente, dado que tiene programas de agroindustria, quienes comercializan sus productos.

Las experiencias intraurbanas tienen contacto directo con sus clientes, pero su escala es pequeña, sin embargo cada vez más tiene demanda por que se posicionan como productos sanos y sin contaminación.

En cuanto a presentación de los productos y valor agregado esta es desarrollada por la experiencia de Monticielo y también por la UNALM que por el prestigio que tiene ha logrado un posicionamiento en el mercado, aún cuando no es su propósito principal.

7. DIMENSIÓN AMBIENTAL Y DE SALUD

a. Positivos

- Uno de los aportes mas reconocidos y visibles de la agricultura urbana y periurbana es el de constituir un pulmón verde para las ciudad.
- La contribución con la biodiversidad es también un gran aporte de las experiencias, dado que en lugares donde antes solo era desierto ahora hay una gran presencia de especies ya sea plagas y controladores.
- La creación de áreas verdes productivas, como alternativas integrada a la ciudad es un aporte y un potencial de la AU.
- La aunque incipiente pero cada mayor producción ecológica, de respeto y conservación ambiental es ahora no solo un suelo sino una realidad con gran potencial por su contribución al equilibrio global
- La agricultura urbana es una alternativa para el acceso a productos (sanos en algunos casos) para los consumidores, sobre todo para los pobres de la ciudad que desarrollan esta actividad.
- El aprovechamiento de residuos sólidos para la AU y por lo tanto la minimización de los mismos es también una contribución por que se reusa para compost y abono orgánico.

- Las experiencias desarrolladas en techos y terrazas generan áreas verdes en suelos duros que antes no se imaginaron, mucho más con productos para el consumo.
- Dada la escasez de agua cada vez más se han introducido en estas experiencias prácticas de reciclaje de agua y optimización del uso de este recurso.
- En algunos lugares de la ciudad en la que antes había basurales y focos infecciosos, ahora se cultivan hortalizas.
- La universidad con sus trabajos de investigación, produce, gestiona y disemina conocimientos que promueve réplicas.
- Otro tema relevante que ha ido incrementándose es la educación al consumidor que a partir de la sensibilización se viene incidiendo.
- El fortalecimiento de la cultura ecológica, es uno de los retos que ya comenzó en la ciudad y en ella están involucrados la universidad y otros actores mas.
- La promoción de alianzas con organizaciones de productores y consumidores, la promoción de menor uso de insumos químicos y la capacitación para reducir costos de producción en hortalizas

b. negativos

Como aspectos negativos tenemos:

- La contaminación del suelo por uso de agroquímicos y el uso indiscriminado del suelo.
- La contaminación del suelo por el riego con aguas contaminadas provenientes del rio donde se vierten los relaves y residuos industriales y el uso de aguas servidas sin tratar.
- La inevitable contaminación de los productos que afectan la calidad y pone en riesgo la salud
- Otro impacto negativo son los conflicto por los usos de suelo, la cercanía a la ciudad y la presión de la urbanización que ha disminuido (casi eliminado) las áreas de cultivo en la ciudad de Lima

Estudios de Caso de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en la Ciudad de Lima, Perú

Setiembre de 2008
Lima, Perú

CRÉDITOS

Estudios de Caso de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en la Ciudad de Lima

IPES - Promoción del Desarrollo Sostenible

Jorge Luis Price Masalias
Presidente Ejecutivo
Calle Audiencia 194
Lima 27, Perú
Telefax: (51-1) 440-6099
jorge@ipes.org.pe
www.ipes.org

Gunther Merzthal
Coordinador del Proyecto SWITCH Lima
gunther@ipes.org.pe
www.ipes.org/au/switch

Elaboración del documento

Julio Moscoso
Asesor en Aguas Residuales, IPES – Promoción del Desarrollo Sostenible
Proyecto SWITCH Lima
jcmoscoc@yahoo.es

Tomás Alfaro Abanto
Investigador en Aguas Residuales, IPES – Promoción del Desarrollo Sostenible
Proyecto SWITCH Lima
tomas@ipes.org.pe

CONTENIDO

LISTA DE ACRÓNIMOS

ATDR	Administración Técnica del Distrito de Riego
CF	Coliformes fecales
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DIGESA	Dirección General de Saneamiento Ambiental
DQO	Demanda Química de Oxígeno
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
LGA	Ley General de Aguas
LMP	Límite Máximo Permisible
OD	Oxígeno Disuelto
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RAFA	Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima

1. ANTECEDENTES

El crecimiento acelerado de las ciudades, sumado a los altos requerimientos de agua por parte de la industria y la agricultura próxima o intraurbana, resulta en una mayor demanda de agua potable. Esta situación viene acompañada por la falta de infraestructura adecuada que permita el tratamiento del agua residual proveniente tanto de labores domésticas como industriales. Como resultado, aumentan las cargas ambientales, las cuales pueden originar severos daños ecológicos.

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODG) tienen como objetivo la reducción del 50% del número de personas sin abastecimiento de agua segura y saneamiento apropiado para el año 2015. Si bien los ODG no definen un objetivo específico vinculado al tratamiento de aguas residuales, un aumento significativo en el reuso de estas parece necesario para satisfacer uno de los objetivos que apunta a garantizar la sostenibilidad ambiental.

Sin embargo, los sistemas de tratamiento de aguas residuales son escasos y los costos de instalación, operación y mantenimiento aún se mantienen elevados. Debido a esto, es necesario generar un cambio en el paradigma del uso convencional del agua si se desea alcanzar un sistema sostenible para la gestión del agua en zonas urbanas que proporcione agua segura, saneamiento y tratamiento de aguas residuales para toda la población, en especial los más pobres.

1.1 PROYECTO SWITCH

En este contexto, el proyecto mundial SWITCH “Manejo Sostenible del Agua para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana” busca propiciar un cambio en el paradigma de la gestión del agua con el fin de alcanzar sistemas urbanos sostenibles, saludables y seguros.

Con sus actividades, el proyecto SWITCH desarrollará tecnologías urbanas innovadoras y sostenibles para el manejo del agua, combinando actividades de investigación, entrenamiento y demostración desarrolladas en un marco de alianzas de aprendizaje.

El proyecto es implementado por un consorcio global formado por 32 socios en 13 países alrededor del mundo. La coordinación del proyecto se encuentra a cargo de IHE-UNESCO (Holanda) y el financiamiento proviene de la Dirección General de Investigación de la Unión Europea.

El proyecto SWITCH cubre todos los elementos del ciclo urbano del agua, desde el manejo de la demanda de esta al manejo de agua de lluvia, la prevención de contaminación, el tratamiento y reuso de aguas residuales, e incluso la rehabilitación de ríos y la eco-hidrología. Para esto se han priorizado 6 temas de trabajo:

- Cambio en el paradigma del agua urbana.
- Manejo del agua de lluvia.
- Eficiente abastecimiento y uso del agua.
- Uso racional del agua, saneamiento y manejo de residuos.
- Planificación ambiental y territorial del agua urbana.
- Gobernabilidad y cambio institucional.

Los temas de trabajo son estudiados o demostrados en las diferentes ciudades del mundo que hacen parte del consorcio SWITCH.

1.2 PROYECTO SWITCH EN LIMA

Una de las ciudades seleccionadas para implementar este proyecto es Lima, la cual junto a Accra (África) y Beijing (China) forma parte del tema planificación ambiental y territorial del agua urbana y viene ejecutando el sub-tema referente al uso del agua para agricultura urbana y otras oportunidades para mejorar la calidad de vida.

Este sub-tema reconoce que la agricultura urbana es una forma de proveer a la población de algunos alimentos sin necesidad de transportarlos largas distancias hacia las ciudades. Adicionalmente al rol fundamental que presta el agua para la producción de alimentos, este sub-tema también reconoce su importancia para el enverdecimiento de la ciudad.

IPES – Promoción del Desarrollo Sostenible tiene la responsabilidad de ejecutar el proyecto SWITCH en la ciudad de Lima, para lo que desarrollará una serie de actividades de investigación y lobby político.

1.2.1 Objetivo

Fortalecer las capacidades de los tomadores de decisión (a nivel de gobierno nacional y local), planificadores urbanos, y responsables de la gestión del agua en Lima Metropolitana y ciudades de Perú para diseñar e implementar sistemas de tratamiento y reuso de aguas residuales (grises y negras) en agricultura urbana y enverdecimiento urbano.

1.2.2 Duración y localización

El proyecto será ejecutado en un plazo máximo de 18 meses. Los estudios se centrarán en Lima Metropolitana, aunque se podrán considerar como referencia experiencias de otras ciudades del Perú.

1.2.3 Productos esperados

Para el componente de investigación se prevé elaborar:

- Un inventario de la situación de Lima Metropolitana conteniendo las experiencias de tratamiento y reuso de aguas residuales (grises y negras) para la agricultura urbana y el enverdecimiento urbano.
- Seis estudios de caso sobre experiencias seleccionadas de reuso de aguas residuales orientadas a agricultura urbana.
- Lineamientos políticos y operacionales para la promoción de sistemas de tratamiento y reuso de aguas residuales en agricultura urbana y enverdecimiento urbano.

1.2.4 El inventario

Con base a diversas fuentes secundarias (referencias bibliográficas, búsqueda en Internet, entre otras) y al conocimiento previo del equipo del proyecto (coordinación, asesores e investigadores) se identificó y listó, en forma participativa, las principales experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales de Lima Metropolitana. Incluyó todas las experiencias de uso de aguas residuales en actividades productivas como agricultura, acuicultura y el desarrollo y/o mantenimiento de áreas verdes de la ciudad, incluso aquellas que usan agua residual **sin tratar**, por tratarse de una práctica muy difundida en

Lima y el resto del país, y que origina importantes riesgos ambientales y de salud.

Cuadro 1 Inventario de experiencias de tratamiento y reuso de aguas residuales

Nº	Nombre	Institucionales y normativos			Técnicos				
		Ambito	Resp. Tratam.	Resp. reuso	Área de reuso (Ha)	Reuso	Caudal de reuso (l/s)	Caudal tratada (l/s)	Tecnología de tratamiento
ZONA NORTE DE LIMA									
1	Áreas Verdes de Miramar-Ancón	Periurbano	SEDAPAL	Casa de Retiro	10	Áreas verdes	30	60	Lag. Estabilización
2	Áreas verdes del Club La Unión	Intraurbano	SEDAPAL	Club La Unión	8	Áreas verdes	10	10	Filtro percolador
3	Áreas verdes de Jerusalén y Piedras Gordas	Periurbano	Ministerio de Defensa	Min. Defensa	8	Áreas verdes	18	18	Lag. Estabilización
4	Zona Agrícola-Ecológica de Ventanilla	Periurbano	SEDAPAL	Agricultores	50	Agricultura	220	220	Lag. Estabilización
5	Zona Agrícola de Chuquitanta	Periurbano	SEDAPAL	Comisión de Regantes	40	Agricultura	60	137	Lodos Activados (SBR)
6	Zona Agrícola de Oquendo	Periurbano	Agricultores	Comisión de Regantes	2	Agricultura	2	2	Humedal artificial
7	Zona Agrícola de San Agustín	Periurbano	-	Comisión de Regantes	456	Agricultura	700	-	No hay
8	Verma Central Av. Universitaria	Intraurbano	Mun. Lima	Mun. Carabaylo	5	Áreas verdes	4	4	Lodos activados
9	Áreas Verdes de la UNI (UNITRAR)	Intraurbano	UNI	UNI-Municipalidad	13	Áreas verdes, acuicultura	7.5	7.5	RAFA, Lag. Estabilización
ZONA CENTRO DE LIMA									
10	Áreas Verdes de U. Católica	Intraurbano	No hay	P.U.C.P.	4	Áreas verdes	6		No hay
11	Golf de Lima	Intraurbano	Golf de Lima	Golf de Lima	30	Áreas verdes	No se conoce	No se conoce	Lag. Aireadas
12	Áreas Verdes de Miraflores-Costa Verde	Intraurbano	Munic. Miraflores	Mun. Miraflores	4	Áreas verdes	1.5	1.5	Filtro percolador
13	Áreas Verdes de Surco	Intraurbano	Mun. Surco	Mun. Surco	50	Áreas verdes	17.5	17.5	Lodos activados
14	Colegio Inmaculada	Intraurbano	Colegio Inmaculada	Colegio Inmaculada	10	Áreas verdes	15	15	Lag. Estabilización
ZONA ESTE DE LIMA									
15	Áreas Verdes Colegio 1267	Intraurbano	Colegio	Colegio	0.002	Áreas verdes	0.1	0.25	Humedal artificial
16	Reuso Aguas grises domiciliario de Nievería	Intraurbano	Propietarios	Propietarios	0.002	Áreas verdes	0.2	0.2	ECOSAN/humedal artificial
17	Zona agrícola de Huachipa	Periurbano	Asoc. Alcantarillado	Agricultores	0.65	Agricultura y acuicultura	0.6	0.6	Imhoff-reservorio
18	Sede Atarjea	Periurbano	SEDAPAL	SEDAPAL	1	Áreas verdes	1	1	Lodos Activados
19	Jardines de la Paz	Intraurbano	Jardines de la Paz	Jardines de la Paz	10	Áreas verdes	5.25	5.25	Lodos Activados
20	Club Golf de la Planicie	Intraurbano	Golf la Planicie	Golf la Planicie	20	Áreas verdes	15	15	Lag. Aireadas
ZONA SUR DE LIMA									
21	Huerto Comunal-Villa María del Triunfo	Intraurbano	Mun. VMT	Comunidad	3	Agricultura	2	2	Lodos activados
22	Zona Agropecuaria de San Juan de Miraflores	Periurbano	SEDAPAL	Agricultores	12	Agricultura	80	424	Lag. Aireadas
23	Parque 23	Periurbano	SEDAPAL	SERPAR	10	Áreas verdes	20	424	Lag. Aireadas
24	Parque Zonal Huayna Capac	Periurbano	SEDAPAL	SERPAR	15	Áreas verdes	20	424	Lag. Aireadas
25	Zona Agrícola de José Gálvez	Periurbano	SEDAPAL	Agricultores	10	Agricultura	35	53	Lag. Estabilización
26	Alameda de la Solidaridad-VES	Intraurbano	Mun. VES	Mun. VES	3.45	Áreas verdes	6	6	Lodos activados
27	Alameda de la Juventud	Intraurbano	Mun. VES	Mun. VES	2.5	Áreas verdes	5	5	Lodos activados
28	Parque 26	Periurbano	SEDAPAL	MVCS	15	Áreas verdes, acuicultura y agricultura	24	73	Lag. Aireadas
29	Comité de Regantes CP1-VES	Periurbano	SEDAPAL	SEDAPAL	30	Agricultura	70	73	Maduración
30	Comité de Regantes CP2-VES	Periurbano	SEDAPAL	Comité de Regantes	100	Agricultura	200	424	Lag. Aireadas
31	Parque Zonal Huascar	Periurbano	SEDAPAL	MVES/SERPAR	24	Áreas verdes y agricultura	73	73	Lag. Aireadas
32	Oasis de Villa	Intraurbano	Mun.VES	Población	0.76	Áreas verdes	3	3	Humedal artificial
33	Zona Agrícola de Chorrillos	Periurbano	-	Comité de Regantes	8	Agricultura	10	No hay	No hay
34	Zona Agrícola San Pedro de Lurín	Periurbano	SEDAPAL	Comisión de Regantes	20	Agricultura	17	17	Anaerobio-Lag. Aireada
35	Zona Agrícola Nuevo Lurín	Periurbano	SEDAPAL	Agricultores	3	Agricultura	5	5	Lag. Estabilización
36	Punta Hermosa	Periurbano	SEDAPAL	Mun. P. H.	2	Áreas verdes	3	3	Lag. Estabilización
37	Zona Agrícola de Pucusana	Periurbano	SEDAPAL	Agricultores	2	Agricultura	5	5	Lag. Estabilización
TOTAL					982		1692	2529	

Fuente: IPES, 2007

El cuadro 1 muestra las 37 experiencias identificadas con sus respectivos datos sobre ámbito de desarrollo, entidades responsables del tratamiento y el reuso, tamaño, actividad de reuso, caudal tratado y caudal utilizado en el reuso, así como la tecnología de tratamiento. A continuación se discutirán los resultados de estas dimensiones.

Entre los principales resultados del inventario se pueden citar los siguientes:

- Casi la mitad de las experiencias (17) se ubican en la zona Sur de Lima, en donde la disponibilidad de agua es más reducida que el resto de Lima y se realizó la primera experiencia de reuso desde 1968. Estas experiencias luego se han extendido en la zona Norte (9 experiencias), mientras que las zonas Este y Centro tienen sólo 6 y 5 experiencias respectivamente, que por limitaciones de espacio son principalmente más pequeñas y orientadas al riego de áreas verdes.
- Los casos de la zona norte están ligadas a las zonas tradicionales de agricultura que luego fueron rodeadas por la ciudad y desprovistas del abastecimiento regular de agua de río, requerimiento que fue parcialmente reemplazado por las aguas residuales. En cambio, la situación de la zona Sur es totalmente diferente, ya que en ese caso se desarrollaron experiencias de agricultura y áreas verdes basadas exclusivamente en el riego con aguas residuales.
- Las experiencias medianas (de 1 a 20 ha) constituyen el 68% de los casos inventariados, mientras que las grandes (mayores a 20 ha) representan solo el 21%. Sin embargo, estas últimas representan el 83% del área de reuso en Lima.
- También es importante mencionar que los 37 casos inventariados se desarrollan sobre 982 ha que utilizan un caudal aproximado de 1,692 l/s, equivalente a solo el 10% de los desagües recolectados en Lima. De esta cifra se deduce que actualmente se aplica 1.72 L/s.ha. Tomando en cuenta las condiciones áridas de Lima (clima, suelo y otros factores) se estima que el requerimiento de agua para un sistema de riego por gravedad no debería exceder de 1 L/s, por tanto el caudal utilizado podría abastecer un 72% más de área actualmente regada, si se hiciera un uso más eficiente del agua.
- Las actividades productivas (agricultura y acuicultura se desarrollan en el 80% del área actualmente irrigada con aguas residuales en Lima, aun cuando solo representen el 41% de las experiencias existentes. Un número mayor de casos (59%) están dedicados al reuso en actividades recreativas como áreas verdes, campos deportivos y parques públicos, pero estos solo abarcan el 20% del área total irrigada con las aguas residuales.
- El 88% de los casos de la actividad productiva se realiza en el ámbito periurbano, mientras que el 65% de la actividad recreativa se desarrolla en el ámbito intraurbano
- Queda claro que el uso de las aguas residuales está más difundido en el riego de cultivos agrícolas ubicados en zonas peri-urbanas, en donde es posible manejar este recurso con mayor facilidad y aceptación, incluso sin tratamiento. En cambio, en el ámbito intraurbano es mas aceptable el uso de las aguas residuales en el riego de las áreas verdes que en la producción de alimentos.
- De las 37 experiencias listadas, 34 reusan el agua residual con algún tipo de tratamiento, mientras que en tres casos se riegan hortalizas con agua sin tratar y representan el 40% del área total regada con aguas residuales en Lima.

- Las lagunas de estabilización y las lagunas aireadas son utilizadas en el 58% de las experiencias (10 en cada caso) y riegan el 75% de la superficie inventariada. Es importante mencionar que 7 de los 10 casos usan las aguas tratadas en lagunas aireadas de las plantas de San Juan y Huáscar recientemente construidas por SEDAPAL y que reemplazaron anteriores sistemas de lagunas de estabilización. Otros dos sistemas de lagunas aireadas son privados y pertenecen a los clubes de golf de Lima y La Planicie.
- Las plantas de lodos activados (8 casos) permiten el riego de 66 ha de áreas verdes y 49 ha agrícolas, que en conjunto constituyen el 22% de la superficie total irrigada con aguas residuales. Los humedales artificiales están presentes en 4 experiencias y los filtros percoladores en sólo dos casos, pero se tratan de pequeños proyectos que apenas atienden el riego de 3 y 12 ha respectivamente.
- La Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) es la responsable del tratamiento del agua utilizada por el 50% de las experiencias de reuso para el riego de 352 ha.

1.2.3 La tipología

Se procedió a realizar una caracterización de las experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales, a fin de identificar la lista de dimensiones y características que se incluirían en el proceso de tipificación. Las dimensiones acordadas fueron las siguientes: institucional, socio-cultural, técnica, ambiental y de salud y económica. Luego de identificar las características de cada dimensión, se realizó una priorización de las principales características de cada dimensión, seleccionando solo aquellas que tuvieron la mayor calificación. Una vez obtenida una nueva lista con sólo una característica de cada dimensión, se procedió a identificar el orden de importancia para el proceso de tipificación.

La tipología quedó establecida mediante una estructura matricial, en donde la primera característica fue el ámbito de localización de la experiencia: periurbana e intraurbana. A continuación se aplicó la segunda característica priorizada para subdividir los grupos definidos con la primera, en función al tipo de actividad: productiva o recreativa. Finalmente se aplicó una tercera característica relacionada con las tecnologías utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales, identificando las siguientes: lagunas de estabilización, lodos activados, lagunas aireadas, humedales artificiales y filtro percoladores. En este último parámetro también se incluyó la condición de algunas experiencias que utilizan el agua residual sin ningún tratamiento.

La tipología quedó estructurada tal como se muestra en el cuadro 2. La estructura tipológica antes descrita permitió identificar 16 tipos diferentes en los 37 casos inventariados en Lima, 21 de los cuales corresponden al ámbito periurbano y 16 al intraurbano. El primer grupo tiene 8 casos orientados a la actividad recreativa y 16 a la productiva, mientras que en el segundo grupo 15 son de tipo recreativo y solo 3 se dedican a una actividad productiva. El total de los casos con actividad recreativa y productiva suman 42, ya que cinco de ellos tienen ambas actividades (combinados).

Cuadro 2. Estructura de la Tipología

Ambito	casos	Tipo de actividad	casos	Tecnología de tratamiento	casos	Tipo	Orden
Periurbano	21	Recreativa	8	Lagunas de estabilización	3	1Aa	5
				Lodos activados	1	1Ab	12
				Lagunas aireadas	4	1Ac	4
		Productiva	16	Lagunas de estabilización	5	1Ba	2
				Lodos activados	1	1Bb	13
				Lagunas aireadas	7	1Bc	1
				Humedales artificiales	1	1Bd	14
				Ninguna	2	1Bo	7
Intraurbano	16	Recreativa	15	Lagunas de estabilización	2	2Aa	8
				Lodos activados	5	2Ab	3
				Lagunas aireadas	2	2Ac	9
				Humedales artificiales	3	2Ad	6
				Filtros percoladores	2	2Ae	10
				Ninguna	1	2Ao	15
		Productiva	3	Lagunas de estabilización	2	2Ba	11
				Lodos activados	1	2Bb	16
Total	37	5 combinados	42		42		

Fuente: IPES, 2007

El cuadro 3 muestra todos los casos de Lima Metropolitana que pertenecen a cada uno de los 16 tipos definidos anteriormente.

Cuadro 3. Casos de cada tipo de sistema en Lima Metropolitana

Tipo 1	Nombre	Tipo 2	Ha	I/s reuso	I/s tratam.	Actor trat.	Ubicación
1Bc	Comité de Regantes CP1-VES		30	30	73	Sedapal	Sur
	Comité de Regantes CP2-VES		100	200	424	Sedapal	Sur
	Zona Agropecuaria de San Juan de Miraflores		12	20	424	Sedapal	Sur
	Parque 23	1Ac	10	20	424	Sedapal	Sur
	Parque Zonal Huascar	1Ac	24	24	73	Sedapal	Sur
	Parque 26	1Ac	15	19	73	Sedapal	Sur
	Zona Agrícola San Pedro de Lurín		20	17	17	Sedapal	Sur
	Zona Agrícola-Ecológica de Ventanilla		50	220	220	Sedapal	Norte
1Ba	Zona Agrícola de José Gálvez		10	35	53	Sedapal	Sur
	Zona Agrícola Nuevo Lurín		3	5	5	Sedapal	Sur
	Zona Agrícola de Pucusana		2	5	5	Sedapal	Sur
	Zona agrícola de Huachipa		1	1	1	Comunidad	Este
2Ab	Áreas Verdes de Surco		50	18	18	Municipal	Centro
	Jardines de la Paz		10	5	5	Privado	Este
	Verma Central Av. Universitaria		5	4	4	Municipal	Norte
	Alameda de la Solidaridad-VES		3	6	6	Municipal	Sur
	Alameda de la Juventud		3	5	5	Municipal	Sur
1Ac	Parque 23	1Bc	10	20	424	Sedapal	Sur
	Parque Zonal Huayna Capac		15	20	424	Sedapal	Sur
	Parque 26	1Bc	15	19	73	Sedapal	Sur
	Parque Zonal Huascar	1Bc	24	24	73	Sedapal	Sur
1Aa	Áreas verdes de Miramar - Ancon		10	30	60	Sedapal	Norte
	Áreas verdes de Jerusalén y Piedras Gordas		8	18	18	Sedapal	Norte
	Áreas verdes de Punta Hermosa		2	3	3	Sedapal	Sur
2Ad	Reuso domiciliario de aguas grises en Nievería		0	0	0	Comunidad	Este
	Áreas Verdes Colegio 1267		0	0	0	Educativo	Sur
	Oasis de Villa		1	3	3	Comunidad	Sur
1Bo	Zona Agrícola de San Agustín		456	700	No hay	No hay	Norte
	Zona Agrícola de Chorrillos		8	10	No hay	No hay	Sur
2Aa	Áreas Verdes de la UNI (UNITRAR)	2Ba	13	8	8	Educativo	Norte
	Colegio Inmaculada	2Ba	13	15	15	Educativo/privado	Centro
2Ac	Club de Golf de Lima		30	20	20	Privado	Centro
	Club de Golf La Planicie		20	15	15	Privado	Este
2Ae	Áreas verdes del Club de la Unión-Santa Rosa		8	10	10	Privado	Norte
	Áreas verdes de Costa Verde-Miraflores		4	2	2	Municipal	Centro
2Ba	Áreas Verdes de la UNI (UNITRAR)	2Aa	13	8	8	Educativo	Norte
	Colegio Inmaculada	2Aa	13	15	15	Educativo/privado	Centro
1Ab	Áreas verdes de la Atarjea		1	1	1	Sedapal	Este
1Bb	Zona agrícola de Chuquitanta		40	60	137	Sedapal	Norte
1Bd	Zona agrícola de Oquendo		2	2	2	agricultor	Norte
2Ao	Áreas verdes de la Universidad Católica		4	6	No hay	No hay	Centro
2Bb	Huerto Comunal de Villa María del Trínfo		3	2	2	Municipal	Sur
Total			985	1,559	1,153		

Fuente: IPES, 2007

Los tipos 1Bc y 1Ba son los más antiguos e importantes (12 casos), y fueron desarrollados en el ámbito periurbano para la producción agrícola. Aun cuando los primeros actualmente utilizan los efluentes de plantas de lagunas aireadas, la mayoría de ellos se iniciaron con lagunas de estabilización.

El tipo 1Ac también puede integrarse al primer grupo, debido a que la mayoría de sus casos pertenecen a ambos, ya que además de la actividad productiva, también mantienen áreas verdes. No está muy alejado de este grupo el tipo 1Aa, que aun cuando están orientados al desarrollo de áreas verdes, se ubican también en el ámbito periurbano y el agua es tratada en lagunas de estabilización. Todos los casos de estos cuatro tipos tienen plantas operadas por SEDAPAL.

El tipo 2Ab con cinco casos marca una importante diferencia con los anteriores, en la medida que sus casos fueron desarrollados hace poco tiempo dentro de la ciudad (intraurbano) para atender exclusivamente los requerimientos de agua de las áreas verdes urbanas y por iniciativa municipal y privada. Se suman pequeñas experiencias recientes que conforman el tipo 2Ad, orientadas al riego de áreas verdes con aguas residuales tratadas en humedales artificiales en proceso de validación.

Los tipos 2Aa, 2Ac y 2Ba comprenden cuatro casos muy importantes, ya que fueron implementados por iniciativas privadas antes del grupo anterior para el riego de áreas verdes urbanas. Básicamente respondieron a la alternativa de usar las aguas residuales en lugar de agua potable, a fin de reducir significativamente los gastos de mantenimiento de estas áreas.

Los tipos 1Bo y 2Ao constituyen el 50% del área regada con aguas residuales de Lima sin ningún tratamiento previo. Esta grave situación genera un alto riesgo a la salud pública, ya que abastece con el 30% de hortalizas comercializadas en Lima o contamina jardines utilizados por la población. Por tanto, es un tipo que si bien existe, deberá ser eliminado definitivamente y al más breve plazo.

2. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN, ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CASO

2.1 OBJETIVO DE LOS ESTUDIOS DE CASO

Profundizar la caracterización inicial realizada con la evaluación de 19 casos, a fin hacer más confiable la información que se obtenga a través de seis estudios de casos para una mejor evaluación comparativa de los diferentes tipos de experiencias existentes.

2.2 CRITERIOS PARA SELECCIONAR LOS ESTUDIOS DE CASO

Como en el punto anterior se ha explicado, el Inventario inicial (cuadro 1) de 37 casos de uso de aguas residuales identificados en Lima Metropolitana permitió elaborar la tipología que se muestra en el cuadro 2, A partir de esta estructura se definieron los siguientes criterios para seleccionar los estudios de caso:

- Se eligió un caso por cada tipo de ámbito/actividad.
- Se escogieron los tipos con mayor cantidad de casos.
- Se adicionaron dos casos más para los ámbito/actividad más numerosos.
- Se trató de incluir más tecnologías de tratamiento.
- Se completó la lista con casos de filtros percoladores y sin tratamiento.

2.3 LOS TIPOS DE CASOS SELECCIONADOS

Estos criterios antes permitieron luego seleccionar los ocho tipos con mayor número de casos y que son identificados en el cuadro 4 con los colores celeste, crema y rosado.

Cuadro 4. Tipos de casos seleccionados para los estudios

Ambito	casos	Tipo de actividad	casos	Tecnología de tratamiento	casos	Tipo	Orden
Periurbano	21	Recreativa	8	Lagunas de estabilización	3	1Aa	5
				Lodos activados	1	1Ab	12
				Lagunas aireadas	4	1Ac	3
		Productiva	16	Lagunas de estabilización	5	1Ba	2
				Lodos activados	1	1Bb	13
				Lagunas aireadas	7	1Bc	1
				Humedales artificiales	1	1Bd	14
				Ninguna	2	1Bo	7
Intraurbano	16	Recreativa	15	Lagunas de estabilización	2	2Aa	8
				Lodos activados	5	2Ab	4
				Lagunas aireadas	2	2Ac	9
				Humedales artificiales	3	2Ad	6
				Filtros percoladores	2	2Ae	10
				Ninguna	1	2Ao	15
		Productiva	3	Lagunas de estabilización	2	2Ba	11
				Lodos activados	1	2Bb	16

Fuente: IPES, 2007

El siguiente paso fue identificar todos los casos del inventario que corresponden a los ocho tipos seleccionados para los estudios de caso y que figuran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Casos existentes en los ocho tipos seleccionados para los estudios

Tipo 1	Nombre	Tipo 2	Ha	l/s reuso	l/s tratam.	Actor trat.	Ubicación
1Ac	Parque 23	1Bc	10	20	424	Sedapal	S
	Parque Zonal Huayna Capac		15	20	424	Sedapal	S
	Parque 26	1Bc	15	19	73	Sedapal	S
	Parque Zonal Huascar	1Bc	24	24	73	Sedapal	S
1Ba	Zona Agrícola-Ecológica de Ventanilla		50	220	220	Sedapal	N
	Zona Agrícola de José Gálvez		10	35	53	Sedapal	S
	Zona Agrícola Nuevo Lurín		3	5	5	Sedapal	S
	Zona Agrícola de Pucusana		2	5	5	Sedapal	S
	Zona agrícola de Huachipa		0.65	0.6	0.6	Comunidad	E
1Bc	Comité de Regantes CP2-VES		100	200	424	Sedapal	S
	Zona Agropecuaria de San Juan de Miraflores		12	80	424	Sedapal	S
	Parque 23	1Ac	10	20	424	Sedapal	S
	Parque Zonal Huascar	1Ac	24	24	73	Sedapal	S
	Comité de Regantes CP1-VES		30	30	73	Sedapal	S
	Parque 26	1Ac	15	19	73	Sedapal	S
	Zona Agrícola San Pedro de Lurín		20	17	17	Sedapal	S
1Bo	Zona Agrícola de San Agustín		456	700	No hay	No hay	N
	Zona Agrícola de Chorrillos		8	10	No hay	No hay	S
2Aa	Áreas Verdes de la UNI (UNITRAR)	2Ba	12.76	7.5	7.5	Educativo	N
	Colegio Inmaculada	2Ba	10	15	15	Educativo/privado	C
2Ab	Áreas Verdes de Surco		50	17.5	17.5	Municipal	C
	Jardines de la Paz		10	5.25	5.25	Privado	E
	Verma Central Av. Universitaria		5	4	4	Municipal	N
	Alameda de la Solidaridad-VES		3.45	6	6	Municipal	S
	Alameda de la Juventud		2.5	5	5	Municipal	S
2Ad	Reuso aguas grises domiciliario de Nievería		0.002	0.2	0.2	Comunidad	E
	Áreas Verdes Colegio 1267		0.002	0.1	0.25	Educativo	S
	Oasis de Villa		0.76	3	3	Comunidad	S
2Ae	Áreas verdes del Club de la Unión-Santa Rosa		8	10	10	Privado	N
	Áreas verdes de Costa Verde-Miraflores		4	1.5	1.5	Municipal	C

Fuente: IPES, 2007

Como se puede apreciar en el cuadro 5, un total de 30 casos han sido identificados, de los cuales tres están considerados en dos tipos por tratarse de experiencias combinadas (parques Huáscar, 23 y 26).

2.4 CASOS SELECCIONADOS

Al quedar 27 casos involucrados en estos ocho tipos seleccionados, se definieron cinco criterios que permita finalmente elegir los casos que representarían los tipos seleccionados. Estos criterios son los siguientes:

- Casos que pertenezcan a dos tipos elegidos
- Casos mas representativos de los tipos elegidos
- Mas casos de Sur y Norte
- Mayor número de actores de tratamiento
- Casos de diferentes tamaños

El cuadro 5 muestra los casos elegidos para cada uno de los tipos seleccionados y que se sintetizan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Casos seleccionados para los estudios

Tipo	Nombre	Tipo 2	Ha	l/s reuso	l/s tratam.	Actor trat.	Ubicación
1Ac	Parque 26	1Bc	15	19	73	Sedapal	S
1Ba	Zona Agrícola de Pucusana		2	5	5	Sedapal	S
1Bo	Zona Agrícola de San Agustín	AU	456	700	No hay	No hay	N
2Ab	Verma Central Av. Universitaria		5	4	4	Municipal	N
2Ad	Oasis de Villa		0.76	3	3	Comunidad	S
2Ae	Áreas verdes de Costa Verde-Miraflores		4	1.5	1.5	Municipal	C
2Ba	Colegio Inmaculada	2Aa	10	15	15	Educativo/privado	C

Fuente: IPES, 2007

Es importante indicar que el caso del Parque 26 ha sido elegido porque pertenece simultáneamente a los tipos 1Ac y 1Bc, situación que implica reducir el número de casos a siete. Asimismo se debe mencionar que el caso de la Zona Agrícola de San Agustín ha sido incluido porque también será evaluado por equipo de Agricultura Urbana, condición que favorece una mejor intervención del mencionado caso.

2.5 INSTITUCIONES QUE DEBEN PROPORCIONAR LA INFORMACIÓN

Las siete instituciones responsables de las experiencias de reuso se mencionan en el cuadro 6. Esta lista incluye dos municipalidades, dos organizaciones de agricultores y una comunal, así como un centro educativo privado.

Cuadro 7. Instituciones responsables del reuso en los casos elegidos

Institución	Zona
MVCS-OMA	Parque 26
Agricultores de Pucusana	Zona Agrícola de Pucusana
Municipalidad de Comas	Berma central Avenida Universitaria
Comunidad Oasis de Villa	Campo deportivo de Oasis de Villa
Municipalidad de Miraflores	Áreas verdes de Costa Verde
Colegio La Inmaculada	Frutales y áreas verdes del colegio
Asociación de agricultores de San Agustín	Zona agrícola de San Agustín

Fuente: IPES, 2007

Las instituciones responsables de las plantas de tratamiento de las aguas residuales utilizadas en los estudios de caso elegidos figuran en el cuadro 8. En este caso tres plantas son operadas por SEDAPAL, otras por municipalidades y la séptima por un centro educativo privado.

Cuadro 8. Instituciones responsables del tratamiento en los casos elegidos

Institución	Planta
SEDAPAL	Planta de tratamiento de Huáscar
SEDAPAL	Planta complementaria del Parque 26
SEDAPAL	Planta de Pucusana
Municipalidad Provincial de Lima, EMAPE	Planta de la Avenida Universitaria
Junta Directiva del Asentamiento Humano de Oasis de Villa	Planta de Oasis de Villa
Municipalidad de Miraflores	Planta de Costa Verde
Colegio La Inmaculada	Planta de la Inmaculada

Fuente: IPES, 2007

2.6 INFORMACIÓN REQUERIDA DE LAS INSTITUCIONES QUE TRATAN

a. Dimensión Institucional

- Nombre y ubicación de la planta: incluyendo la dirección, teléfono y dependencia de la institución a que pertenece.
- Años de antigüedad de la planta e interrupciones de la operación si hubiesen ocurrido.
- Alcance de la experiencia: si es un proceso aislado o parte de un programa mayor, identificando el nombre del programa institucional local, regional o nacional.

- Propósito del tratamiento: protección ambiental de algún cuerpo receptor o la zona de reuso (indicar cuales), cumplir con la legislación vigente, generación de ingresos, ahorro de costos de agua, actividades académicas y de investigación u otros.
- Institución propietaria u otra condición de tenencia de la tierra
- Tipo de organización que trata: sector público o privado, gobierno nacional, regional o local, organizaciones comunitarias de base o de agricultores, institución académica o de investigación, u otro.
- Entidad promotora del tratamiento: nombre y tipo de entidad (sector público o privado, gobierno nacional, regional o local, organizaciones comunitarias de base o de agricultores, institución académica o de investigación, u otro).
- Entidades financieras del tratamiento: Nombres y tipo de instituciones (tipos similares a lo anterior). Se debe incluir la entidad que aportó la contraparte.
- Identificación de actores indirectos: MINSA/DIGESA, SEDAPAL, gobiernos nacional, regional o local, comités ambientales, juntas de riego, etc.
- Acuerdos existentes: con MINSA/DIGESA, SEDAPAL, gobiernos nacional, regional o local, comités ambientales, juntas de riego y otros, para financiamientos, autorizaciones y permisos de ejecución de obras y operación de la planta, así como acuerdos de riego para áreas agrícolas y/ parques.
- Conflictos existentes: tales reclamos de vecinos por olores desagradables, ubicación de la zona urbana muy cercana, riesgos de inundación de las áreas libres de la planta, arrojo de basura en el terreno de la planta, problema de robos y pandillaje u otros. Una opción es que no tengan ningún conflicto.
- Problemas legales: tales como situación de la tenencia de la tierra, autorización de DIGESA, permiso de uso del agua residual de SEDAPAL, no cumple con la distancia mínima de la zona urbana, incompatibilidades con la legislación vigente para el tratamiento u otros. También puede no haber problemas legales.

b. Dimensión técnica

- Tamaño de la planta: en metros cuadrados o hectáreas, identificando la extensión neta usada actualmente, la usada para otras actividades (viviendas, oficinas, caminos, áreas verdes) y la disponible para una futura ampliación.
- Tecnología de tratamiento utilizada: Indicar el nivel (primario, secundario o terciario) y el tipo de tecnología (lagunas de estabilización, lagunas aireadas, lodos activados, lagunas anaeróbicas, reactores anaeróbicos, humedales artificiales, filtros percoladores, tanques sépticos u otros). En el caso se usar más de una, indicar la combinación.
- Capacidad diseñada: referida tanto al caudal de agua como a la carga orgánica que podría tratar. También se debería conocer la calidad sanitaria final que se esperaba.
- Proceso de tratamiento: etapas y tecnología aplicada en cada una.
- Dimensiones de la planta: indicar el tamaño en m² o ha de cada unidad de los diferentes procesos. Se considera a longitud, ancho, profundidad, taludes, capacidad (volumen), caudal y días de retención.
- Caudales actuales: afluente y efluente, incluyendo variaciones durante el año.
- Eficiencia del tratamiento: periodos de retención y capacidades de remoción en cada etapa y de los principales parámetros como sólidos suspendidos, materia orgánica, coliformes fecales y parásitos entre otros.

- Disposición final del efluente: caudal descargado en cuerpos receptores (laguna, río o mar) o utilizado en el reuso (áreas agrícolas o verdes)
- Tratamiento y disposición de lodos: describir la cantidad producida, la tecnología y el proceso de tratamiento, el costo de tratamiento y la disposición final.
- Problemas de Manejo: tales como disponibilidad de personal y recursos, falta de mantenimiento de algunas unidades, generación de olores desagradables, mala calidad del efluente, altos costos y disponibilidad de energía e insumos, y otros.

c. Dimensión económica

- Costos de inversión: en terreno, infraestructura y equipamiento.
- Costos de operación y mantenimiento anual: estimado de costos de personal, materiales e insumos, energía y servicios en soles.
- Precio de comercialización: en caso de venderse para el riego de áreas verdes o de sustituir el agua potable antes utilizada.
- Relación beneficio/costo: estimada de la información anterior.

d. Dimensión ambiental y de salud

- Tipo de suelos del área de tratamiento: según la clasificación de tipo de partículas (arena, limo, arcilla, grava, cascajo, piedras y rocas).
- Controles de calidad del proceso: especialmente del afluente y el efluente, indicando todos los parámetros y frecuencia con que se miden, que entidad los analiza y el historial de todos los datos acumulados en los últimos años para calcular niveles máximos, mínimos y promedios.
- Impactos positivos: tales como mejora de la calidad del agua, protección de los cuerpos receptores, suelos y zonas de reuso, incorporación de áreas agrícolas o verdes a la ciudad, mantenimiento de las áreas agrícolas o verdes existentes, entre otros.
- Impactos negativos: tales como, olores desagradables, presencia de insectos (zancudos) y/o roedores, contaminación de cuerpos receptores o zonas de reuso u otros impactos.

e. Dimensión Socio-cultural

- Beneficiarios directos: hombres y mujeres que trabajan directamente en la planta de tratamiento
- Beneficiarios indirectos: personas que se benefician indirectamente por el tratamiento o el reuso de los efluentes.
- Aceptación de la operación de la planta por los vecinos, si se ha realizado una evaluación si ellos aceptan o tienen conflictos actuales con los vecinos.
- Estimado de viviendas y población que aporta las aguas residuales que trata la planta.

2.7 INFORMACIÓN REQUERIDA DE LAS INSTITUCIONES QUE REUSAN

a. Dimensión Institucional

- Nombre y ubicación de la experiencia: incluyendo la dirección, teléfono y dependencia de la institución a que pertenece.
- Años de antigüedad: de la experiencia e interrupciones de la operación.

- Alcance de la experiencia: si es aislada o parte de un programa mayor, identificando el nombre del programa
- Propósito de la experiencia: ambiental, generación de ingresos, seguridad alimentaria, educativo u otros.
- Tenencia de la tierra: número de propietarios, concesionarios, precarios u otra situación. Problemas de tenencia de la tierra.
- Tipo de organización: sector público o privado, gobierno nacional, regional o local, organizaciones comunitarias de base o de agricultores, institución académica o de investigación, u otro.
- Entidad promotora del reuso: nombre y tipo de entidad (sector público o privado, gobierno nacional, regional o local, organizaciones comunitarias de base o de agricultores, institución académica o de investigación, u otro).
- Entidades financieras del reuso: Nombres y tipo de instituciones (tipos similares a lo anterior). Se debe incluir la entidad que aportó la contraparte.
- Identificación de actores indirectos: MINSA/DIGESA, SEDAPAL, gobiernos nacional, regional o local, comités ambientales, juntas de riego, etc.
- Acuerdos existentes: con MINSA/DIGESA, SEDAPAL, gobiernos nacional, regional o local, comités ambientales, juntas de riego y otros, para autorizaciones, permisos, financiamientos, ejecución de obras y acuerdos de riego para áreas agrícolas y/ parques.
- Conflictos existentes: tales como peleas entre agricultores por turnos de agua, problemas de robo o pandillaje, reclamos de vecinos por olores, litigios con las tierras, u otros. Una opción es que no tengan ningún conflicto.
- Problemas legales: tales como situación de la tenencia de la tierra, autorización de DIGESA, permiso de uso del agua residual de SEDAPAL, falta de legislación sobre las exigencias del reuso u otros. También puede no haber problemas legales.

b. Dimensión técnica

- Tipo de riego: por gravedad (inundación, melgas, surcos) o tecnificado (por gravedad, aspersión, micro-aspersión, exudación, goteo) u otro. En caso de usar más de un tipo, se debe definir el área y cultivo para cada tipo utilizado.
- Características de los principales cultivos: se indicará la extensión ocupada, las estaciones de producción (verano o invierno), producción en kg o unidades/ha o m².
- Problemas de Manejo: tales como que no se dispone bien de los residuos sólidos, uso de agua residual sin tratar por falta de agua de río, poco mantenimiento o paralización de la planta de tratamiento, mala calidad del agua utilizada, entre otros.

c. Dimensión económica

- Costos de inversión: en terreno, infraestructura y equipamiento.
- Costos de producción: estimado de costos de personal, insumos y servicios en soles por ha o m².
- Precio de comercialización: pago al productor en soles por kilo, unidad, docena o paquete.
- Relación beneficio/costo: estimada de la información anterior.

d. Dimensión ambiental y de salud

- Tamaño de la experiencia: en metros cuadrados o hectáreas, identificando la extensión usada actualmente y la disponible a futuro.
- Tipo de suelos: del área de reuso, según la clasificación de tipo de partículas (arena, limo, arcilla, grava, cascajo, piedras y rocas).
- Volumen de agua utilizada: se identificará los volúmenes mensuales de todo el año utilizado de cada fuente de agua, tales como agua de río, agua residual o agua subterránea (costo de bombeo). También se debe indagar si el volumen disponible es suficiente, sobra o falta y en que época.
- Características del agua residual: indicando la fuente, la entidad responsable del tratamiento y la tecnología de tratamiento. También se debe indagar si el tratamiento es suficiente y que se propone para mejorarlo.
- Calidad del agua residual: indicando todos los parámetros y frecuencia con que se miden, que entidad los analiza y el historial de todos los datos acumulados en los últimos años para calcular niveles máximos, mínimos y promedios.
- Impactos positivos: del reuso, tales como incorporación de áreas agrícolas o verdes a la ciudad, mantenimiento de las áreas agrícolas o verdes existentes, reducción de fertilizantes, incremento de la producción, mejora en la calidad del agua y el suelo, reducción de la contaminación de suelos y cultivos, entre otros.
- Impactos negativos: tales como olores desagradables, presencia de insectos (zancudos) y/o roedores, u otros.

e. Dimensión Socio-cultural

- Beneficiarios directos: hombres y mujeres que trabajan directamente en el reuso
- Beneficiarios indirectos: personas que se benefician indirectamente con el reuso por el consumo de los productos o el uso recreativo de los parques (afluencia de público).
- Aceptación de los productos regados con aguas residuales: tales como saber si las personas que consumen los productos conocen saben que son regados con aguas residuales y el porcentaje de ellas que lo aceptan.

2.8 PROCESO DE EVALUACIÓN

El proceso de evaluación se realizó utilizando una serie de instrumentos, que fueron aplicados en el trabajo de campo para acceder a las fuentes primarias de información. Luego se procedió a sistematizar dicha información para su validación final con los actores directamente involucrados con los casos. A continuación se enumeran tales instrumentos y fuentes de información, así como las actividades realizadas en el trabajo de campo y en los procesos de sistematización y validación.

a. Instrumentos

- Fuentes de información: inventario y las encuestas realizadas, y la información escrita y virtual de las instituciones responsables de los casos estudiados.
- Entrevistas con funcionarios y técnicos responsables de las actividades de tratamiento y uso de las aguas residuales en cada caso.

- Talleres participativos de junta de usuarios y productores para recibir información colectiva sobre las experiencias evaluadas en cada caso.
- Equipos básicos para la toma de datos, tales como GPS, medidores de caudal y recipientes para la toma de muestras.
- Análisis de laboratorio de las aguas residuales, suelos y productos en laboratorios locales acreditados (DBO, coliformes fecales y parásitos).

b. Fuentes de información

- Información publicada: medios escritos, electrónicos como páginas Web de las instituciones involucradas en cada caso.
- Actores directos: promotores de la experiencia, productores, , usuarios o beneficiarios de la experiencia (consumidores, clientes, intermediarios)
- Información oficial disponible de las instituciones responsables de los casos estudiados.

c. Trabajo de campo

- Contacto oficial y telefónico con las instituciones responsables de los casos para fijar las fechas de las visitas.
- Elaboración de un cronograma de visitas oficiales a las instituciones.
- Primeras visitas oficiales y entrevistas con los funcionarios responsables de los casos.
- Organización de talleres participativos de junta de usuarios y productores involucrados con los casos estudiados.
- Revisión de la información oficial disponible de las instituciones responsables de los casos estudiados.
- Toma de muestras de agua, suelos o productos de los casos estudiados.
- Visitas complementarias a las instituciones en dos o tres momentos diferentes, para terminar de recabar la información pendiente.

d. Sistematización de la información

- Elaboración de las fichas electrónicas de sistematización de los casos estudiados (matrices).
- Llenado progresivo de las fichas de sistematización, de acuerdo a la recolección de información en el trabajo de campo realizado en cada caso.
- Descripción de las características de cada caso, de acuerdo a las variables antes definidas para las dimensiones institucional, sociocultural, ambiental y de salud, técnica y económica.
- Análisis y evaluación comparativa de los casos estudiados. Haciendo uso de indicadores predefinidos.
- Elaboración de un Borrador del Informe de los estudios de caso desarrollados.

e. Validación de los estudios de caso

- Validación inicial del Informe de los estudios de caso desarrollados con el equipo multiactoral de SWITCH.
- Incorporación de las observaciones del equipo multiactoral de SWITCH.
- Validación final del informe corregido con los actores involucrados en los estudios de caso.
- Incorporación de las observaciones de los actores involucrados en los estudios de caso.
- Elaboración del informe definitivo sobre los estudios de caso.

3. ESTUDIOS DE CASO DE EXPERIENCIAS DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 BERMA CENTRAL DE LA AV. UNIVERSITARIA

a. Información general

Esta experiencia de tratamiento integrado al uso de las aguas residuales para el riego de áreas verdes se encuentra ubicada en los distritos de Carabayllo y Comas y comprende la berma central de la Avenida Universitaria, entre las avenidas Chimpú Ocllo (urbanización San Felipe) y Los Incas (urbanización El Pinar). Tiene una extensión de 5.7 ha (en una longitud de 2.50 km) y una antigüedad de 7 años.

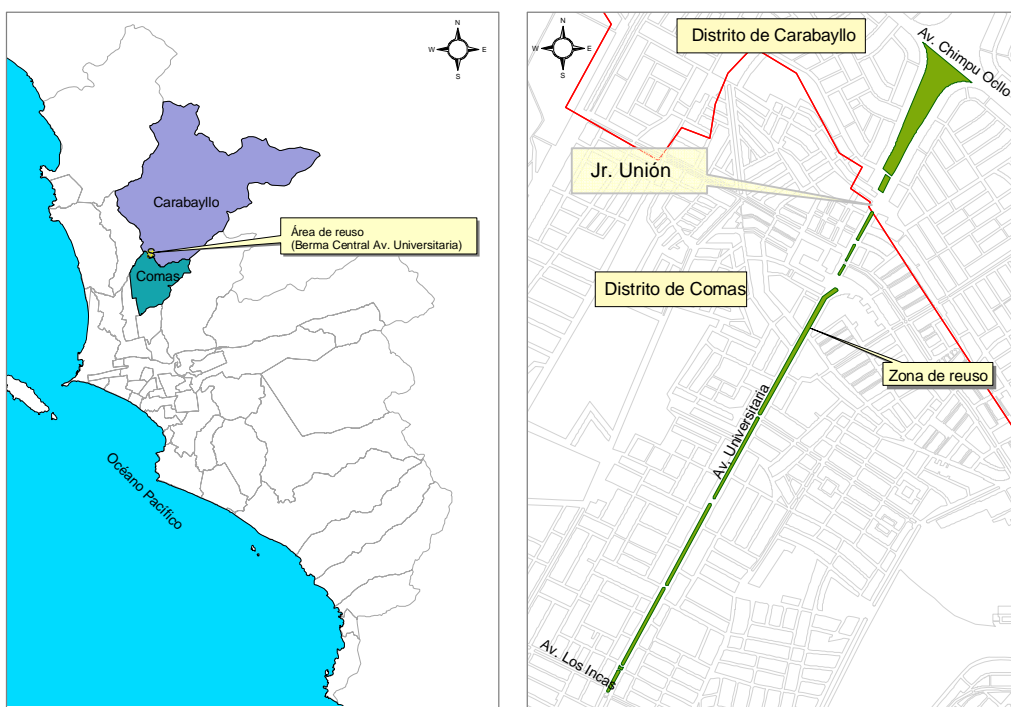


Figura 1. Ubicación de las áreas verdes de la Av. Universitaria

Fuente: T. Alfaro, 2008

El propósito fundamental del proyecto es ambiental, ya que ha implementado la planta de tratamiento para disponer de un agua de buena calidad para el riego de áreas verdes circundantes. También es educativa porque permite la investigación de estudiantes universitarios.

b. Dimensión institucional

Esta experiencia fue resultado de la iniciativa y financiamiento de la ONG Centro de Investigaciones de Proyecto Urbanos y Regionales de Lima, Perú (CIPUR), en convenio con la Municipalidad Metropolitana de Lima.

Las actividades de tratamiento y reuso son parte del programa de Áreas Verdes de la Empresa Municipal Administradora de Peajes (EMAPE) y de la Municipalidad Distrital de Comas. El mantenimiento de las áreas verdes, en el

tramo del Jr. Unión hasta la avenida Los Incas es asumida por la subgerencia de Parque y Jardines de la Municipalidad de Comas, y el tramo desde la Av. Chimpu Ocllo hasta el Jr. Unión la mantiene directamente EMAPE.

La Municipalidad de Lima como propietaria de la planta de tratamiento es la responsable de asumir sus costos de operación y mantenimiento, ya que la ONG CIPUR asumió el financiamiento de la implementación hasta su puesta en marcha. La Municipalidad Distrital de Comas y EMAPE han asumido el financiamiento para el mantenimiento de las áreas verdes desarrolladas. La Municipalidad de Comas mantiene acuerdos con EMAPE para la dotación del agua tratada y para asumir algunos gastos por la compra de accesorios de la infraestructura de conducción del agua.

Existen otras instituciones que intervienen como actores indirectos en el tratamiento, tales como la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), que prestan sus servicios para los análisis de la calidad agua. Además EMAPE mantiene un acuerdo con SEDAPAL para la captación del agua residual en el sistema de alcantarillado.

Los funcionarios de ambas instituciones manifiestan que no existen problemas legales y que los principales conflictos se dan por robo de los accesorios del sistema de riego y el arrojo de basura en la berma central que realiza la gente de los mercados. También se presentan algunos reclamos de los vecinos cuando se producen olores desagradables.

3.1.1 Tratamiento

a. Dimensión técnica

La planta de tratamiento ocupa un área de 910 m², que se caracteriza por presentar un suelo de textura franco arenosa. Esta área incluye las instalaciones de la planta, oficinas, servicios sanitarios y área verde circundante.



Figura 2. Ubicación de la Planta de tratamiento de la Av. Universitaria

La planta utiliza la tecnología de tratamiento de Lodos Activados con aireación extendida. El proceso de tratamiento empieza con la derivación de 3 L/s de

desagüe (el caudal de diseño fue para tratar 4 L/s) de la red de alcantarillado contigua. Luego esta agua pasa a un pozo captador, en donde es bombeada hacia la caja repartidora, para dividir el caudal en dos partes iguales mediante dos vertederos triangulares. Cada mitad del caudal ingresa a un tanque de aireación, en donde empieza el proceso cuando el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados mediante los sopladores. Posteriormente el agua residual pasa a los sedimentadores (clarificador secundario) para separar los sólidos biológicos y recirculados al tanque de aeración, con el propósito de mantener constante una cantidad de sólidos suspendidos volátiles. Una vez sedimentados los lodos estabilizados, el agua clarificada es conducida a una cisterna para su cloración y almacenamiento, quedando así apta para luego ser utilizada en el riego. El lodo excedente es retornado a la red de alcantarillado.

Las dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento antes mencionadas se indican en el cuadro 9.

Cuadro 9. Dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento de la Av. Universitaria

Unidad	No.	Longitud (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Volumen (m ³)
Pozo captador	1	2.30	1.10	7.00	17.71
Caja repartidora	1	0.70	0.70	0.21	0.10
Tanques de aireación	2	12.00	2.40	3.85	110.88
Sedimentadores	2	2.50	2.50	3.85	24.06
Cisterna de cloración	1	7.00	3.00	3.00	63.00

Fuente: IPES, 2007

Según el responsable del proceso de tratamiento, diariamente se realiza un control del caudal de ingreso de agua en cada tanque de aireación, utilizando para ello los vertederos triangulares instalados en la caja repartidora. También se monitorea todos los días el Índice de Densidad de Lodos (SDI) en el tanque de aireación, con la finalidad de conocer si es necesario hacer una recirculación de lodos.

El parámetro con mayor frecuencia de monitoreo es la DBO₅, que se evalúa a partir de las muestras tomadas en la derivación del caudal (red de alcantarillado), el pozo captador, la salida del sedimentador y la cloración. . Otro parámetro monitoreado es la concentración de la colimetría fecal en la entrada del agua residual y después de la cloración. No existe una frecuencia establecida para este monitoreo.

En el cuadro 10 se indica los datos de un control realizado por EMAPE en 2006 de la DBO₅ y coliformes fecales a nivel de cada estructura, mientras que en el cuadro 11 se comparan estos datos de la calidad del agua en el afluente y efluente de la planta con los realizados por el proyecto SWITCH en 2007 y 2008.

Cuadro 10. Calidad del agua en el proceso de la planta de la Av. Universitaria

Estructura	DBO ₅ (mg O ₂ /L)		CF (NMP/100mL)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Derivación (red)	280	-	1.30E+07	-
Pozo captador		260	-	-

Sedimentador		9		
Cisterna de cloración		3		16

Fuente: EMAPE, 2006

Estos resultados permiten demostrar la gran eficiencia de este sistema para la remoción de materia orgánica (99%). Si bien esta capacidad es menos importante cuando se quiere aprovechar el agua en el riego de áreas verdes, tiene la ventaja de evitar una mayor acumulación de sólidos en el sistema de riego tecnificado.

Cuadro 11. Calidad del agua tratada en la planta de la Av. Universitaria

Fuente	DBO ₅ (mg O ₂ /L)		CF (NMP/100mL)		Parásitos (Org/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
EMAPE, 2006	280	3	1.3E+06	16		
IPES, dic.2007 (*)	100.5	2	3.30E+07	1.8	693	0
IPES, jul.2008 (*)					1,237	5

Fuente: EMAPE, 2006 e IPES, 2007 y 2008

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno

CF: Coliformes fecales

Parásitos: Protozoos y helmintos

() Muestras analizadas en el Laboratorio de DIGESA*

Igualmente se aprecia una alta remoción de coliformes fecales de hasta seis unidades logarítmicas, debido a la cloración en la etapa final del proceso. Esta desinfección de hecho es suficiente para lograr una eficiente remoción de bacterias y virus patógenos.

El tiempo de retención total del agua desde que ingresa al pozo captador es aproximadamente de 20 horas, de las cuales la mitad transcurre en los tanques de aireación. Este periodo de retención es considerado corto para lograr una remoción completa de parásitos, que tampoco se logra con la desinfección. Por esa razón, el efluente presenta eventualmente parásitos del grupo de los protozoos.



Figura 3. Planta de lodos activados de la Av. Universitaria

Fuente: T. Alfaro, 2008

Actualmente la planta no cuenta con un proceso de tratamiento de lodos, ya que éstos retornan al sistema de alcantarillado de SEDAPAL. En una oportunidad, depositaron los lodos en unas camas para producir lombrices, secado parcial que permitió una reducción de 75% del volumen original, estimado en 4 m³ de lodo procedente del sedimentador en un lapso de 15 días.

Uno de los problemas detectados en el proceso de la planta es la disminución del caudal en horas de la madrugada, ya que reduce la eficiencia del sistema al mantener los sopladores trabajando con la misma potencia. Otro problema de manejo es la presencia esporádica de grasas y sustancias de coloración rojiza, no típicas de aguas residuales domésticas, y que afectan el proceso biológico. Los operadores han decidido parar los equipos de aireación cada vez que se presenta este suceso hasta que se normaliza nuevamente la calidad habitual del agua.

b. Dimensión económica

De acuerdo a la tasación elaborada por el proyecto SWICHT, el valor de la inversión actualizada de la planta de tratamiento de la Av. Universitaria sería de US\$ 262,943. Como se puede apreciar en el cuadro 12, esta cifra incluye el costo del terreno estimado en US\$ 106/m² y que representaría el 37% del valor total.

Cuadro 12. Costos de inversión de la planta de tratamiento de la Av. Universitaria

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (S/.)	SUB TOTAL (US\$)
1.00	Obras preliminares	3,553	1,184
2.00	Movimiento de tierras	15,432	5,144
3.00	Estructuras de concreto	380,045	126,682
4.00	Sistema de conducción (tuberías)	19,827	6,609
5.00	Equipo de aireación	4,653	1,551
6.00	Otros equipos	1,421	474
7.00	Obras complementarias	9,373	3,124
Costo directo US\$		434,304	144,768
Costo indirecto US\$ (15%)		65,146	21,715
Costo total de la obra (US\$)		499,450	166,483
Costo del terreno		289,380	96,460
Costo actual de la planta		788,830	262,943

Fuente: IPES, 2008

Teniendo en cuenta que la planta tiene una capacidad para tratar los desagües de 1,519 personas, se puede deducir que el costo de inversión de este sistema sería de US\$ 172/persona atendida (US\$ 109/persona sin costo del terreno).

Los datos proporcionados por EMAPE y que figuran en la primera parte del cuadro 13 han permitido estimar los costos anuales de operación y mantenimiento de la planta. Teniendo en cuenta que este costo anual es de US\$ 31,402, se deduce un costo de tratamiento de US\$ 0.69 por metro cúbico de agua tratada, valor que incluye US\$ 0.12 por el costo de depreciación de la infraestructura en 25 años. Estos gastos son asumidos totalmente por EMAPE y los mayores costos están referidos al personal y energía para el bombeo, que equivalen al 43 y 20% del costo total respectivamente. Es importante mencionar que, si la planta hubiese sido construida específicamente para tratar las aguas de la población, sería necesario incorporar una tarifa anual de casi US\$ 25/persona.

Cuadro 13. Costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de la Av. Universitaria

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	23,590
• De Operación	16,550
• De Seguridad	7,040
Materiales e insumos	240
Energía para bombeo	6,282
Electricidad y agua potable	440
Servicios por mantenimiento de equipos	850
Total	31,402
Producción de agua (m3/año)	55,200
Costo del agua por operación y mantenimiento(US\$/m3)	0.57
Inversión en la planta (US\$)	166,483
Vida útil de la planta (años)	25
Depreciación de la planta (US\$/año)	6,659
Costo del agua por depreciación de la inversión (US\$/m3)	0.12
Costo total del agua (US\$/m3)	0.69

Fuente: EMAPE 2007

c. Dimensión ambiental y de salud

De acuerdo a la información proporcionada por EMAPE y los análisis de calidad del agua realizados por el proyecto SWITCH (cuadro 11), el sistema de tratamiento implementado permite alcanzar la calidad sanitaria requerida para el riego de las áreas verdes restringidas a la comunidad. El sistema de cloración incorporado es eficiente para la remoción de bacterias y virus patógenos, pero no necesariamente de parásitos, por tanto el uso de este efluente podría constituir un riesgo de la salud de los vecinos que hacen contacto con el gras de esas áreas. En tal sentido se requiere implementar dispositivos que eviten la salida por rebose del efluente para controlar protozoos y monitorear por un periodo largo si se mantiene la presencia de estos patógenos. De persistir estos organismos, se propone evitar el riego de áreas con gras en contacto con la comunidad o que se utilice un sistema de riego sub-superficial.

Se considera como principal impacto positivo la mejora de la calidad del agua residual doméstica a tal grado que permite el mantenimiento de las áreas verdes sin riesgos a la salud pública. Los impactos negativos identificados en esta experiencia son la aparición de vectores y los olores desagradables que se producen sobre todo en horas de la mañana.

d. Dimensión socio-cultural

Los beneficiarios directos son los tres operarios que realizan las labores de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento y dos personas encargadas de la seguridad de sus instalaciones. Estos operarios laboran en horarios diferentes.

Los beneficiarios indirectos están constituidos por la población que descargan sus desagües al sistema de alcantarillado y es captado para su tratamiento en la planta. Se ha estimado que 304 viviendas con una población de 1519 personas aportan el caudal de 3 litros por segundo de agua residual tratada en el sistema.

3.1.2 Reuso

a. Dimensión técnica

El proyecto fue inicialmente planificado para regar aproximadamente unas 20 ha comprendidas en 10 Km de la berma central de la avenida Universitaria, bajo la concepción de sembrar solo especies forestales. Sin embargo, la Municipalidad de Comas decidió la implementación de jardines con gras, determinando que el agua tratada alcanzara solo para un área de 5.7 ha ubicada en 2.50 Km de esta vía.



EMAPE riega una extensión de 1.6 ha, que va desde la Av. Chimpú Ocllo hasta el Jr. Unión, mientras que la Municipalidad de Comas mantiene 4.10 ha, que van desde el Jr. Unión hasta la avenida Los Incas. Las áreas verdes implementadas en las 5.7 ha están conformadas principalmente por las especies vegetales que se indican en el cuadro 14.

Cuadro 14. Especies cultivadas en las áreas verdes de la Av. Universitaria

Cultivo	Área (ha)
Gras americano	3.20
Molle	1.50
Palmeras	0.25
Arbustos	0.75
Total	5.70

Fuente: IPES, 2008

El caudal de agua tratada destinado para el riego es de 3 L/s y proveniente de la planta de tratamiento operada por EMAPE. Este caudal equivale en promedio a un volumen diario de agua de 151 m³, lo que implica un gasto mensual de 4,600 m³. Estos datos permiten estimar un módulo de riego de 9,680 m³ de agua por año por hectárea aplicado a un suelo de textura franco arenosa.

El sistema de riego consta de una tubería principal a presión, tendida en la parte central de la avenida Universitaria, con válvulas de salida cada 80 m que sirven para conectarse las mangueras de riego.

Los problemas de manejo están vinculados con los robos y deterioro de los accesorios de la infraestructura de riego, que ocasionan retrasos en los riegos planificados. La descoordinación del personal de campo durante el tiempo riego determina que algunas áreas verdes reciban menor dotación de agua que otras.

d. Dimensión económica

Como se aprecia en el cuadro 15 y según la Municipalidad de Comas el costo de mantenimiento de las 5.7 hectáreas verdes regadas con agua residual tratada asciende a US\$ 74,583 por año, siendo los principales costos el agua tratada (51%) y el servicio de corte y poda (36%). Este presupuesto anual permite estimar un costo de mantenimiento de las áreas verdes de US\$ 1.31/m²/año, que es asumido por EMAPE y la Municipalidad de Comas.

Cuadro15. Costos de mantenimiento de las áreas verdes de la Av. Universitaria

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	8,800
Materiales e insumos	300
Agua tratada	38,045
Electricidad y agua potable	838
Servicios de corte y poda	26,600
Total	74,583
Área de reuso (m ²)	57,000
Costo de mantenimiento (US\$/m²)	1.31

Fuente: Municipalidad de Comas, 2007

c. Dimensión ambiental y de salud

Tomando como referencia la Ley General de Aguas y las directrices de calidad microbiológica y parasitológica recomendadas por la Organización Panamericana de la Salud para el uso de aguas residuales en la agricultura por (OMS, 1989), los resultados de los análisis realizados por SWITCH (cuadro 11) muestran que esta agua residual tratada es apta para el riego de áreas verdes restringidas al público, ya que el agua actualmente utilizada presenta eventualmente parásitos del grupo de los protozoos. Como ya se dijo antes, se propone evitar el riego de áreas con gras en contacto con la comunidad, o que se utilice un sistema de riego sub-superficial.

Según las entrevistas realizadas a los vecinos, los olores desagradables es el principal impacto negativo del proyecto, sobre todo en las horas de la mañana. También menciona la presencia de zancudos en horas de la tarde.

El principal impacto positivo manifestado por los vecinos es la generación de las áreas verdes en la berma central de la avenida Universitaria. De las visitas y reuniones con funcionarios de la Municipalidad de Comas y EMAPE, se han identificado otros impactos positivos, tales como el ahorro económico por el cambio de tipo de agua de riego (el agua potable es más cara que el agua tratada) y la reducción de fertilizantes. Mencionan que la municipalidad tiene más gasto cuando riega sus áreas verdes con agua potable o de camiones cisternas.

a. Dimensión socio-cultural

Los beneficiarios directos son las personas que laboran directamente en las actividades del reuso. Por la Municipalidad de Comas trabajan 3 personas (dos hombres y una mujer), mientras que EMAPE labora con tres hombres a tiempo parcial, ya que completan sus horas de trabajo laborando en las actividades de la planta de tratamiento.

Los beneficiarios indirectos son los vecinos del lugar y las personas que transitan en la avenida Universitaria en un tramo de 2.50 km (5.7 ha), ya que disfrutan de las áreas verdes implementadas.

El responsable del reuso de la Municipalidad de Comas manifiesta que esa institución estaría dispuesta a pagar el costo del agua tratada, siempre que sea menor a US\$ 0.72 por m³ que actualmente pagan por el agua potable.

También manifiesta que vienen impulsando el tratamiento y reuso del agua residual, debido a que la municipalidad asigna todos los años una inversión para proyectos de este tipo. La Municipalidad de Comas cuenta con terrenos disponibles en varios parques para instalar plantas de tratamientos. Manifiestan además que poseen la capacidad mínima necesaria para operar y mantener estas plantas, por tanto solo necesita contar con las disposiciones legales y administrativas pertinentes para facilitar el uso de esta agua en el riego de áreas verdes urbana.

3.1.3 Lecciones aprendidas

- Se trata de una excelente iniciativa municipal para lograr un abastecimiento permanente de agua para el riego de sus áreas verdes, sustituyendo así el uso de agua potable. Este caso permite mantener 5.7 ha en 2.5 km de la avenida Universitaria e involucra un actor diferente a SEDAPAL que tiene la responsabilidad oficial del tratamiento de las aguas residuales en Lima.
- La tecnología de lodos activados y desinfección final aplicada al tratamiento de las aguas residuales usadas para el riego de las áreas verdes de la Av. Universitaria, permite remover eficientemente bacterias y virus patógenos, pero no parásitos del grupo de los protozoos. Por tanto se recomienda instalar un dispositivo en la planta que evite la salida del efluente por rebose y evaluar la concentración de parásitos en un periodo extenso. De persistir estos organismos en el agua utilizada, se propone evitar el riego de áreas con gras en contacto con la comunidad o que se utilice un sistema de riego sub-superficial.
- La inversión de US\$ 172 por habitante servido con el tratamiento de sus aguas residuales esta por encima del rango normal para los sistemas aireados, que siempre es superior a los anaeróbicos y facultativos. Los gastos de operación y mantenimiento de la planta reportados permiten estimar que el costo del agua tratada es de US\$ 0.69/m³, valor mayor al precio del agua subterránea de US\$ 0.50/m³ y menor a la tarifa de US\$ 0.72/m³ del agua potable usada normalmente para este propósito en el Distrito de Comas. Esto equivale a cargar la tarifa con US\$ 25/persona/año para tratar sus aguas residuales, si la planta tuviera esa única finalidad.
- Si bien se trata de áreas verdes cubiertas por gras, el costo de mantenimiento de US\$ 1.31 por metro cuadrado es algo elevado y se debe principalmente al costo del agua tratada y los gastos de servicios por corte de gras y podado de árboles.

3.2 ZONA AGRÍCOLA DE PUCUSANA

a. Información general

La zona agrícola de Pucusana que usa el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicada en los terrenos contiguos a la Asociación de Vivienda El Bosque y al Asentamiento Humano Benjamín Doigg, a la altura del Km 59 de la margen derecha de la Panamericana Sur, en el distrito de Pucusana.

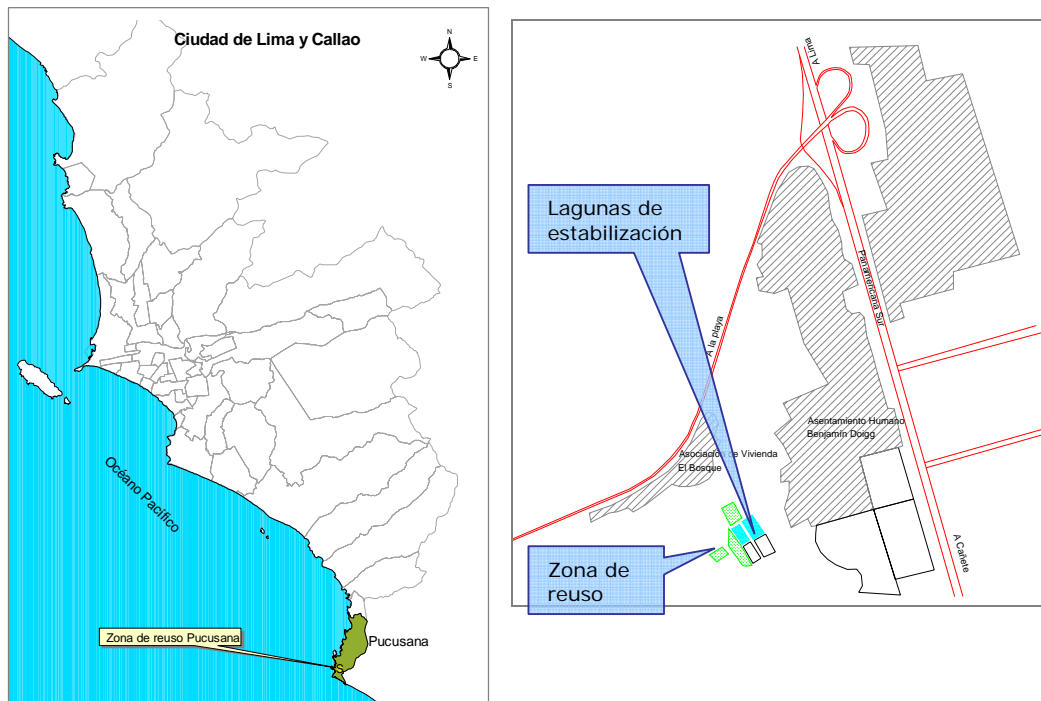


Figura 4. Ubicación de la zona agrícola de Pucusana

Fuente: T. Alfaro, 2008

La planta de tratamiento ocupa un terreno de 3.40 ha, que comprende 1.61 ha ocupada por la infraestructura de tratamiento, 0.76 ha por áreas verdes forestales actuales y 1.03 ha están sin uso para una futura ampliación. El área total habilitada para el riego agrícola es 3.56 ha, pero actualmente se está regando solo 1.03 ha, quedando en descanso las restantes 2.53 ha. Se trata de una propiedad atribuida a la Asociación de Viviendas El Bosque, que actualmente usufructúan los agricultores en calidad de poseesionarios.

Según información proporcionada por SEDAPAL, la planta de tratamiento viene funcionando desde hace 10 años en un terreno pertenece al Asentamiento Humano Benjamín Doigg, cedido en uso a SEDAPAL para la operación del proceso de tratamiento de sus aguas residuales.

Esta experiencia tiene un propósito ambiental, ya que nace con el sistema de tratamiento para disponer apropiadamente los desagües domésticos del Asentamiento Humano Benjamín Doigg. Luego este propósito se extiende a la generación de áreas verdes y de ingresos provenientes de la venta de los forrajes cultivados para la alimentación de ganado. La experiencia de reuso agrícola tiene recién tres años y beneficia algunos agricultores que no

pertenecen a ninguna asociación de regantes o de productores agrícolas, ni son beneficiados por algún programa del Estado de mayor trascendencia. Sin embargo, constituye un excelente modelo del aprovechamiento de las aguas residuales generadas por pequeñas comunidades afincadas en zonas áridas de la costa peruana.

3.2.1 Tratamiento

a. Dimensión institucional

El Ministerio de la Presidencia financió la construcción de la planta de tratamiento a solicitud de las autoridades de Pucusana. Actualmente SEDAPAL tiene a su cargo la operación y mantenimiento y asume todos los costos que estas actividades demandan.

Existen otras instituciones que intervienen como actores indirectos en el tratamiento, como es el caso del Ministerio de Salud a través de DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) y SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento) quienes intervienen en los controles y monitoreos de la calidad del agua. Sin embargo, esta planta no cuenta con autorización de funcionamiento que debe generar DIGESA.

Los funcionarios de SEDAPAL consideran como problemas legales a la situación de titularidad de las áreas desocupadas aledañas a la planta, en donde desean intervenir para la incorporar más áreas verdes forestales. Otro problema legal que ellos consideran son límites aceptables de la DBO5 en el efluente, ya que no debería considerarse a las algas como parte de la materia orgánica del agua, ya que estas se generan en el mismo proceso de tratamiento y producen oxígeno. Adicionalmente se suma problema de que los inspectores de SUNASS aducen que la muerte de las aves es producto del mal funcionamiento de la planta y no por factores naturales que toda población de animales presenta.

Inicialmente hubo conflictos con algunas personas que ingresaban a las lagunas a bañarse, situación que SEDAPAL supero al establecer vigilancia permanente y protección de las lagunas.

b. Dimensión técnica

La planta de tratamiento esta constituida básicamente por lagunas de estabilización construidas sobre 16,120 m2 de suelo con textura arenosa.



Figura 5. Planta de tratamiento de Pucusana

Fuente: T. Alfaro, 2008

El proceso de tratamiento se inicia con la captación y bombeo intermitentes de 4 L/s de desagüe (el caudal de diseño fue 10 L/s) hacia el sistema de pre-tratamiento, mediante dos bombas de 9 y 12 HP de potencia. En la etapa de pre-tratamiento se retienen los sólidos mayores, para luego conducir el agua a las lagunas primarias. Estas lagunas operan en serie a través de lagunas primarias y lagunas secundarias. El efluente de las lagunas secundarias se deriva a los canales de riego para su reuso agrícola y forestal. Hasta la fecha no se han realizado limpieza de los lodos de las lagunas.

Las dimensiones de las unidades de la planta se muestran en el cuadro 16. Es importante mencionar que en el momento de la evaluación solo operaba en la planta una serie de lagunas, por tanto al 50% de su capacidad instalada. Esta situación ha determinado que todo el caudal se procese en esta batería y el tiempo de retención total del agua no sea mayor de 8.2 días, siendo en la laguna primaria mayor que en la secundaria con 4.6 y 3.6 días respectivamente.

Cuadro 16. Dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento de Pucusana

Unidad	No.	Longitud (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Área (m ²)	Vol. (m ³)	Retención (días)
Lagunas primarias (espejo de agua)	2	66.75	42.00	1.50	1592	2388	4.6
(fondo de laguna)		27.90	13.65				
Laguna secundaria (espejo de agua)	2	63.50	28.70	1.50	1255	1883	3.6
(fondo de laguna)		39.90	17.25				

Fuente: IPES, 2007

En el cuadro 17 se muestran los resultados del monitoreo de la calidad del agua realizado por SEDAPAL entre el 2004 y 2007. Estos controles solo se realizan mensualmente a la entrada y salida de las lagunas, es decir en el afluente y efluente. También DIGESA efectúa controles en forma eventual.

Cuadro 17. Calidad del afluente y efluente de la planta de Pucusana

Año	DBO ₅ (mg O ₂ /L)		CF (NMP/100mL)		HH (org/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
2004	340	169	6.5E+07	1.4E+06		
2005	450	66	2.4E+08	1.3E+06	27	9
2006	507	120	9.5E+08	3.1E+06	22	7
2007	668	226	1.7E+08	8.5E+05	14	4

Fuente: SEDAPAL, 2008

DBO: demanda bioquímica de oxígeno

CF: coniformes fecales

HH: huevos de helmintos

El cuadro 18 presenta los resultados de los análisis puntuales realizados por el Proyecto SWITCH en dos épocas del año. Con ellos se ratificó la presencia de parásitos patógenos en el efluente de la planta por lo menos en verano. El 95% de los parásitos observados pertenecen a los grupos de protozoos (*Entamoeba coli*, *Endolimax nana*, *Lodamoeba bütschlii*, *Giardia lamblia*, etc.) y el otro 5% a los helmintos (*Hymenolepsis nana*, *Strongyloides stercoralis* y *Uncinarias*).

Llama la atención de que en invierno se encuentre mayor concentración de parásitos (98% de protozoos) en el afluente y ninguno en el efluente. Se aduce que este comportamiento dependería más del manejo hidráulico que evita la salida del efluente por rebose en esta época, en el entendido que los protozoos parásitos flotan en el agua.

Cuadro 18. Calidad del afluente y efluente de la planta de Pucusana

Fecha de muestreo	DBO (mg/L)		CF (NMP/100mL)		Parásitos (Org/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Diciembre 2007	112.8	4.4	4.90E+07	4.90E+04	435	2
Julio 2008					1,067	0

Fuente: IPES, 2007 y 2008. Muestras analizadas en el Laboratorio de DIGESA

También los cuadros 17 y 18 permiten deducir que la capacidad de remoción de la DBO varía en un rango del 50 al 85%, mientras que en coliformes fecales solo alcanza de dos a tres unidades logarítmicas. Es importante señalar que la planta esta trabajando con el 50% de su capacidad instalada, ya que se ha paralizado una de las dos baterías de lagunas. Por tanto, cuando se pongan operativas estas lagunas, con el caudal actual se espera que el periodo de retención se incremente, mejorando por tanto la remoción de coliformes y parásitos.

Como se acaba de discutir, el principal problema de manejo es que dos lagunas no están operando desde el 2001 por problemas de filtración en la laguna primaria, lo que ha reducido la capacidad del sistema al 50%. También se han observado algunos problemas menores en las estructuras, como es el caso del desnivel de las entradas y salidas del agua de las lagunas, haciendo que el flujo no sea uniforme.

c. Dimensión económica

De acuerdo a la tasación elaborada por el proyecto SWITCH, el costo de inversión de esta planta de tratamiento sería de US\$ 226,797, tal como se aprecia en el cuadro 19. El costo del terreno avalado en US\$ 2.35/m² representa el 16% de la inversión total.

Cuadro 19. Costos de inversión de la planta de Pucusana

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (S/.)	SUB TOTAL (US\$)
1.00	Obras preliminares	8,955	2,985
2.00	Movimiento de tierras	409,024	136,341
3.00	Estructuras de concreto	18,816	6,272
4.00	Sistema de conducción (tuberías)	40,592	13,531
5.00	Otros equipos	13,693	4,564
6.00	Obras complementarias	5,946	1,982
Costo directo US\$		497,026	165,675
Costo indirecto US\$ (15%)		74,554	24,851
Costo total US\$		571,580	190,527
Costo del terreno		108,810	36,270
Costo actual de la planta		680,390	226,797

Fuente: IPES, 2008

Teniendo en cuenta que actualmente unas 2700 personas aportan un caudal de cuatro litros por segundo de agua residual doméstica, se puede deducir un costo

de inversión de inversión de US\$ 84 por persona atendida (US\$ 71/persona sin costo del terreno). Sin embargo este costo podría ser sensiblemente menor, si tomamos en cuenta el caudal de diseño de 10 L/s, que en ese caso se reduciría a US\$ 34/persona. Sin embargo, es poco probable que con la infraestructura existente se pueda alcanzar la calidad sanitaria esperada para el caudal de diseño, ya que la concentración de DBO actual es elevada y superior a la asumida en el proyecto original.

Cuadro 20. Costos de operación y mantenimiento de la planta de Pucusana

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	5,200
o De Operación	3,200
o De Seguridad	2,000
Materiales e insumos	100
Energía para bombeo	670
Servicios por mantenimiento de equipos	4,670
Total	10,640
Producción de agua (m3/año)	82,800
Costo del agua por operación y mantenimiento (US\$/m3)	0.13
Inversión en la planta (US\$)	190,526
Vida útil de la planta (años)	25
Depreciación de la planta (US\$/año)	7,621
Costo del agua por depreciación de la inversión (US\$/m3)	0.09
Costo total del agua (US\$/m3)	0.22

Fuente: SEDAPALI, 2007

Los datos proporcionados por SEDAPAL y que figuran en el cuadro 20 han permitido estimar que los costos anuales de operación y mantenimiento de la planta serían de US\$ 10,640, con lo que se deduce un costo de US\$ 0.22 por metro cúbico, valor que incluye US\$ 0.09 por la depreciación de la infraestructura en 25 años. Todos los costos son actualmente asumidos por SEDAPAL, siendo mayor el costo de personal que representa casi la mitad costo total. El costo total de operación y mantenimiento de la planta determina la necesidad de incorporar una tarifa anual de US\$ 6.80/persona, valor que no contempla el beneficio del reuso.

d. Dimensión ambiental y de salud

Los resultados de los cuadros 17 y 18 confirman la presencia de parásitos en el efluente, lo que determina que esta agua no sea apta para el reuso. Sin embargo, es posible retener estos protozoos, instalando y controlando un dispositivo hidráulico que evite la salida del efluente por rebose. Por otro lado, la remoción de coliformes fecales podría mejorar cuando se opere la planta al 100% de su capacidad con el caudal actual.

El principal impacto positivo de la instalación de la planta de tratamiento de Pucusana es que ha permitido tratar los desagües generados en el Asentamiento Humano Doigg antes de disponerlos al ambiente natural, evitando así un deterioro significativo del medio ambiente.

En la visita no se han detectado impactos negativos de importancia en la planta de tratamiento, salvo por los olores de baja intensidad que se sienten en la estructura de ingreso del crudo, pero que no se logra sentir en la zona urbana. Sin embargo, como se ha discutido en el punto anterior, el efluente no alcanza la calidad adecuada para su disposición o reuso, por tanto existe un riesgo potencial para la salud de los operadores de la planta y agricultores que reusan el agua.

b. Dimensión socio-cultural

Los beneficiarios directos son las personas que laboran en las actividades del tratamiento. En esta experiencia trabaja un operario cuatro días a la semana, compartiendo sus actividades con actividades de reuso. Además de 2 personas encargadas de la seguridad uno para turno de día y otro en turno de noche. Adicionalmente se tiene un personal que hace labores de inspección una vez a la semana por un tiempo aproximado de 2 horas. En suma, se tiene un total de cuatro personas beneficiarias con el proceso de tratamiento.

Los beneficiarios indirectos lo constituyen los pobladores del Asentamiento Humano Benjamín Doigg que sanean sus desagües. Se estima que actualmente existen 540 viviendas con una población aproximada de 2700 personas, que aportan un caudal de cuatro litros por segundo de agua residual doméstica.

3.2.2 Reuso

a. Dimensión institucional

Indirectamente SEDAPAL viene a ser la entidad promotora del reuso, debido a que genera un efluente de la planta de tratamiento, que es usado por los agricultores vecinos y que asumen totalmente el financiamiento de su producción. Tal situación determina que también la Asociación de Vivienda El Bosque se encuentre involucrada con el citado reuso, ya que ellos han entregado del terreno a los agricultores en calidad de posesión para darle un uso agrícola.

Si bien, los agricultores hacen uso del agua tratada por SEDAPAL, los funcionarios de esta institución manifiestan que no existe ningún acuerdo escrito ni verbal, pues no tienen un marco legal que los ampare.

Por otro lado, los involucrados en el reuso manifiestan que no existen problemas legales y que los conflictos entre agricultores se dieron anteriormente por los turnos de riego. Sin embargo, estos agricultores manifiestan cierto malestar con SEDAPAL, debido a que una parte del agua es usada para el riego de las áreas verdes de la misma planta, lo que significa una disminución de agua para sus cultivos.

b. Dimensión técnica

El área agrícola total desarrollada con el efluente de la planta abarca 3.56 ha, pero actualmente se encuentra en producción solo 1.03 ha y las 2.53 ha restantes en descanso. Del área actual en reuso, los agricultores manejan 0.27 ha y SEDAPAL las otras 0.76 ha.

El caudal del efluente de la planta es de 4 L/s (de flujo intermitente), lo que equivale a una producción promedio diaria de 230 m³ de agua tratada o 1,610 m³ semanales. De esta cantidad, se destina semanalmente para el riego de las 0.76 ha de área verde de la planta (a cargo de SEDAPAL) aproximadamente 300

m3. Por otro lado, los agricultores solo utilizan alrededor de 450 m3 para las tierras actualmente en producción. Esto significa que 860 m3 de agua no es utilizada en la actividad agrícola. Los agricultores justifican que este caudal no puede ser utilizado porque no les permite hacer un buen manejo del agua en los surcos, es decir la longitud de avance del riego es corta para humedecer todo el surco. En suma, actualmente se pierde más de la mitad del efluente de la planta por percolación en el terreno arenoso y por el constante escurrimiento del agua en los canales de regadío. Este recurso podría ser recuperado si se implementa un sistema de riego más eficiente.



Figura 6. Áreas de reuso en Pucusana
Fuente: T. Alfaro, 2008

Las principales especies forestales identificadas en los 7,600 m² considerados como las áreas verdes de la planta son el molle y ficus. En las zonas consecionadas a los agricultores existen 2,700 m² de pasto elefante para alimentación de ganado.

c. Dimensión económica

El cuadro 21 enumera los costos de mantenimiento del área verde y la zona agrícola de Pucusana, según los datos proporcionados por SEDAPAL y los agricultores. El costo de mantenimiento de los 7,600 m² del área verde manejada por SEDAPAL asciende a US\$ 5,040 por año, equivalente a US\$ 0.66/m². El costo el agua tratada representa el 68% del costo total y el resto al personal.

Cuadro 21. Costos de mantenimiento de las áreas verde y agrícola de Pucusana

Descripción de partidas	Área verde Pucusana (SEDAPAL)	Zona Agrícola de Pucusana (agricultor)
	US\$	US\$
Personal	1,600	640
Materiales e insumos		50
Agua tratada	3,440	5,161
Total	5,040	5,851
Área de reuso (m2)	7,600	2,700
Costo de mantenimiento (US\$/m2)	0.66	2.17

Fuente: SEDAPAL y agricultores, 2007

El costo la actividad agrícola se estima en US\$ 6,261 por año para el riego de 2,700 m² en actividad actual, ya que el costo del agua tratada representa el 89% del costo total. Los ingresos anuales estimados por la producción del forraje es de aproximadamente US\$ 450, por tanto se puede concluir que el beneficio real de esta actividad es negativo, aun cuando el costo del agua no es asumido por el agricultor. Se trata de una situación muy frecuente en la actividad agrícola popular, en que el productor no reconoce el costo del agua ni de su mano de obra.

d. Dimensión ambiental y de salud

Los resultados de los cuadros 17 y 18 confirman la presencia de parásitos y más de 50,000 coliformes fecales por 100 mililitros en el efluente, lo que determina que esta agua no sea apta para el reuso. Sin embargo, es posible retener estos protozoos, instalando y controlando un dispositivo hidráulico que evite la salida del efluente por rebose. Por otro lado, la concentración superior a 50,000 coliformes fecales por 100 mililitros restringe el uso del efluente al riego de bosque, cereales, cultivos industriales y forrajes, tal como ahora se utiliza (árboles y forraje). Es probable que se logre un efluente para uso irrestricto cuando se opere la planta al 100% de su capacidad y con el caudal actual.

Según las entrevistas realizadas, los agricultores manifiestan que no existen impactos negativos. Cuando se refieren a los impactos positivos, mencionan la incorporación de áreas verdes productivas y forestales, y la no utilización de fertilizantes para la producción de sus cultivos. Otro impacto positivo es el incremento de la biodiversidad en la zona, debido a la presencia de aves e insectos que son atraídos por las flores de las especies vegetales.

e. Dimensión socio-cultural

Los beneficiarios directos son los cuatro agricultores que cultivan con el efluente de la planta, además del personal de SEDAPAL (un operador) que trabaja en el mantenimiento de las áreas verdes de la planta.

Los beneficiarios indirectos son los pobladores del Asentamiento Humano Benjamín Doigg y la Asociación de Vivienda El Bosque, que de alguna forma son beneficiados por la presencia de áreas verdes productivas y forestales cercanas a su vivienda.

3.2.3 Lecciones aprendidas

- Se trata de un caso típico de tratamiento de las aguas residuales de una pequeña ciudad ubicada en la costa peruana y que su efluente ha generado el desarrollo espontáneo de 3.5 ha verdes productivas y de protección. Este caso es manejado por SEDAPAL, empresa que tiene la responsabilidad de tratar las aguas residuales domésticas de Lima Metropolitana, pero no tiene la potestad de coordinar las actividades de reuso con terceros. Sin embargo, esta empresa está implementando en 0.7 ha una forestación con molle y ficus que ha demostrado la factibilidad de desarrollar entornos ecológicos regados con aguas residuales en las zonas áridas de la costa peruana.
- La tecnología de lagunas de estabilización utilizada en esta experiencia permite apreciar la simplicidad de la operación de estos sistemas. Sin embargo, en este caso no se logra en el efluente los niveles de calidad sanitaria para su uso irrestricto en el riego agrícola, especialmente en la remoción de parásitos, debido a que la planta está operando al 50% de su capacidad instalada, por lo que el tiempo de retención no es suficiente para

lograr una buena remoción de los gérmenes patógenos. Por tanto, se recomienda reparar las grietas de la laguna primaria afectada, a fin de poner operativa la segunda batería al más breve plazo y alcanzar así la calidad requerida del efluente.

- La inversión de US\$ 84 por persona servida con el tratamiento de sus aguas residuales mediante lagunas de estabilización es menor que otras tecnologías, valor que podría ser aun menor si la planta operara al 100% de su capacidad (US\$ 34/habitante). Igualmente los gastos de operación y mantenimiento de la planta reportados permiten estimar que el costo del agua tratada es de US\$ 0.22 aun trabajando con el 50% de su capacidad, valor sensiblemente menor que las otras alternativas tecnológicas (US\$ 0.69/m³ para los lodos activados de la Av. Universitaria. Esto equivale a cargar la tarifa solo con US\$ 6.80/persona/año para tratar sus aguas residuales, sin considerar el beneficio económico adicional del reuso.

3.3 ÁREAS VERDES DE OASIS DE VILLA

a. Información general

Este caso se encuentra ubicado en el distrito de Villa El Salvador y corresponde al Parque recreativo del Asentamiento Humano Oasis de Villa Grupo 3. Este terreno fue adjudicado por la Municipalidad de Villa El Salvador al citado Asentamiento tiene un área total bajo riego de 2,680 m².

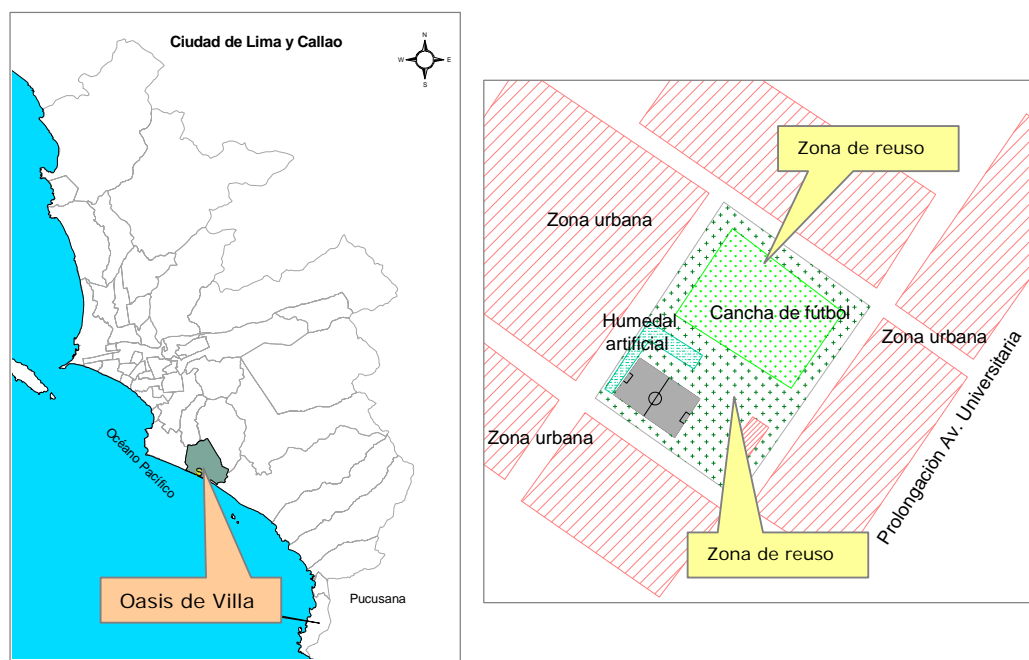


Figura 7. Ubicación del Parque de Oasis de Villa

Fuente: T. Alfaro, 2008

Esta experiencia tiene una antigüedad de tres años y nació como una iniciativa del Programa "Mi Barrio" que lidera el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para implementar los servicios de agua y saneamiento del Asentamiento humano Oasis. Ello proponía también aprovechar las aguas grises de 100 conexiones domiciliarias para desarrollar sus áreas verdes para mejorar las condiciones ambientales. Si bien se trata de un proyecto piloto, las instituciones involucradas tienen expectativas de validar esta experiencia para su replica en otras partes del distrito y del país.

b. Dimensión institucional

La entidad promotora del proyecto fue la ONG Ecociudad, con el apoyo del Programa "Mi Barrio" del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y la Municipalidad de Villa El Salvador. Este soporte permitió diseñar e implementar la planta de tratamiento, la implementación de una red independiente de las aguas grises que serían tratadas y los plantones de árboles y gras. La Asociación Atocongo apoyó las obras con el abastecimiento de cemento. La mano de obra para la instalación de tuberías y la siembra de las áreas verdes fue asumida por los pobladores del Asentamiento. Actualmente la Junta Directiva de este Asentamiento asume todos los costos de operación y mantenimiento del sistema completo.

La Junta Directiva también mantiene acuerdos con la ONG Ecociudad para el apoyo técnico, y en algunos casos especiales el apoyo financiero. Igualmente existe otro acuerdo con la Municipalidad de Villa El Salvador para que esta institución asuma el mantenimiento del parque. La Junta está solicitando el apoyo de SEDAPAL para el mantenimiento de la red de alcantarillado de aguas grises.

Los dirigentes del Asentamiento manifiestan que no existe ningún problema de índole legal y que los principales conflictos sociales están relacionados con el pandillaje, robo de los accesorios del sistema de riego y el arrojo de basura en los terrenos de la planta de tratamiento y el parque.

c. Dimensión socio-cultural

El beneficiario directo de este proyecto es la trabajadora que realiza las labores de mantenimiento del parque y del sistema de tratamiento en forma combinada.

Los beneficiarios indirectos del tratamiento lo constituyen las 100 familias (500 personas) del Asentamiento Humano Oasis de Villa Grupo 3 que, descargan sus aguas grises al sistema de alcantarillado y que luego de conformar un caudal promedio de 0.20 L/s son tratados en la planta. Los beneficiarios indirectos son los pobladores del Asentamiento Humano, especialmente los vecinos y personas que transitan por el parque.

Los funcionarios de la Municipalidad de Villa El Salvador manifiestan su interés en impulsar el tratamiento de las aguas residuales para regar las áreas verdes públicas. Además mencionan que tienen terrenos disponibles o en todo caso estarían dispuestos en adquirir terrenos para la implementación de pequeñas plantas de tratamiento contiguas a las áreas verdes.

3.3.1 Tratamiento

a. Dimensión técnica

La planta de tratamiento esta conformada básicamente por el sistema de captación y una combinación de humedales artificiales de flujo vertical y horizontal, que ocupan un área de 239 m² sobre un suelo de textura arenoso.

Este proceso de tratamiento empieza con la captación de 0.2 L/s de aguas grises (el caudal de diseño fue 0.31 L/s) del sistema de alcantarillado y pasa luego hacia el tanque sedimentador y atrapa grasas, para retener los sólidos mayores y las grasas. Luego el agua es conducida hacia el primer lecho del humedal de flujo vertical y posteriormente hacia al segundo lecho del humedal de flujo horizontal. El efluente de este segundo humedal es finalmente conducido hacia el tanque de almacenamiento, de donde el agua es bombeada para el riego de las áreas verdes contiguas. Hasta la fecha no se han realizado limpieza de los lodos de los humedales artificiales, pero los residuos sólidos del tanque sedimentador son dispuestos en un pozo percolador.

Las dimensiones de las unidades que conforman la planta de tratamiento se muestran en el cuadro 22. Estos datos permiten deducir que el tiempo de retención total del agua es aproximadamente de dos días, conformado por 0.33 días en el tanque sedimentador y 1.56 días en el tanque de almacenamiento.

Cuadro 22. Dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento Oasis de Villa

Unidad	No.	Longitud (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Volumen (m3)	Retención (días)
Tanque sedimentador y atrapa grasas	1	4.5	2.5	0.5	5.63	0.33
Primer lecho del humedal de flujo vertical	1	20	6	0.75	90	
Segundo lecho del humedal de flujo horizontal	1	16.5	6	3	74.25	
Tanque de almacenamiento	1	3	3	3	27	1.56

Fuente: IPES, 2007



Figura 8. Ubicación de las unidades de la planta de tratamiento de Oasis de Villa

Fuente: T. Alfaro, 2008

El monitoreo realizado por Ecociudad para conocer la calidad del agua en el proceso solo se efectuó en la entrada del sedimentador y la salida del tanque de almacenamiento, es decir en el afluente y efluente del sistema. Estos controles mensuales los realizaron durante 10 meses comprendidos en los años 2005 y 2006. Los parámetros evaluados fueron la DBO₅ y coliformes fecales, pero no incluyó parásitos humanos, que representa el principal riesgo a la salud pública. Actualmente la Junta Directiva ya no realiza monitoreo de la calidad de agua.

Cuadro 23. Calidad del afluente y efluente de la Planta de tratamiento Oasis de Villa

Fuente	DBO ₅ (mg O ₂ /L)		Coliformes fecales (NMP/100mL)		Parásitos (Org/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Ecociudad 2005-2006	250.3	23.6	1.84+07	6.32E+03		
IPES, dic.2007	81.9	72.5	1.70+07	1.30+05	32	0
IPES, jul. 2008					2	0

Fuentes: Ecociudad, 2006 e IPES, 2008. Análisis realizados en el Laboratorio de DIGESA

En el cuadro 23, se muestran los valores promedios de la evaluación realizada por Ecociudad y el monitoreo efectuado por el Proyecto SWITCH. Llama la atención la presencia de parásitos y la alta concentración de coliformes fecales

en estas aguas grises provenientes de duchas y lavaderos, por tanto se asume el vertimiento de aguas negras.

La información de Ecociudad permite deducir que la capacidad de remoción de la DBO de esta planta llega al 90.5%, mientras que la remoción de coliformes fecales está cerca de cuatro unidades logarítmicas. Los resultados del monitoreo realizado por el Proyecto SWITCH muestra una remoción de DBO de solo 11% y dos unidades logarítmicas para coliformes fecales, que confirma la poca capacidad de esta tecnología para remover patógenos por su corto periodo de retención. Sin embargo, este último monitoreo ha determinado que el efluente no tiene parásitos, tal vez debido a la poca concentración de estos patógenos en el afluente. De todas formas se recomienda efectuar un control prolongado para conocer la eficiencia de remoción en forma más confiable.

Como problemas de manejo se menciona el limitado mantenimiento de la planta, ocasionado por el insuficiente personal de campo, falta de implementos de seguridad para el operador y los escasos recursos económicos destinados a su operación y mantenimiento. Además la planta no cuenta con autorización sanitaria de DIGESA.

b. Dimensión económica

De acuerdo a la tasación elaborada por el Proyecto SWITCH, el monto actualizado de la inversión en la planta de tratamiento de Oasis de Villa sería US\$ 40,759, incluyendo el valor del terreno valorizado en US\$ 60/m² y que representaría el 35% de la inversión total (cuadro 24).

Cuadro 24. Costos de inversión de la Planta de Oasis de Villa

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (S/.)	SUB TOTAL (US\$)
1.00	Obras preliminares	2,699	900
2.00	Movimiento de tierras	14,032	4,677
3.00	Estructuras de concreto	49,679	16,560
4.00	Sistema de conducción (tuberías)	1,203	401
5.00	Otros equipos (juncos)	1,305	435
Costo directo US\$		68,918	22,973
Costo indirecto US\$ (15%)		10,338	3,446
Costo total US\$		79,256	26,419
Costo del terreno		43,020	14,340
Costo actual de la planta		122,276	40,759

Fuente: IPES, 2008

Teniendo en cuenta que la planta trata actualmente 0.2 L/s de aguas grises provenientes de 500 personas, se puede deducir que el costo de inversión de este sistema sería de US\$ 82/ persona atendida (US\$ 53/persona sin costo de terreno). Si bien este costo es menor que los demandados por otras tecnologías como lodos activados (US\$ 172/persona en la Av. Universitaria), no llega a ser menor que opciones como las lagunas de estabilización de Pucusana (US\$ 34/persona).

Los datos referidos en el cuadro 25 y que fueron proporcionados por la Junta Directiva del Asentamiento Humano Oasis han permitido estimar los costos anuales de operación y mantenimiento de la planta, que es aproximadamente de US\$ 575 y son asumidos totalmente por la Junta Directiva. Estas cifras

permiten deducir que el costo de tratamiento es de US\$ 0.46 por metro cúbico, valor que incluye US\$ 0.30 por la depreciación de la infraestructura en 25 años. Este costo es más bajo que US\$ 0.69/m³ de los lodos activados de la Av. Universitaria y menor aun que la tarifa de US\$ 0.72/m³ del agua potable normalmente usada para regar parques y jardines en ese distrito. Esto equivaldría a cargar la tarifa en solo US\$ 3.26/persona/año si la planta solo tuviese el propósito de tratar sus aguas residuales de la población servida, sin considerar el beneficio económico adicional del reuso. Sin embargo, es conveniente indicar que este bajo costo no asume adecuadamente los requerimientos para una adecuada operación y mantenimiento de la planta.

Cuadro 25. Costos de operación y mantenimiento de la Planta de Oasis de Villa

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	250
Materiales e insumos	325
Total	575
Producción de agua (m ³ /año)	3,532
Costo del agua por operación y mantenimiento (US\$/m ³)	0.16
Inversión en la planta (US\$)	26,419
Vida útil de la planta (años)	25
Depreciación de la planta (US\$/año)	1,057
Costo del agua por depreciación de la inversión (US\$/m ³)	0.30
Costo total del agua (US\$/m³)	0.46

Fuente: IPES, 2007

c. Dimensión ambiental y de salud

La tecnología de humedales artificiales fue aplicada bajo el criterio de tratar aguas residuales grises sin gérmenes patógenos. Sin embargo, en la práctica se pudo detectar la incorporación de aguas negras. En esta situación, el proceso aplicado ha confirmado su baja eficiencia para remover patógenos, que restringe el uso de su efluente para el riego de las áreas verdes.

La visita técnica realizada por el equipo de investigación no ha detectado impactos negativos importantes, salvo olores desagradables de baja intensidad en los humedales. Sin embargo, los vecinos manifiestan su preocupación por la persistencia de estos olores desagradables a la hora del riego, así como por la aparición de insectos.

El impacto positivo principal de la planta es el saneamiento de las aguas residuales del Asentamiento Humano Oasis de Villa, que luego se usan para regar sus áreas verdes deportivas (cancha de fútbol) y recreativas.

3.3.2 Reuso

a. Dimensión técnica

El área total regada con aguas residuales tratadas es de 2,680 m², 90% ocupada con gras (2,380 m²) y los 300 m² restantes con Ficus. Estos terrenos son regados con un caudal promedio de 0.20 L/s procedente de una descarga diaria de agua residual de aproximadamente 9.6 m³, equivalente a un estimado mensual de 294 m³ y anual de 3,532 m³. Si consideramos el área de riego, se tiene un módulo de riego de 7,588 m³/ha.

El operador de campo manifiesta que no falta agua para riego durante todo el año, sin embargo la visita de campo en la época de verano permitió observar zonas sin vegetación sobre todo en la cancha de fútbol. Esta situación podría ser atribuida al exceso de uso del campo y la falta de agua en verano, teniendo en cuenta que la textura del suelo es arenosa y el riego es por aspersión a presión suministrado por una bomba de 2 HP. También puede deberse directamente a una falta de mantenimiento de las áreas verdes por los limitados recursos económicos disponibles. Por tanto se requiere de un cercado de la cancha deportiva.

Los principales problemas de mantenimiento están vinculados con el poco mantenimiento de la planta de tratamiento, que genera la paralización temporal de este sistema y el robo de los accesorios de riego por la falta de seguridad.

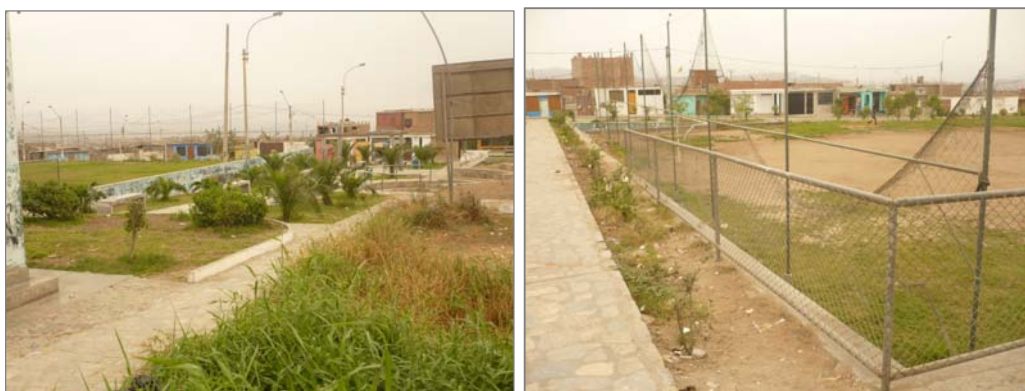


Figura 9. Parque Oasis de Villa regado con aguas residuales tratadas

Fuente: T. Alfaro, 2008

b. Dimensión económica

Como se aprecia en el cuadro 26, el costo anual del mantenimiento de las áreas verdes de Oasis ha sido calculado en US\$ 2,861, ya que el costo del agua tratada representa el 57% del costo total.

Cuadro 26. Costos de mantenimiento de las áreas verdes de Oasis de Villa

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	750
Materiales e insumos	120
Agua tratada	1,632
Energía eléctrica y agua potable	204
Servicios de corte y poda	105
Mantenimiento de equipos	50
Total	2,861
Área de reuso (m2)	2,680
Costo de mantenimiento (US\$/m2)	1.07

Fuente: Junta Directiva del A.H. Oasis de Villa, 2007

Estas cifras permiten estimar un costo de mantenimiento de US\$ 1.07 por metro cuadrado de área verde. Si bien este valor es algo menor al de otras experiencias municipales (US\$ 1.31/m2 en la Av. Universitaria), se debe tener presente que estas áreas verdes no reciben un manteniendo muy adecuado por

falta de recursos económicos de la Junta Directiva del Asentamiento Humano que asume todo el costo. Esta situación podría mejorar con el apoyo de la Municipalidad de Villa El Salvador.

c. Dimensión ambiental y de salud

Según los datos del cuadro 23, el efluente de la planta presenta una concentración de coliformes fecales superior al límite establecido por la Ley General de Aguas y las Directrices de la OMS para aguas utilizadas en el riego de parques públicos y campos deportivos, poniendo en riesgo la salud de las personas que tienen contacto directo con el gras. En tal sentido se propone la incorporación de un proceso de desinfección final que corrija este exceso. En compensación, no se ha encontrado parásitos humanos en el efluente, situación que reduce significativamente el riesgo a la salud de los usuarios del campo deportivo regado, pero por tratarse de datos puntuales, se recomienda efectuar un control prolongado hasta conocer la eficiencia de remoción.

Los vecinos manifiestan que los impactos negativos de la experiencia son los olores desagradables en el momento del riego y la presencia de zancudos y moscas en el lugar. También muestran preocupación por la salud de los niños que juegan en el gras, e incluso de las personas que ingieren alimentos sobre el gras.

Cuando se refieren a los impactos positivos, los pobladores reconocen que el reuso ha permitido la generación de áreas verdes recreativas. Otro impacto positivo identificado por el equipo de investigación del Proyecto es el aporte a la biodiversidad, relacionado con la presencia de aves e insectos atraídos por las flores de las especies vegetales sembradas.

3.3.3 Lecciones aprendidas

- Este caso representa a un grupo de experiencias recientes en Lima, en que los pobladores apoyados por sus municipios intentan resolver el problema de abastecimiento de agua para el riego de sus áreas verdes, mediante el tratamiento de sus aguas residuales. Generalmente son algunas instituciones no gubernamentales las que promueven estas iniciativas, que luego son capitalizadas por la Municipalidad. Otra característica de estas experiencias es la aplicación de una tecnología novedosa para tratar caudales pequeños de agua residual y probar su eficiencia. En este caso se trata de el uso de humedales artificiales para generar un efluente 0.2 L/s que permita el riego de 0.27 ha de parques y campos deportivos. Se trata de pequeñas experiencias desarrolladas sin el soporte técnico de SEDAPAL, empresa que tiene la responsabilidad de tratar las aguas residuales domésticas de Lima Metropolitana.
- La tecnología de humedales artificiales muy promovida en los últimos años ofrece una operación simple y fácilmente aceptada por los vecinos, porque permite encubrir el sistema de tratamiento por debajo de la vegetación visible y atractiva. Sin embargo, en este caso no se ha logrado los niveles de calidad sanitaria requeridos según la Ley General de Aguas para el riego de parques y campos deportivos. Esta baja eficiencia se debe principalmente al reducido periodo de retención de las aguas en el proceso de tratamiento. Por tanto, se recomienda complementar el sistema con un proceso adicional de desinfección.
- La inversión de US\$ 82 por habitante servido con el tratamiento de sus aguas residuales mediante humedales artificiales es de hecho menor que

otras tecnologías como lodos activados (US\$ 172/habitante en el caso de la Av. Universitaria), pero mayor que las lagunas de estabilización, que en el caso de Pucusana podría ser de solo US\$ 34/habitante. Igualmente los gastos de tratamiento del agua reportados para esta planta de humedales artificiales se estiman en US\$ 0.46/m³, y aunque el doble de las lagunas de estabilización (US\$ 0.22/m³), resulta significativamente menor que US\$ 0.69/m³ para los lodos activados de la Av. Universitaria y la tarifa de US\$ 0.72 del agua potable cobrada por SEDAPAL al Municipio de Villa El Salvador Comas para el riego de sus áreas verdes.

3.4 ÁREAS VERDES DE LA COSTA VERDE DE MIRAFLORES

a. Información general

Las áreas verdes regadas con agua residual tratada de Miraflores se encuentran ubicadas alrededor del parque María Reiche del distrito de Miraflores e incluye una porción del acantilado de la Costa Verde. El área total de esta zona es de aproximadamente 4 ha, que comprende un área neta actualmente regada de 2.89 ha, mientras que las otras 1.11 ha son zonas libres u ocupadas por construcciones, incluyendo los 480 m² de la planta de tratamiento. La situación legal de estos terrenos es de tenencia municipal y el proyecto tiene una antigüedad de 16 años.

El sistema es operado por la Municipalidad de Miraflores, a través de la Sub Gerencia de Parques y Jardines, con un propósito fundamentalmente ambiental, ya que ha permitido la incorporación y mantenimiento de áreas verdes, especialmente en el acantilado de la Costa Verde. Sin embargo, su alcance es a nivel piloto experimental y aun no forma parte de un programa municipal de mayor envergadura.

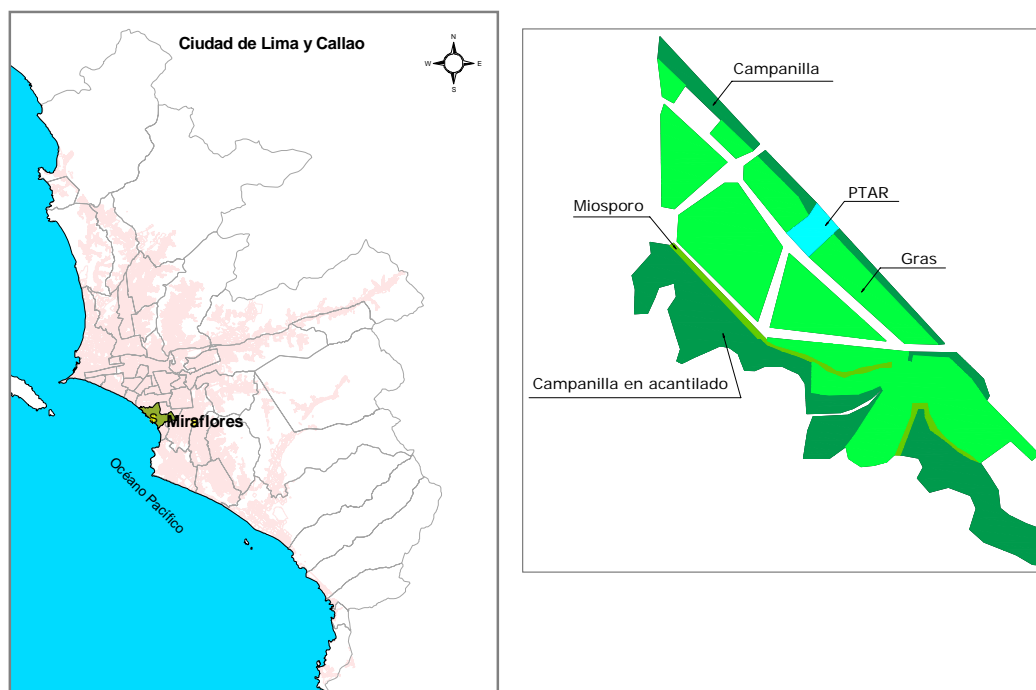


Figura 10. Ubicación de las áreas verdes de la Costa Verde de Miraflores

Fuente: T. Alfaro, 2007

b. Dimensión institucional

La construcción de la planta de tratamiento fue promovida y financiada por la Municipalidad de Miraflores, en convenio con SEDAPAL para un manejo técnico por tres 3 años. Por tanto, actualmente su operación depende exclusivamente del municipio. El riego de las áreas verdes con agua residual tratada ha sido promovido y financiado por la Municipalidad de Miraflores, a través de su Sub Gerencia de Parques y Jardines. No existen otros actores involucrados ni tampoco acuerdos establecidos con otras instituciones.

Los responsables indican que no existen problemas legales y que la municipalidad mantiene un acuerdo con SEDAPAL para la captación de agua residual. Desconocen que exista autorización de funcionamiento de la planta emitida por DIGESA.

Con respecto a posibles conflictos, el encargado de la operación del sistema manifiesta que en 1999 los vecinos se quejaron por olores desagradables, pero que esta situación no se ha vuelto a presentar hasta la fecha. Asimismo indica que existen conflictos muy esporádicos por robo y pandillaje en las instalaciones de la planta y las áreas verdes regadas.

3.4.1 Tratamiento

a. Dimensión técnica

La planta de tratamiento ocupa un terreno de 480 m² con suelo franco arcilloso. El suelo original fue relleno (acumulación de desmonte de construcciones y similares), pero luego fue cubierto por tierra agrícola.



Figura 11. Planta de tratamiento por filtros percoladores de Miraflores

Fuente: T. Alfaro, 2007

Este sistema de tratamiento primario aplica la tecnología de filtros percoladores en las etapas siguientes:

- captación del alcantarillado de SEDAPAL
- poza de distribución
- cámara de rejillas de nylon de ½" y ¼" para retener sólidos y material fecal
- desarenador
- cámara atrapa grasas, estructura que se limpia en 10 minutos entre la 1 y 2 de la mañana, para evitar olores desagradables
- poza de sedimentación, que sirve para retener partículas finas
- filtro percolador, que usa canto rodado de 2" con parte del tratamiento
- tanques de almacenamiento para el riego, cuyos volúmenes son de 60 y 100 metros cúbicos

- Cámara de desinfección, en donde se agrega hipoclorito de calcio para evitar malos olores durante el verano

Las dimensiones de las unidades de la planta mencionadas se muestran en el cuadro 27.

Cuadro 27. Dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento de Miraflores

Unidad	No.	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Volumen (m ³)
Poza de distribución	1	0.7	0.4	0.4	0.112
Cámara de rejillas de nylon (una de 1/2" y otra de 1/4")	1	0.5	0.4	0.4	0.08
Desarenador	1	0.8	0.4	0.8	0.256
Cámara de Atrapa grasas	1	1.8	1	1.5	2.7
Poza de sedimentación	1	3	1.5	1.8	8.1
Filtro percolador	1	1.6	0.6	1.2	4.56

Fuente: IPES, 2007

El tiempo de retención del agua residual desde que entra a la poza de distribución es de aproximadamente 4.9 horas. La estructura que ofrece mayor tiempo de retención es la poza de sedimentación con 2.5 horas.

El personal de la Municipalidad indicó que el caudal tratado y reusado es 1.5 l/s, pero cuando se hizo el aforo respectivo se determinó que el caudal de captación es aproximadamente 0.9 l/s y el caudal a la salida del sistema es 0.7 l/s, por lo que se estima una pérdida de 0.2 l/s por filtración y evaporación. El efluente es almacenado en dos tanques de 48 y 80 m³, para luego ser usado en el riego de las áreas verdes del parque María Reiche.

La Municipalidad de Miraflores no cuenta con un historial de monitoreo de la calidad del agua en el proceso de tratamiento, por lo que se desconoce si el efluente utilizado para el riego cumple con las exigencias establecidas por la Ley. Este sistema tampoco ha sido vigilado por DIGESA. Por tal razón, el Proyecto SWITCH procedió a realizar monitoreos puntuales en el afluente y el efluente de la planta, cuyos resultados se muestran en el cuadro 28. Los datos expuestos permiten estimar que la actual operación de la planta establece una capacidad de remoción de DBO de 46%, mientras que en coliformes fecales es menor de dos unidades logarítmicas. Estos niveles de colimetría son aceptables para el riego de áreas verdes restringidas al público, como es el caso de los acantilados. Pero si se desea regar jardines con gras, será necesario incorporar un sistema de desinfección para alcanzar niveles menores a 1,000 coliformes fecales por 100 mililitros.

Cuadro 28. Calidad del afluente y efluente de la planta de Miraflores

Fecha de muestreo	DBO (mg O ₂ /L)		CF (NMP/100mL)		Parásitos (Org/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Diciembre de 2007	134.4	72.9	3.30E+08	3.50E+06	894	75
Julio de 2008					276	20

Fuente: IPES, 2007 y 2008. Análisis realizados en el Laboratorio de DIGESA

Por otro lado, se ha detectado presencia de parásitos en el efluente y todos ellos pertenecen al grupo de los protozoos, no así huevos de helmintos. En tal sentido se requiere implementar dispositivos que eviten la salida por rebose del efluente para controlar protozoos y monitorear por un periodo largo si se

mantiene la presencia de estos patógenos. De persistir estos organismos, se propone evitar el riego de áreas con gras en contacto con la comunidad o que se utilice en ellas un sistema de riego sub-superficial.

La poza de distribución, cámara de rejillas y desarenador generan sólidos y lodos, que luego son conducidos y almacenados en un silo de 1.5 m de diámetro por 2.5 m de profundidad. Se estima que la planta genera 3.5 m³ de lodos por año, que luego de secados naturalmente durante un año para reducirlos a 1 m³ de lodo seco. Este lodo seco es dispuesto en la misma planta como tierra para almácigos de plantas miosporo y otros, que luego son trasplantadas al parque.

Se han identificado algunos problemas en el manejo de la planta, tales como:

- la falta mantenimiento de la estructura de captación de la alcantarilla de desagüe,
- la generación de olores desagradables, sobre todo al momento de la limpieza de la poza de sedimentación,
- la falta de accesorios como válvulas, y
- la falta de implementos de seguridad del personal.

Se asume que estas deficiencias están vinculadas con las limitaciones de la Municipalidad para asignar recursos económicos a la planta.

b. Dimensión económica

La tasación elaborada por el proyecto SWITCH ha permitido estimar el costo actualizado de inversión de US\$ 321,874 para la planta de tratamiento primario de Miraflores, tal como aparece en el cuadro 29. Es importante indicar que el valor de la infraestructura es de apenas US\$ 44,914, por lo que el 86% restante es asumido por el terreno valorizado en esa zona en US\$ 577/m².

Cuadro 29. Costos de inversión de la Planta de Miraflores

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (S/.)	SUB TOTAL (US\$)
1.00	Obras preliminares	3,353	1,118
2.00	Movimiento de tierras	5,089	1,696
3.00	Estructuras de concreto	95,146	31,715
4.00	Sistema de conducción (tuberías)	5,033	1,678
5.00	Otros equipos (filtros de grava)	2,256	752
6.00	Obras complementarias	6,291	2,097
Costo directo US\$		117,168	39,056
Costo indirecto US\$ (15%)		17,575	5,858
Costo total US\$		134,743	44,914
Costo del terreno		830,880	276,960
Costo actual de la planta		965,623	321,874

Fuente: IPES, 2008

Teniendo en cuenta que la planta trata actualmente 0.9 L/s de aguas residuales provenientes de 488 personas, se puede deducir que el costo de inversión de este sistema sería de US\$ 92/persona atendida, sin incluir el valor del terreno y de US\$ 660/persona atendida si se considera dicho terreno valorizado en US\$ 577/m². Si bien el costo sin terreno es menor que los demandados por otras tecnologías como lodos activados (US\$ 109/persona en la Av. Universitaria), triplica otras opciones como las lagunas de estabilización de Pucusana (US\$

34/persona). Es evidente que la Municipalidad no pagó por el terreno en el momento de implementar la planta, ya que se trataba de un terreno eriazos al borde del acantilado, sin embargo el precio actual de los predios aledaños están entre los mas altos de Lima.

Según la Municipalidad de Miraflores, el costo operativo anual de la planta es US\$ 5,200 por año (cuadro 30) y es asumido totalmente por esta institución.

Cuadro 30. Costos de operación y mantenimiento de la Planta de Miraflores

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	3,200
Materiales e insumos	1,200
Electricidad y agua potable	800
Total	5,200
Producción de agua (m3/año)	22,075
Costo del agua por operación y mantenimiento (US\$/m3)	0.24
Inversión en la planta (US\$)	44,914
Vida útil de la planta (años)	25
Depreciación de la planta (US\$/año)	1,797
Costo del agua por depreciación de la inversión (US\$/m3)	0.08
Costo total del agua (US\$/m3)	0.32

Fuente: IPES, 2007

Estas cifras permiten deducir que el costo de tratamiento es de US\$ 0.32 por metro cúbico, cuando se incluye US\$ 0.08 por la depreciación de la infraestructura en 25 años. Este costo es la mitad del estimada para la planta de lodos activados de la Av. Universitaria (US\$ 0.69/m3) y la tercera parte de la tarifa de US\$ 0.93/m3 del agua potable normalmente usada para regar parques y jardines en ese distrito. Igualmente se puede indicar que este costo demandaría cargar la tarifa en US\$ 14/persona/año, si la planta solo tuviese el propósito de tratar sus aguas residuales de la población servida y no tuviera en cuenta el beneficio económico adicional del reuso.

c. Dimensión ambiental y de salud

Los análisis puntuales realizados por el Proyecto SWITCH (cuadro 28) han permitido detectar que existe una alta concentración de coliformes fecales y parásitos protozoos en el efluente usado para el riego. Por tanto, se estima que el tratamiento sería suficiente para el riego de las áreas verdes del acantilado, ya que se realiza por goteo y es un área sin acceso al público. En cambio, esta calidad del efluente no es adecuada para el riego de parques y jardines utilizados por el público, menos aun si se riega por aspersión.

Como antes se comentó, se propone implementar dispositivos que eviten la salida por rebose del efluente para controlar protozoos y monitorear por un periodo largo si se mantiene la presencia de estos patógenos. De persistir estos organismos, se recomienda regar los jardines utilizando un sistema de riego sub-superficial. El riesgo generado por la aspersión pudiera ser minimizado si el riego de los parques se realiza en las horas que los vecinos no acceden a las áreas verdes (madrugada).

En la visita de campo se ha podido identificar algunos impactos negativos, como olores desagradables y la presencia de roedores. Estos olores se incrementan cuando hacen limpieza del tanque sedimentador.

Mediante la entrevista del personal de la Municipalidad y la visita de campo, se ha identificado que los impactos positivos (beneficios) de esta experiencia son: la mejora de la calidad del agua residual cruda, y la incorporación y mantenimiento de áreas verdes regadas, especialmente de la cobertura del acantilado, así como un ahorro muy importante del agua potable antes utilizada para el riego. Esta última acción está permitiendo recuperar el verdor original de la Costa Verde.

d. Dimensión socio-cultural

La planta de tratamiento es operada por una persona, considerada como el beneficiario directo. Los beneficiarios indirectos son la población que vierten sus descargas hacia la red de alcantarillado y luego es tratado en la planta. En este caso se estima que proviene de 122 familias o 488 personas, que aportan un caudal aproximado de 0.9 L/s.

El responsable del tratamiento indican que la Municipalidad tiene terrenos disponibles en los parques del Malecón para instalar otras plantas de tratamiento, ya que la construcción de la Vía Expresa interrumpió los canales de regadío que llegaban a esa zona, por lo que ahora se tiene que pagar a SEDAPAL para que abastezcan de agua potable. Manifiestan que están dispuestos a invertir en otras plantas de tratamiento, como es el caso del proyecto para el estadio Municipal Niño Héroe Manuel Bonilla que se implementaría durante el 2008.

3.4.2 Reuso

a. Dimensión técnica

El tipo de suelo de las áreas verdes regadas con el agua residual tratada es 60% franco arcilloso y 40% de tipo hormigón, este último correspondiente al acantilado. Cabe mencionar que originalmente todo era material de relleno donde se instaló un asentamiento humano, pero luego fue cubierto por tierra agrícola de otro lugar para rehabilitar las áreas verdes.



Figura 12. Acantilado de Miraflores y Parque María Reiche

Fuente: T. Alfaro, 2007

Los principales cultivos identificados son: gras americano con un área de 1.62 ha, campanilla (*Ipomoea purpureosa*) con 1 ha, palmera abanico con un área de 0.18 ha y 0.09 ha de mioporo (*Microporum* sp.).

El área plana del parque es regada por aspersión, mientras que en las laderas de los acantilados se efectúa por goteo.

Según el personal encargado, la cantidad de agua tratada y reusada no varía entre el verano y el invierno, y es suficiente para el riego de toda el área. Según las mediciones en campo realizadas por IPES, se ha estimado un caudal tratado de 0.7 L/s, que incluye 0.2 L/s de pérdidas por evaporación y filtración. Este caudal equivale a una producción diaria de 60 m³, equivalente a 1,840 m³ mensuales y 22,075 m³ anuales.

El responsable del tratamiento considera suficiente la cantidad de agua tratada para el riego del área, pero desconoce la calidad del efluente y la efectividad del tratamiento. Sin embargo, propone realizar estudios técnicos para innovar la planta y alcanzar una mejor calidad sanitaria. Así mismo propone que SEDAPAL asesore el tratamiento del agua residual, mediante un convenio con la Municipalidad, para que esta continúe realizando el tratamiento en óptimas condiciones.

Entre los problemas de manejo se ha detectado que se usa el sistema de riego por aspersión para regar la ladera contigua a la calle. Este sistema se caracteriza por esparcir el agua en gotas muy pequeñas y que luego son trasladadas por el viento, favoreciendo así el contacto directo con los transeúntes, que eventualmente podrían inhalar quistes de parásitos. Si bien el personal manifiesta que no existen problemas legales, la institución aun no ha tramitado la autorización correspondiente de reuso de las aguas residuales tratadas ante DIGESA.

Según un sondeo a 18 usuarios del parque, el 55% opinaron que desconocían que el riego de las áreas verdes eran con agua residual tratada, pero manifestaron estar de acuerdo con dicho reuso. El otro 45% de usuarios indicaron que si conocían del riego con esta agua.

b. Dimensión económica

Según la información proporcionada por la Municipalidad de Miraflores, el costo anual de mantenimiento del área verde regada con la planta sería de US\$ 26,805, incluyendo el costo del agua tratada.

Cuadro 31. Costos de mantenimiento del área verde de Miraflores

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	9,600
Materiales e insumos	100
Agua tratada	6,997
Energía eléctrica y agua potable	4,508
Servicios de corte y poda	5,600
Total	26,805
Área de reuso (m ²)	28,900
Costo de mantenimiento (US\$/m ²)	0.93

Fuente: Municipalidad de Miraflores, 2007

Si se tiene en cuenta que el área bajo riego es de 2.89 ha, se puede deducir que el costo anual sería de US\$ 0.93/m², costos que son asumidos totalmente por la Municipalidad de Miraflores, por lo tanto no pagan por agua a SEDAPAL. Este valor es menor al de otras experiencias municipales como la experiencia de la Av. Universitaria con un costo de US\$ 1.31/m².

c. Dimensión ambiental y de salud

Los resultados del análisis de la calidad de agua realizado por el proyecto SWITCH (cuadro 28) indican que el efluente tiene una concentración importante de coliformes fecales y parásitos protozoos, situación que según la normatividad peruana y las directrices de la OMS determinan que esta agua no sea apta para el riego parques públicos. Sin embargo, es importante indicar que el objetivo original de este proyecto fue recuperar las áreas verdes del acantilado de la Costa Verde, situación que se ha logrado en forma muy exitosa. En este caso, la presencia de parásitos no constituye un riesgo importante para la salud, ya que se trata de una zona regada por goteo y sin acceso al público. Por tanto el sistema de tratamiento es aparente para ese tipo de reuso, no así para el riego de parques en donde la población tiene contacto directo. Como ya se mencionó, la forma de mejorar la calidad del agua para regar los parques sin riesgos al público sería implementando un proceso de desinfección y un dispositivo hidráulico que evite la salida del agua por rebose.

Según las entrevistas realizadas a personas usuarias del parque, el principal impacto negativo son los olores desagradables, sobre todo en el momento del riego. Asimismo algunos comentaron sobre la presencia de vectores como insectos y roedores. Sin embargo, estas mismas personas reconocen como impactos positivos (beneficios): la protección de los suelos en el acantilado (disminución de erosión) y la incorporación de áreas verdes. Las personas encargadas del sistema manifiestan que no aplican abonos al área de reuso, reconociendo así el aporte de nutrientes de las aguas residuales.

d. Dimensión socio-cultural

En las actividades relacionadas con el reuso de las aguas residuales tratadas operan tres personas, consideradas como beneficiarios directos. Mientras que como beneficiarios indirectos se consideran principalmente a los vecinos que frecuentan el parque para almorzar, hacer deportes, pasear y de otros transeúntes eventuales.

3.4.3 Lecciones aprendidas

- Se trata de un caso piloto desarrollado por una municipalidad para resolver el problema de abastecimiento de agua para regar las laderas del acantilado de Costa Verde, mediante el tratamiento primario de sus aguas residuales con filtros percoladores. En este caso se trata 0.9 L/s para el riego de casi tres hectáreas, también sin el soporte técnico de SEDAPAL,
- La tecnología de los filtros percoladores es un tratamiento primario simple y económico, que logra niveles de calidad sanitaria suficiente para el riego por goteo de las áreas verdes de los acantilados sin acceso al público. No así para el riego de parques y jardines que tengan contacto con las personas. Por tanto, se propone implementar un proceso de desinfección y un dispositivo hidráulico que evite la salida del agua por rebose, si se quiere regar los parques con acceso al público.

- La inversión de US\$ 92/habitante servido con el tratamiento de sus aguas residuales mediante filtros percoladores, cifra que podría elevarse a US\$ 660/habitante si se incluye el alto valor del terreno. De hecho el valor de la inversión en infraestructura es menor que otras tecnologías como lodos activados (US\$ 109/habitante en el caso de la Av. Universitaria, pero mayor que las lagunas de estabilización, que en el caso de Pucusana podría ser de solo US\$ 34/habitante. Igualmente los gastos de tratamiento reportados para esta planta de filtros percoladores se estiman en US\$ 0.32/m³ y aunque mayor de lo exigido por las lagunas de estabilización (US\$ 0.22/m³) resulta menor que US\$ 0.69/m³ del efluente de lodos activados y la tarifa de US\$ 0.93 para el agua potable comúnmente utilizada para el riego de las áreas verdes del distrito.

3.5 COLEGIO INMACULADA

a. Información general

Esta área de reuso de aguas residuales tratadas se encuentra en el Colegio de la Inmaculada, ubicado en el distrito de Santiago de Surco. Con una antigüedad de 22 años, esta experiencia es administrada por el Área de Servicios de la citada institución, perteneciente al sector académico privado. La planta de tratamiento de las aguas de riego abarca 1.13 ha ubicadas en la parte alta del Colegio y tiene una antigüedad de solo 14 años.

La tenencia de la tierra es de régimen privado con un área total de 18.01 ha, que comprende 13.16 ha de cultivos y áreas verdes, y otras 14.85 ha aun en condición de zonas eriazas, laderas de cerros y ocupadas por la planta de tratamiento y otras construcciones.

Se trata de la experiencia piloto, que aun no forma parte de un programa mayor de reuso en las entidades educativas de Lima. El propósito fundamental del reuso es ambiental, ya que ha permitido incorporar terrenos eriazos a las áreas verdes productivas y recreativas y por tanto un significativo ahorro de agua potable para el riego de áreas verdes urbanas. Los funcionarios del colegio han decidido impulsar el tratamiento y reuso de agua residual porque les permite reducir sus costos en agua para el riego de sus áreas verdes recreativas y productivas. También existe una finalidad académica, ya que es frecuentemente visitada por alumnos del mismo colegio y de algunas universidades.

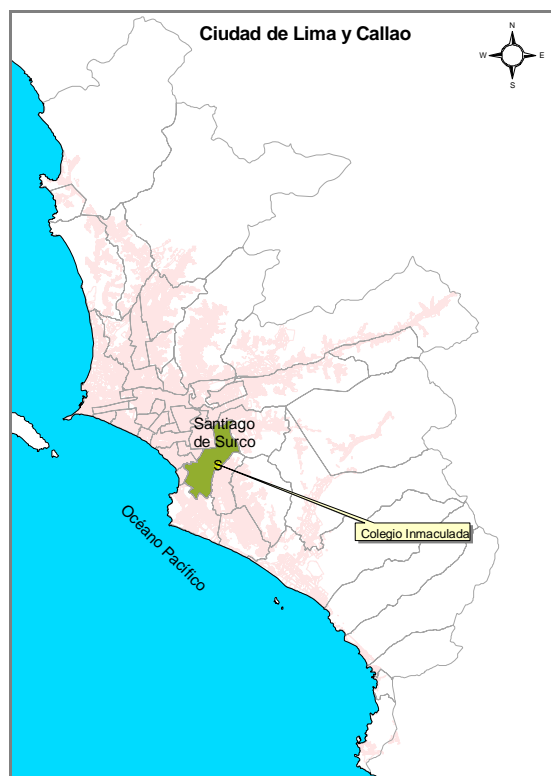


Figura 13. Ubicación del Colegio Inmaculada en Lima

Fuente: T. Alfaro, 2007

b. Dimensión institucional

Esta experiencia ha sido promovida y financiada por el mismo Colegio de la Inmaculada y no recibieron ninguna contrapartida por parte de otras instituciones. Sin embargo tienen un acuerdo con DIGESA para la autorización de la operación de la planta y el uso de las aguas residuales para el riego de sus áreas verdes. Igualmente tienen la autorización de SEDAPAL para la captación del desagüe de la red pública.

Los responsables manifiestan que no existen conflictos ni problemas legales, ya que cuentan con todas las autorizaciones antes citadas para operar.

3.3.1 Tratamiento

a. Dimensión técnica

Esta experiencia se ha implementado con lagunas de estabilización como tecnología de tratamiento sobre un terreno eriazo ubicado en la ladera de un cerro y que abarca 11,300 m². El tipo de suelo sobre el que se ha construido la planta de tratamiento es arenoso con presencia de roca fracturada tipo batolito andino.



El proceso de tratamiento comprende las siguientes etapas: la captación del agua de canal o residual, retención de sólidos gruesos (cámara de rejas), retención de arenas y grasas (trampa de grasas), retención de sólidos finos (tanque de sedimentación), bombeo a la laguna primaria, pases a las lagunas secundaria, terciaria y cuaternaria, y finalmente la descarga por gravedad a las zonas de reuso. Las dimensiones de las unidades se muestran en el cuadro 32 y se estima que ocupan un área neta de 5,200 metros cuadrados.

Cuadro 32. Dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento de la Inmaculada

Unidad	No.	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Volumen (m ³)
Cámara de rejas	1	5.0	1.0	0.5	2.5
Desarenador y trampa de grasas	1	15.0	1.0	0.5	7.5
Sedimentador	1	5.0	5.0	2.5	62.5
Cisterna	1	5.0	diámetro	2.5	49.1
Cámara de bombeo	1	5.0	5.0	2.5	62.5
Laguna primaria	1	23.0	10.0	2.0	460.0
Laguna secundaria	1	66.0	10.0	2.0	1320.0
Laguna terciaria	1	76.0	10.0	2.0	1520.0
Laguna cuaternaria	1	227.5	10.0	2.0	4550.0

Fuente: IPES, 2007

El tiempo de retención del agua residual desde que entra al sistema de cámara de rejas hasta la laguna cuaternaria es de 17 días, siendo esta última laguna la estructura que más tiempo retiene el agua (9.5 días).

El único parámetro de diseño de la planta disponible es el caudal de 4.63 l/s. Por tanto, el Proyecto SWITCH ha tomado muestras de agua del canal (río Surco) y del crudo de la red de alcantarillado que se bombea a la planta, así como del efluente de la misma utilizado para el riego. Los resultados de estos análisis de la calidad de agua se muestran en el cuadro 33.

Cuadro 33. Calidad del afluente y efluente de la Planta de la Inmaculada

Muestra	DBO (mg/L)	Coliformes fecales (NMP/100mL)	Parásitos (Org/L)
Agua del canal (río Surco)	10	1.30E+05	23
Agua residual cruda (dic.2007)	190	4.60E+07	1240
Agua residual cruda (jul.2008)			160
Efluente de la planta	2	1.70E+03	0

Fuente: IPES, 2007y 2008

Si se tiene en cuenta los resultados, la capacidad de remoción del sistema es de 96% para el DBO, mientras que en coliformes fecales alcanza una reducción de hasta cuatro unidades logarítmicas, llegando casi a los 1,000 NMP/100 mL estipulados para el riego irrestricto. Asimismo y como ya es sabido, este sistema de lagunas de estabilización con más de 10 días de retención consigue remover totalmente los huevos y larvas de helmintos y protozoos. Merece resaltar que la concentración en el periodo cálido sobrepasó los 1200 parásitos en el agua cruda antes del tratamiento.

Se han identificado algunos problemas en el manejo de la planta, tales como interrupciones en el funcionamiento de la bomba y obstrucción de la cámara de rejillas que con frecuencia por sólidos mayores, como botellas, bolsas, residuos orgánicos, etc.

Se estima que la cantidad de lodo generado anualmente por la planta es de aproximadamente 20 m³/año, residuo que sufre un proceso de secado. También se calcula que este tratamiento tiene un costo de US\$ 8 por m³, en la medida que intervienen 8 personas durante 8 horas dos veces al año. El lodo seco es usado como abono en las áreas de reuso.



b. Dimensión económica

De acuerdo a la tasación realizada por el Proyecto SWITCH, el costo de inversión de la planta del Colegio Inmaculada sería de US\$ 1, 560,979, como se puede apreciar en el cuadro 34. Es importante indicar que el valor neto de la infraestructura es de US\$ 692,579, por lo que el 56% restante es asignado al terreno valorizado en esa zona en US\$ 167/m². Esta claro que el costo inicial de dicho terreno fue pequeño por ubicarse en el cerro, pero actualmente se considera muy valioso por las viviendas de lujo construidas en las áreas vecinas.

Cuadro 34. Costos de inversión de la Planta de La Inmaculada

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (S/.)	SUB TOTAL (US\$)
1.00	Obras preliminares	3,798	1,266
2.00	Movimiento de tierras	256,730	85,577
3.00	Estructuras de concreto	1,456,467	485,489
4.00	Sistema de conducción (tuberías)	84,442	28,147
5.00	Obras complementarias	5,290	1,763
Costo directo US\$		1,806,727	602,242
Costo indirecto US\$ (15%)		271,009	90,336
Costo total US\$		2,077,736	692,579
Costo del terreno		2,605,200	868,400
Costo actual de la planta		4,682,936	1,560,979

Fuente: IPES, 2008

Teniendo en cuenta que el 25% del agua tratada es de origen residual, se calcula que la población aportante sería de alrededor 3,500 personas, por lo que el costo de inversión de este sistema sería de US\$ 198/persona atendida, sin incluir el valor del terreno y de US\$ 446/persona atendida si se considera dicho terreno. Si bien este costo puede ser considerado muy alto, no se trata de una planta implementada con el propósito de tratar las aguas residuales de una población, sino de una alternativa para reemplazar del agua potable utilizada inicialmente para el riego de las áreas verdes. Además, el costo de la inversión es alto porque se trata un volumen 4 veces superior al del agua residual y es una infraestructura de concreto reforzado para minimizar los riesgos de estar ubicada en la parte alta del cerro.

Según la información proporcionada por el Colegio, el costo operativo anual de la planta es US\$ 39,528 por año (cuadro 35) y es asumido totalmente por esta institución. Estas cifras permiten deducir que el costo de tratamiento es de US\$ 0.47 por metro cúbico, valor que incluye US\$ 0.19 por costo de depreciación de la infraestructura en 25 años. Aun con el alto monto de inversión antes citado, este costo del agua resulta siendo menor que US\$ 0.69/m³ estimado para la planta de lodos activados de la Av. Universitaria y el 27% de US\$ 1.75/m³ de tarifa comercial de agua potable que paga el colegio.

Cuadro 35. Costos de operación y mantenimiento de la Planta de La Inmaculada

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	5,760
Materiales e insumos	7,200
Energía para bombeo	25,128
Servicios por mantenimiento de equipos	1,440
Total	39,528
Producción de agua (m ³ /año)	142,500
Costo del agua por operación y mantenimiento (US\$/m ³)	0.28
Inversión en la planta (US\$)	692,578
Vida útil de la planta (años)	25
Depreciación de la planta (US\$/año)	27, 703
Costo del agua por depreciación de la inversión (US\$/m ³)	0.19
Costo total del agua (US\$/m³)	0.47

Fuente: IPES, 2007

c. Dimensión ambiental y de salud

Según los resultados de calidad del proceso (cuadro 33), la tecnología de lagunas de estabilización aplicada permite obtener un efluente sin parásitos y niveles de colimetría fecal cercanos a 1,000 CF/100 ml, por tanto es apto para el riego de áreas verdes de acuerdo a la normatividad peruana y las directrices de la OMS.

El principal impacto del tratamiento de las aguas es la mejora de su calidad sanitaria, para evitar riesgos a la salud de los estudiantes que tienen contacto con las áreas verdes regadas. La disponibilidad permanente del efluente de la planta ha permitido incorporar y mantener 13 ha verdes recreativas y productivas, que además estabilizan las laderas y las protegen contra la erosión eólica.

Es importante mencionar que el Colegio tiene además un programa de fumigación permanente del complejo educativo, como una acción preventiva a la presencia de vectores. Asimismo posee un programa de controladores de insectos en el área productiva.

d. Dimensión socio-cultural

La planta de tratamiento es operada por dos personas, que pueden ser consideradas como beneficiarios directos. Los beneficiarios indirectos del tratamiento del agua residual sería la población que vierten sus descargas a la red de alcantarillado y luego son tratadas en la planta. Teniendo en cuenta que el 25% del agua tratada es de origen residual, se calcula que la población aportante sería de alrededor 3,500 personas.

3.5.2 Reuso

a. Dimensión técnica

La zona de reuso de las aguas residuales tratadas en el Colegio de La Inmaculada comprende 13.16 ha de cultivos y áreas verdes desarrollados sobre un suelo arenoso y con presencia de roca fracturada en la parte de laderas.

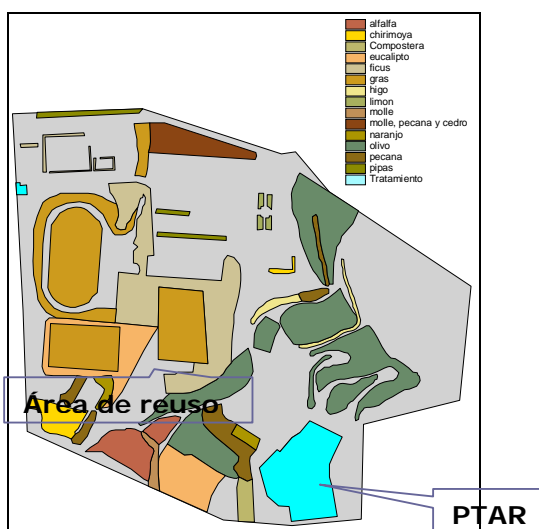


Figura 14. Áreas de reuso del Colegio La Inmaculada

Fuente: T. Alfaro, 2007

Los principales cultivos identificados y sus áreas se muestran en el cuadro 36. Como también se puede apreciar en la figura 14, los olivos abarcan más de la cuarta parte del área, seguidos por el gras (23%) y los ficus (17%) en los jardines. También son importantes las áreas dedicadas a eucaliptos (8%) y pecanas (5%). Casi media hectárea es dedicada al cultivo de alfalfa para alimentación animal.

Cuadro 36. Principales cultivos en la Inmaculada

Nombre del cultivo	Ha	%
Olivo	3.503	27
Higos	0.172	1
Pecanas	0.639	5
Chirimoya	0.298	2
Naranjo	0.355	3
Paltos	0.250	2
Limón	0.207	2
Alfalfa	0.493	4
Una de gato	0.228	2
Eucalipto	0.994	8
Molle	0.563	4
Ficus	2.261	17
Tipas	0.191	1
Gras	3.002	23
Total	13.156	100

Fuente: IPES, 2007

Las fuentes de agua para el riego son el río Surco (75%) y los desagües domésticos (25%), ambos previamente tratados en la planta de lagunas de estabilización. El riego de las 13 ha demanda 400 m³/día en época de invierno y 700 m³/día en época de verano, volumen que no es suficiente en el último caso por la capacidad de la bomba. El tipo de riego empleado para las áreas verdes recreativas es por aspersión, mientras que los frutales plantados en las laderas se realiza por goteo.

b. Dimensión económica

El costo anual del mantenimiento de las verdes y productivas es de US\$ 178,731 (cuadro 37), incluyendo el costo del agua tratada que representa el 38% del costo total. El costo de personal conforma el 40% del citado costo.

Cuadro 37. Costos de mantenimiento de las áreas verdes de La Inmaculada

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	71,500
Materiales e insumos	30,000
Agua tratada	67,231
Mantenimiento de equipos	10,000
Total	178,731
Área de reuso (m ²)	131,560
Costo de mantenimiento (US\$/m ²)	1.36

Fuente: Colegio La Inmaculada, 2007

Si se tiene en cuenta que el área bajo riego es de 13 ha, se puede deducir que el costo anual sería de US\$ 1.36/m². Este valor es similar a la experiencia de la Av. Universitaria con un costo de US\$ 1.31/m² y mayor que las de Pucusana, Oasis de Villa y Miraflores. Sin embargo, se trata de una ladera de cerro que demanda mayor dedicación. No se ha podido deducir el beneficio de la actividad productiva y la mejora del valor del terreno, que justificarían aun más los costos descritos.

c. Dimensión ambiental y de salud

Como ya menciono antes, el efluente no tiene parásitos y los niveles de colimetría son bajos, por tanto es apto para el riego de especies regadas antes mencionadas.

No se han identificado impactos negativos por el reuso de esta agua, tales como vectores, sin embargo el Colegio tiene como acción preventiva un programa de fumigación permanente en todo el complejo. Además posee un programa de controladores de insectos en el área productiva.

Como impactos positivos o beneficios reportan la mejora de la calidad del agua de riego con el tratamiento, que les permitido incorporar y mantener áreas verdes recreativas y productivas en terrenos eriazos y laderas, así como reducir los costos iniciales cuando usaban agua potable. También manifiestan que esta agua les permite un ahorro importante de fertilizantes químicos.



d. Dimensión socio-cultural

En las actividades de reuso operan 15 personas, considerados beneficiarios directos, y como beneficiarios indirectos se consideran a la población estudiantil y a los padres de familias con un total aproximado de 2500 personas.

La población estudiantil y padres de familia saben que el agua utilizado para el riego de sus áreas provienen de agua residual tratada y son aceptadas por el beneficio que significa para el colegio.

3.5.3 Lecciones aprendidas

- Esta experiencia representa un grupo de casos desarrollados por la iniciativa privada (colegios, cementerios y clubes de golf) para reducir significativamente los costos de agua utilizada en el riego de sus áreas verdes y que antes se realizaba con agua potable cada vez más limitada en la ciudad de Lima. A esta ventaja se suma el aprovechamiento de tierras eriazas ubicadas en las laderas de un cerro dentro de su propiedad. La siembra de árboles permite estabilizar estos suelos deleznales, protegiéndolos de la erosión eólica. Se trata de más de 13 ha regadas con aguas residuales y de canal tratadas, que además incluyen un componente

productivo (olivos, pecanos, etc.) y se benefician con un consumo menor de fertilizantes químicos por el aporte de nutrientes de al agua tratada.

- La tecnología de lagunas de estabilización implementada permite lograr la calidad sanitaria requerida para el riego de áreas verdes, como las tres hectáreas de jardines abiertas al contacto directo con las personas. Esta calidad es muy superior a la requerida para el riego forestal o de frutales de tallo alto, por lo que podría utilizarse el efluente de la laguna terciaria para acortar el proceso y hacerlo más económico.
- La inversión de US\$ 198/habitante servido con el tratamiento de sus aguas residuales se debe fundamentalmente a que la planta trata cuatro veces el volumen de agua residual (agua de canal), los altos costos de conducción y bombeo hacia los terrenos elevados y la infraestructura de concreto reforzado para asegurar la estabilidad de las lagunas ubicadas en esta parte alta del cerro. Esta inversión podría ser considerada muy elevada si el objetivo fuera exclusivamente tratar para disponer los desagües en el ambiente. Sin embargo, dicha inversión es considerada muy acertada en este caso, toda vez que se pretende sustituir el agua potable antes utilizada, ya que el costo de esta agua tratada es de apenas US\$ 0.47/m³, comparado con US\$ 1.75/m³ del agua potable que antes se pagaba. Por tanto, la inversión realizada ha permitido reducir el costo del riego al 27% del inicial.

3.6 COMPLEJO BIOECOLÓGICO DEL PARQUE 26

a. Información general

Esta experiencia se encuentra ubicada en el Complejo Biotecnológico Parque 26 del distrito de Villa El Salvador, delimitado por las Avenidas Mariano Pastor de Sevilla, 1° de Mayo y El Sol; y por la Asociación de Colonizadores de la Tablada de Lurín.

El Parque 26 tiene una extensión de 44.93 ha y una antigüedad de 33 años. Cuenta con varias edificaciones destinadas a administración, depósitos, vivero, y estanques de acuicultura. Además disponen de agua potable y alcantarillado.

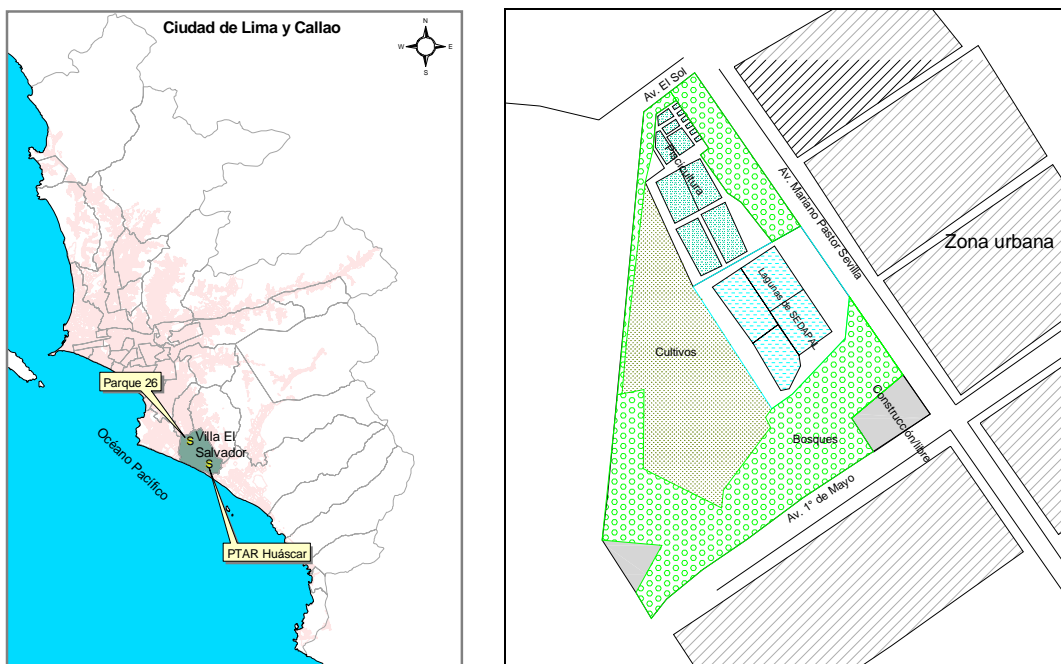


Figura 15. Ubicación del Parque 26

Fuente: T. Alfaro, 2008

Forma parte del Programa de Protección Ambiental y Ecología Urbana del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Los propósitos de esta experiencia son:

- Ambiental, debido al rol de abastecer de plantas e insumos orgánicos para apoyar la instalación de áreas verdes en 15 distritos de Lima.
- Generación de ingresos ya que ella se dan actividades productivas en piscicultura y agro-silvicultura.
- Educativa o de investigación, quiere decir que en los ambientes del Parque 26, se dan espacios para el desarrollo de tesis de ingeniería; así, como también, la validación y demostración de i) energías alternativas para viviendas, ii) agricultura urbana, iii) materiales y procesos constructivos sostenibles, y iv) tecnologías de saneamiento limpias.

3.6.1 Tratamiento

a. Dimensión institucional

El sistema de tratamiento de las aguas residuales de esta experiencia está dividido en dos componentes: la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Huáscar (PTAR Huáscar) y la Planta de Tratamiento Complementario de Aguas Residuales del Parque 26 (PTAR Parque 26). La primera se encuentra ubicada en el Parque Zonal Huáscar, mientras que la segunda está dentro del Complejo Biotecnológico del mismo Parque 26, ambas en el mismo distrito de Villa El Salvador.

Este sistema fue construido en 1998 como parte del Proyecto “Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado de la Zona Sur de Lima Metropolitana” (MESIAS), ejecutado por el entonces Ministerio de la Presidencia. Luego fue transferido a SEDAPAL para su operación y mantenimiento.

La PTAR Huáscar tiene una extensión de 24 ha y una antigüedad de operación de cuatro años (2004), mientras que la PTAR Parque 26 tiene una extensión de 7.58 ha y una antigüedad de 6 años (2002). Este último componente entró en operación dos años antes que Huáscar, por tanto funcionó provisionalmente como un sistema de lagunas de estabilización que trataba directamente agua residual cruda durante estos dos primeros años.



Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Huáscar

El propósito del sistema es la protección ambiental del Océano Pacífico que es el cuerpo receptor de las aguas residuales tratadas y abastecer de agua a las áreas verdes productivas y recreativas del Distrito de Villa El Salvador.

Las principales instituciones o actores involucrados en el tratamiento son la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud y la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), quienes intervienen en los controles y monitoreos de la calidad del agua. Cabe indicar que esta planta no cuenta aun con la autorización de funcionamiento de DIGESA.

SEDAPAL considera un problema legal los límites de la DBO5 establecidos para el efluente, ya que las algas generadas en estos procesos son consideradas como materia orgánica del agua. Adicionalmente se menciona otro problema es que los inspectores de la SUNASS aducen que la muerte de las aves en el lugar es causada por el mal funcionamiento de la planta y no por otros factores.

b. Dimensión técnica

Se ha estimado que la planta de tratamiento de Huáscar ocupa un área neta de 4.65 ha de suelo arenoso y comprende:

- dos lagunas aireadas de mezcla completa
- tres lagunas aireadas de mezcla parcial
- una laguna de sedimentación
- dos lagunas de pulimento en paralelo
- estructuras del pre-tratamiento
- sistema de bombeo
- oficinas administrativas

Esta planta fue diseñada inicialmente para tratar 550 L/s, pero solo se construyó una primera etapa para 170 L/s con una DBO de 250 mg/L. Sin embargo, actualmente esta planta recibe un agua con una DBO de 600 mg/L que limita el tratamiento a un caudal de solo 70 L/s (SEDAPAL, 2008). Quedan casi 29 ha de terreno para que en el futuro se pueda implementar toda la infraestructura contemplada en el diseño inicial.

La Planta de tratamiento del Parque 26 en realidad cumple con completar el tratamiento iniciado en Huáscar mediante cuatro lagunas de pulimento en paralelo y que ocupan 3.48 ha. También posee instalaciones de desinfección, un sistema de bombeo y oficinas administrativas.

El proceso de tratamiento empieza con la recepción 70 L/s de agua residual cruda en una cámara de rejillas automática, en donde se retienen los sólidos mayores. Luego continúa el agua hacia el desarenador, compuesto por dos unidades que trabaja en forma intercalada para retener los sólidos sedimentables gruesos (arena). Este caudal pre-tratado pasa a las lagunas aireadas de mezcla completa, que operan con seis aireadores cada una (dos verticales y cuatro horizontales) para suministrar oxígeno y mantener en suspensión la biomasa orgánica, lográndose una remoción de 60% de la DBO. El agua residual continúa hacia las lagunas de mezcla parcial, cada una equipada con dos aireadores, permitiendo en ellas la formación de flóculos orgánicos de mayor tamaño, que luego se acumulan en el fondo de la laguna de sedimentación. Aproximadamente 30 L/s pasan finalmente a las lagunas de pulimento de la PTAR Huáscar y los otros 40 L/s son trasladados a las lagunas de pulimento de la PTAR Parque 26, mediante una tubería de cinco kilómetros. Las dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento de Huáscar se muestran en el cuadro 38.

Cuadro 38. Dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento Huáscar

Unidad	No.	Long. (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Área (m ²)	Vol. (m ³)	Retenc. (días)
Laguna aireada de mezcla completa (LAMC)	2	72	67	3.0	9,648	28,944	4.8
Laguna aireada de mezcla parcial (LAMP)	3	67	48	3.0	9,648	28,944	4.8
Laguna de sedimentación (LS)	1	100	48	3.0	4,800	14,400	2.4
Laguna de pulimento 1 (LP1)	1	145	50	2.2	6,502	14,304	16.6
Laguna de pulimento 2 (LP1)	1	137	42	2.2	5,178	11,393	13.2

Fuente: IPES, 2007

El tratamiento complementario (pulimento) del efluente de la Planta Huáscar, que es trasladado al Parque 26, ingresa a dos baterías de lagunas de pulimento, conformada cada una por dos lagunas. En estas lagunas se trata un caudal aproximado de 40 L/s, que finalmente pasa al tanque de desinfección para su cloración antes de usarse en agricultura y acuicultura. Las dimensiones de las cuatro lagunas de pulimento del Parque 26 se indican en el cuadro 39.

Cuadro 39. Dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento Parque 26

Unidad	No.	Long. (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Área (m ²)	Vol. (m ³)	Retenc. (días)
Lagunas de pulimento primarias	2	100	80	3.5	14,400	31,680	12.2
Laguna de pulimento secundaria 1	1	130	55	3.5	6,435	14,157	10.9
Laguna de pulimento secundaria 2	1	110	60	3.5	5,940	13,068	10.1

Fuente: IPES, 2007

El tiempo teórico de retención del agua en la PTAR Huáscar varía entre 15.6 y 19.0 días, si se considera solo las lagunas de sedimentación y pulimento, ya que en las lagunas aireadas se produce una resuspensión de la materia orgánica. El efluente que se termina de tratar en la planta del Parque 26 alcanza un tiempo teórico de retención de entre 24.7 y 25.5, al integrar los periodos de la laguna de sedimentación en Huáscar y las dos lagunas de pulimento en el Parque 26. Según las recomendaciones de la OMS, este tiempo de retención es más que suficiente para remover los huevos y larvas de parásitos (la OMS recomienda de 8 a 10 días).

SEDAPAL realiza controles de calidad del agua en la entrada de la planta Huáscar y la salida de la laguna de pulimento de las plantas de Huáscar y Parque 26. Los parámetros controlados son: bacteriológico (coliformes fecales o termo tolerantes), parasitológico (huevos de helmintos) y físico-químico (caudal, pH, SST, DBO₅, OD y T°). Estos controles los realiza SEDAPAL de manera mensual o diario (Caudal, T° y pH. El cuadro 40 muestra los resultados del monitoreo de la calidad del agua residual realizado por SEDAPAL durante los años 2004 y 2007. De acuerdo a estos análisis podemos observar que en el efluente hay presencia de huevos de parásitos (a excepción del año 2007), situación que extraña frente a los largos periodos de retención antes estimados y que debieran permitir una completa eliminación de estos patógenos. Por tal razón, asumimos que la planta del Parque 26 ha continuado recibiendo agua residual cruda entre el 2004 y 2006, al igual como lo hacía el 2002 y 2003 para abastecer la alta demanda de los agricultores de la zona agrícola de VES.

Cuadro 40. Monitoreo de la calidad del afluente de la planta Huáscar y efluente de la planta del Parque 26 realizado por SEDAPAL

Año	DBO ₅ (mg O ₂ /L)		CF (NMP/100mL)		Parásitos (Org/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
2004	529	92	2.4E+08	2.1E+03	23	2
2005	513	201	1.4E+08	7.2E+02	29	19
2006	552	256	1.6E+08	1.7E+04	14	17
2007	637	223	2.3E+08	5.8E+03	17	0

Fuente: SEDAPAL, 2008

DBO: demanda bioquímica de oxígeno

CF: coniformes fecales

HH: huevos de helmintos

De otro lado, la concentración de colimetría fecal sobrepasa los niveles permisibles para riego irrestricto, según la Ley General de Agua y las directrices de la OMS, por lo que habría que restringir aquellos cultivos más exigentes. También estos datos permiten estimar que la capacidad de remoción de la DBO varía en un rango del 78 al 94%.

El cuadro 41 muestra los controles puntuales realizados por el Proyecto SWITCH en diciembre de 2007 y julio de 2008.

Cuadro 41. Control de calidad del afluente de la planta Huáscar y efluente de la planta del Parque 26 realizado por el Proyecto SWITCH

Fecha	DBO (mg/L)		CF (NMP/100mL)		Parásitos (Org/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Dic. 2007	296	2?	1.30E+08	4.5E+01	1392	0
Jul. 2008					624	0

Fuente: IPES, 2007

DBO: demanda bioquímica de oxígeno

CF: coniformes fecales

HH: huevos de helmintos

Los resultados permiten confirmar que el efluente del Parque 26 no presenta parásitos, al igual que los datos de SEDAPAL para el 2007. Además se debe mencionar que en estos últimos controles se ha evaluado todos los parásitos humanos, incluidos protozoos y helmintos, razón por lo que se registran valores mucho mas grandes que los determinados por SEDAPAL. Es posible afirmar por tanto que actualmente ya no se incorpora agua cruda en la planta del parque 26.

Las bajas concentraciones de coliformes fecales registradas en estos últimos controles, menores que las reportadas por SEDAPAL, son producto del proceso de desinfección que operó durante el muestreo.

Los operarios de la Planta informaron que hasta la fecha no han realizado limpieza de fondo de las lagunas, por lo tanto no se han hecho ningún tipo de tratamiento de lodos.

Se ha identificado como problema de diseño la existencia de un sistema pequeño de entrada del agua en la laguna de sedimentación de Huáscar, mientras que el dispositivo de salida es amplio. Ello genera zonas muertas triangulares a los costados de la entrada que afecta la eficiencia hidráulica de dicha laguna.

c. Dimensión económica

De acuerdo a la tasación elaborada por el proyecto SWITCH, el costo de inversión de las plantas de tratamiento de Huáscar y Parque 26 llegaría a US\$ 23,468,587, tal como se muestra en el cuadro 42.

Cuadro 42. Costos de inversión de las plantas de Huáscar y Parque 26

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (S/.)	SUB TOTAL (US\$)
1.00	Obras preliminares	33,602	11,201
2.00	Movimiento de tierras	9,528,285	3,176,095
3.00	Estructuras de concreto	34,549,735	11,516,578
4.00	Sistema de conducción (tuberías)	4,236,856	1,412,285
5.00	Equipo de aireación	119,232	39,744
6.00	Obras complementarias	29,473	9,824
Costo directo US\$		48,497,183	16,165,728
Costo indirecto US\$ (15%)		7,274,577	2,424,859
Costo total US\$		55,771,760	18,590,587
Costo del terreno		14,634,000	4,878,000
Costo actual de la planta		70,405,760	23,468,587

Fuente: IPES, 2008

El valor neto de la inversión en infraestructura es de US\$ 18,590,000, por lo que el 21% restante es asignado a los terrenos valorizados en esa zona en US\$ 60/m². Si bien dichos terrenos fueron cedidos por el Servicio de Parques (SERPAR) que administra el Parque Huáscar y el Ministerio de Vivienda que maneja el Parque 26, es conveniente incorporar el valor de estas propiedades en la inversión total. Es importante indicar que SEDAPAL tiene un total de 31.58 ha de terreno asignado para ambas plantas, pero que la infraestructura actual ocupa algo más de 8 ha.

Teniendo en cuenta que el agua residual tratada proviene de aproximadamente 20,000 personas, el costo de inversión de este sistema sería de US\$ 465/persona atendida, sin incluir el valor del terreno y de US\$ 848/persona atendida si se considera dicho terreno. Este costo es el más alto de todos los casos evaluados, porque se trata de una tecnología que demandado infraestructura de concreto reforzado, extensas líneas de conducción y equipamiento. Además, si se hubiese logrado el objetivo de tratar el caudal de diseño de 170 L/s, el costo de inversión por persona sería de US\$ 192 (40% del costo actual).

Según la información proporcionada por SEDAPAL, los costos operativos anuales de las plantas Huáscar y Parque 26 son US\$ 167,767 y 24,965 respectivamente (cuadro 35) y son asumidos totalmente por esta institución. La energía para la aireación representa el 61% del costo operativo en Huáscar.

Cuadro 43. Costos de operación y mantenimiento de las plantas Huáscar y el Parque 26

Descripción de partidas	Parque Huáscar	Parque 26
	(US\$)	(US\$)
Personal	35,600	13,610
De Operación	22,000	6,810
De Seguridad	13,600	6,800
Materiales e insumos	1,692	300
Energía para aireación	102,914	1,520
Electricidad y agua potable	960	360
Servicios por mantenimiento de equipos	9,400	4,670
Servicios por mantenimiento de áreas verdes	17,201	4,515
Total	167,767	24,975
Producción de agua (m3/año)		1,036,800
Costo del agua por operación y mantenimiento (US\$/m3)		0.12
Inversión en la planta (US\$)		18,590,586
Vida útil de la planta (años)		25
Depreciación de la planta (US\$/año)		495,749
Costo del agua por depreciación de la inversión (US\$/m3)		0.47
Costo total del agua (US\$/m3)		0.59

Fuente: SEDAPAL, 2008

Estas cifras permiten deducir que el costo del efluente del Parque 26 sería de US\$ 0.59 por metro cúbico, que incluye US\$ 0.47 por la depreciación de la infraestructura en 25 años. Aun con el alto monto de inversión antes citado,

este costo del agua resulta siendo menor que US\$ 0.69/m³ estimado para la planta de lodos activados de la Av. Universitaria y la tarifa de US\$ 0.72/m³ del agua potable para regar parques y jardines en ese distrito.

Igualmente se puede indicar que este costo demandaría cargar la tarifa anual de US\$ 17.20 a cada persona atendida con el tratamiento de sus aguas residuales, si no se tiene en cuenta el beneficio económico adicional del reuso.

d. Dimensión ambiental y de salud

Según los datos del monitoreo de SEDAPAL mostrados en el cuadro 40, el efluente del Parque 26 durante el periodo 2004-2006 solo era apto para el riego restringido a los cultivos industriales, cereales, forrajes, frutales de tallo alto y árboles existentes en ese lugar, no así para el riego de gras de jardines, hortalizas y acuicultura. A partir del año 2007 esta agua ya se considera apta para riego irrestricto, que para estos últimos casos demanda una concentración de parásitos menor a un nemátodo intestinal por litro y menos de 1,000 coliformes fecales por 100 ml.

En la visita realizada a la planta no se han detectado impactos negativos, salvo olores de baja intensidad, que no se logra sentir en la zona urbana por la franja forestal perimetral. Por el contrario se han identificado impactos positivos como el incremento de la calidad del agua residual que se trata que mejora la conservación del ambiente local.

e. Dimensión socio-cultural

Los beneficiarios directos son las cinco personas que se encargan de operar las plantas de Huáscar y Parque 26: un ingeniero, un técnico y tres operarios.

Los beneficiarios indirectos son los pobladores que descargan sus desagües al sistema de alcantarillado y luego son captados por la planta para su tratamiento. Se ha estimado que aproximadamente 8,000 viviendas o 40,000 personas aportan el caudal de 70 litros por segundo de agua residual tratada en las plantas de Huáscar y el Parque 26.

3.6.2 Reuso

a. Dimensión institucional

La entidad promotora del reuso de esta experiencia es el gobierno nacional, mediante el Programa de Protección Ambiental y Ecología Urbana del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Los proyectos que se desarrollan en el complejo son financiados básicamente por el Ministerio y algunos aportes adicionales de SENCICO y ONG`s, instituciones que trabajan en convenio para la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo específicos.

Dentro de los actores indirectos involucrados se tiene a SEDAPAL, que mediante convenio con el citado Ministerio recibió el terreno para el tratamiento de aguas provenientes de la PTAR Huáscar y a cambio se comprometió a dotar de un caudal de 40 L/s de agua tratada. Las municipalidades son otros actores indirectos, ya que ellos solicitan especies ornamentales o forestales para los parques públicos.

Los responsables del Parque 26 manifiestan que no existen ningún conflicto o problemas con la comunidad y las instituciones involucradas.

b. Dimensión técnica

El área total del Parque 26 es de 44.93 ha, incluyendo las 7.58 ha destinadas al tratamiento complementario de las aguas residuales a cargo de SEDAPAL. El resto del área es utilizada para actividades agrícolas, acuícolas y forestales. Los cultivos identificados y sus respectivas áreas se muestran en el cuadro 44.

Cuadro 44. Especies cultivadas en el Parque 26

Cultivo	Ha
Bosques	19.50
Piscicultura	5.00
Gras	1.80
Vivero	1.50
Tara	0.25
Tuna/cochinilla	0.25
Vetiver	0.25
Bambú	0.05
Lombricultura	0.05
Construcciones y áreas libres	8.70
Total	37.35

Fuente: MVCS, 2007

El caudal utilizado para el riego de las áreas citadas es de aproximadamente 40 L/s y proviene de las lagunas de maduración de la planta del mismo lugar (PTAR Parque 26). El volumen promedio diario de agua utilizada para riego es de 2,880 m³, equivalente a 86,400 m³ mensual y 1'036,800 m³ anuales. Se debe tener en cuenta que aproximadamente la mitad del caudal es destinado para la acuicultura y el resto al riego de bosques (eucalipto, molle, fresno, etc.) y otros cultivos experimentales.



Figura 16. Vistas de los viveros y la unidad de acuicultura del Parque 26

Fuente: T. Alfaro, 2008

Si se consideran las 28.65 ha como área neta regada, el módulo de riego sería de 18,094 m³ por hectárea y por año, para un riego por gravedad empleando surcos y melgas, dependiendo del tipo de cultivo, aplicado sobre un suelo arenoso.

Durante las visitas no se pudo constatar problemas de manejo del reuso, pero cabe mencionar que adicionalmente usan agua residual cruda para el riego,

debido a la falta de agua tratada y a la diferencia de cotas del terreno. El responsable del tratamiento confirmó que falta agua durante los meses de verano y que estima se requería un caudal aproximado de 50 L/s para poder regar toda el área del Parque.

c. Dimensión económica

El cuadro 45 muestra que costo anual del mantenimiento de las verdes y productivas del Parque 26 es de US\$ 441,571, incluyendo el costo del agua tratada y personal que representan el 70 y 21% del costo total respectivamente. El costo del agua tratada es elevado por la importante inversión en el sistema de tratamiento y el uso de métodos de riego poco eficientes, ya que SEDAPAL no cobra por el agua utilizada.

Cuadro 45. Costos de mantenimiento de las áreas verdes del Parque 26

Descripción de partidas	Costo anual (US\$)
Personal	93,400
De Campo	57,400
De Seguridad	36,000
Materiales e insumos	39,500
Agua tratada	308,171
Energía eléctrica y agua potable	500
Total	441,571
Área de reuso (m2)	286,500
Costo de mantenimiento (US\$/m2)	1.54

Fuente: MVCS, 2007

Si se tiene en cuenta que el área bajo riego es de 28.65 ha, se puede deducir que el costo anual para mantener estas áreas verdes sería de US\$ 1.54/m2. Este valor es el mas alto de todas las experiencias evaluadas. La información recibida no ha permitido determinar el beneficio de la actividad productiva, que justificarían mejor los costos descritos. De otro lado, el MVCS asume el gasto de US\$ 0.47/m2, mientras que el resto lo asume SEDAPAL con el tratamiento del agua.

d. Dimensión ambiental y de salud

Como ya se comentó antes, los datos del monitoreo de SEDAPAL mostrados en el cuadro 40 permiten concluir que a partir del año 2007 el agua tratada es apta para riego irrestricto, al haber logrado eliminar totalmente los parásitos y llegar a niveles cercanos a 1,000 coliformes fecales por 100 ml. Por tanto el MVCS puede regar con seguridad todos los cultivos agrícolas, acuícolas y forestales que actualmente maneja en el parque 26. De todas formas se recomienda coordinar con SEDAPAL un monitoreo permanente de la calidad del agua.

No se han detectado impactos negativos por el uso de esta agua, por el contrario se han identificado impactos positivos como la incorporación y mantenimiento de áreas verdes, reducción de fertilizantes, protección de los suelos por contaminación y han permitido crear una zona para la investigación. Todos estos aspectos favorecen a la mejora y conservación del medio ambiente.

e. Dimensión socio-cultural

Los beneficiarios directos son las 20 personas de sexo masculino que trabajan en mantenimiento y propagación de especies forestales.

Los beneficiarios indirectos, lo constituyen las personas que hacen su ingreso al parque previa autorización, así, como los vecinos que viven alrededor del Parque 26 y de otros parques públicos que fueron desarrollados con los plántones producidos en este Parque 26.

3.6.3 Lecciones aprendidas

- Esta experiencia representa el grupo con mayor número de casos (7) y antigüedad en Lima Metropolitana. Fueron gestados a partir de un solo proyecto estatal que se inició en 1962 para promover el reuso de las aguas residuales en agricultura, acuicultura y forestación, sobre la zona desértica del Cono Sur de la ciudad y donde no existen otras fuentes de agua. Es importante indicar que estos proyectos se iniciaron con lagunas de estabilización, que recién desde el 2002 se sustituyeron por lagunas aireadas operadas por SEDAPAL. Estos casos de escala mediana abarcan más del 40% del área regada con aguas residuales tratadas en Lima, dos de ellos pertenecen a parques zonales y otros dos a centros demostrativos liderados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- La tecnología de lagunas aireadas está demostrando la factibilidad de contar con un efluente de calidad adecuada para el desarrollo de áreas verdes recreativas y productivas. Las plantas de tratamiento de Huáscar y Parque 26, al igual del resto que conforman el complejo del Sur de Lima, son operadas por SEDAPAL en forma eficiente y son las únicas que mantienen un monitoreo permanente de la calidad del proceso.
- El Complejo Bioecológico del Parque 26 es igualmente mantenido en condiciones muy adecuadas por el Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, constituyendo así en el proyecto de reuso más importante de Lima y sirviendo para el desarrollo de actividades experimentales orientadas a promover el reuso de las aguas residuales.
- La elevada inversión de US\$ 465/habitante servido con el tratamiento de sus aguas residuales se debe fundamentalmente a la aplicación de una tecnología sofisticada que ha demandado infraestructura de concreto reforzado, extensas líneas de conducción y equipamiento. Por tal razón se ha estimado un costo de tratamiento de US\$ 0.59 por metro cúbico, que incluye US\$ 0.47 por la depreciación de la infraestructura. Aun así, este costo del agua resulta siendo menor que US\$ 0.69/m³ estimado para la planta de lodos activados de la Av. Universitaria y la tarifa de US\$ 0.72/m³ del agua potable para regar parques y jardines en los distritos del Cono Sur. Por otro lado, tales costos demandarían cargar la tarifa con US\$ 17/persona/año para tratar sus aguas residuales, si esta planta tuviera esa única finalidad.

4. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS ESTUDIOS DE CASO

4.1 CARACTERÍSTICAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO EN EL INVENTARIO, LA CARACTERIZACIÓN Y LA TIPOLOGÍA

En el proceso de evaluación realizado por el Proyecto SWITCH, y que comprende las etapas de inventario, caracterización y tipología, se ha utilizado diversas características para realizar un análisis comparativo de las experiencias de uso de aguas residuales tratadas existentes en la ciudad de Lima. Las características abordadas en cada etapa para la evaluación comparativa figuran en el cuadro 46.

Cuadro 46. Características según dimensiones utilizadas para la evaluación comparativa en el inventario, la caracterización y la tipología

Dimensión y característica	Inventario	Caracterización	Tipología
Institucional			
Ubicación geográfica	X		
Ámbito de desarrollo	X	X	X
Propósito de la experiencia		X	
Tamaño de la experiencia	X		
Antigüedad de la experiencia		X	
Tenencia de la tierra		X	
Actores directos	X		
Actores indirectos		X	
Acuerdos institucionales		X	
Conflictos existentes		X	
Técnica			
Tecnología de tratamiento	X	X	X
Volumen de agua residual usada	X		
Tipo de riego		X	
Actividades del reuso	X		X
Principales cultivos y crianzas		X	
Productividad de cultivos		X	
Económica			
Costo de inversión (tratam.)		X	
Costo de tratamiento		X	
Valor del agua residual tratada		X	
Valor económico del reuso		x	
Ambiental y de salud			
Tipo de suelos		X	
Fuentes de agua		X	
Calidad sanitaria agua tratada		X	
Impactos positivos		X	
Socio-cultural			
Beneficiarios directos		X	
Beneficiarios indirectos		X	

Fuente: IPES, 2007

4.2 SELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS UTILIZADAS PARA LA EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS ESTUDIOS DE CASO

Los estudios de caso han incluido algunas características adicionales a las consideradas en las etapas anteriores (inventario, caracterización y tipología), por tanto se considera que las características posibles de sustentar el análisis comparativo de los estudios de caso son los siguientes:

a. En la dimensión institucional:

- Propósito de la experiencia: ambiental, generación de ingresos y educativo.
- Alcance de la experiencia: si es un proceso aislado o parte de un programa.
- Antigüedad de la experiencia: años de operación.
- Tenencia de la tierra: propiedad privada, municipal o comunal, y en sesión de uso o alquiler temporal.
- Entidades promotoras del reuso: sector público o privado, gobierno nacional, regional o local, organizaciones comunitarias de base o de agricultores, institución académica o de investigación, u otro.
- Entidades financieras del reuso: sector público o privado, gobierno nacional, regional o local, organizaciones comunitarias de base o de agricultores, institución académica o de investigación, u otro.
- Acuerdos institucionales: con SEDAPAL y DIGESA.

b. En la dimensión técnica

- Tecnología de tratamiento: lagunas de estabilización, lagunas aireadas, lodos activados humedales artificiales, reactores anaeróbicos y filtros percoladores (porcentaje según caudal tratado para reuso).
- Tamaño de la planta y volumen de agua tratada: expresados en metros cuadrados y litros por segundo respectivamente
- Eficiencia del tratamiento: periodos de retención y capacidades de remoción de los parámetros materia orgánica, coliformes fecales y parásitos.
- Problemas de Manejo: poca disponibilidad de personal y recursos, falta de mantenimiento, generación de olores desagradables, disposición de los residuos sólidos y mala calidad del agua utilizada.
- Tipo de riego: por inundación, surcos, aspersión y goteo.
- Principales cultivos: especies.

c. En la dimensión económica

- Costo de inversión para el tratamiento según tecnología: en dólares americanos por persona atendida.
- Costo de tratamiento según tecnología: en dólares americanos por metro cúbico de agua tratada, sobre la base de los costos anuales de operación y mantenimiento que comprenden costos de personal, materiales e insumos, energía y otros servicios.
- Ahorro por el uso del agua residual tratada: en función al costo del tratamiento y la tarifa del agua potable.
- Costo de mantenimiento de las áreas verdes: en dólares americanos por metro cuadrado de cobertura.

d. En la dimensión ambiental y de salud

- Tipo de suelos: arenosos, francos y areno cascajosos.
- Control de calidad del proceso: estadísticas y programas actuales de monitoreo de los principales parámetros de calidad y eficiencia.
- Calidad sanitaria del agua residual tratada: representada por coliformes fecales y parásitos humanos.
- Impactos positivos del reuso: incorporación de áreas verdes y productivas, reducción de fertilizantes, incremento de la productividad.
- Impactos negativos: tales como olores desagradables, presencia de insectos (zancudos) y/o roedores, u otros.

e. En la dimensión Socio-cultural

- Beneficiarios directos: trabajadores de la planta de tratamiento y del área de reuso, incluyendo los agricultores usuarios del agua tratada.
- Beneficiarios indirectos: población que es beneficiada con el tratamiento de su agua residual y población que utiliza las áreas verdes o consumen la producción generada.
- Aceptación del uso de las aguas residuales para el riego: conocimiento y aceptación de las ventajas y riesgos.

4.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS EN LOS ESTUDIOS DE CASO

a. En la dimensión institucional:

- **Propósito y alcance de las experiencias**

Como se puede apreciar en el cuadro 47, todos los casos estudiados han tenido como principal propósito contribuir a mejorar el ambiente de su zona de influencia.

Cuadro 47. Propósito de las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Propósito		
	Ambiental	Ingresos	Educativo
Berma Central de la Avenida Universitaria	X		
Áreas verdes de Pucusana	X	X	
Áreas verdes de Oasis de Villa	X		
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	X		
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	X	X	X
Complejo Bioecológico del Parque 26	X	X	X

Fuente: IPES, 2008

La mitad de las experiencias consideran como propósito adicional la generación de ingresos, como un mecanismo de sostenibilidad de las mismas. En el caso específico de Pucusana, se trata de agricultores que aprovechan las aguas residuales tratadas para la producción agrícola, mientras que en el caso del Colegio de La Inmaculada se intenta una producción para autoabastecimiento. El parque 26 produce plantones y otros productos agrícolas para abastecer otras áreas verdes y procurar ingresos para su financiamiento. Por último, estas dos últimas experiencias también desarrollan estas actividades con un propósito educativo, ya que la primera es una entidad educativa y la segunda una dependencia estatal que promueve el uso de las aguas residuales tratadas.

Estos resultados refuerzan los datos discutidos en la etapa de caracterización, en que se identificó que el 44% de las experiencias en Lima tenían la mejora ambiental como principal propósito (figura 17). El análisis más detallado en esta etapa de los estudios de caso permitió precisar que en aquellas experiencias orientadas a otros propósitos, como ingresos económicos y seguridad alimentaria, también incluyen como propósito el aspecto ambiental.

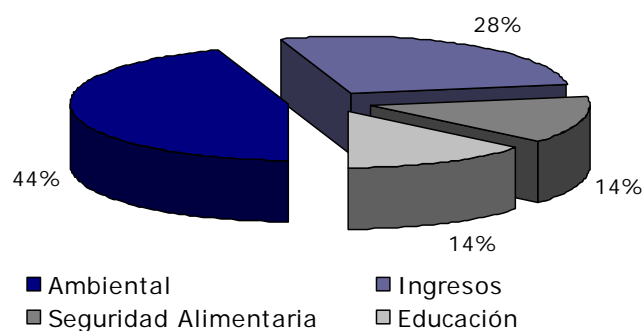


Figura 17. Propósito de las experiencias de reuso en Lima

Fuente: IPES, 2007

Casi todos los casos (excepto el Parque 26) constituyen experiencias aisladas producto de la iniciativa municipal, privada y comunal. Solo el caso del Parque 26 es parte de un Programa Nacional de Protección Ambiental y Ecología Urbana que desarrolla el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

○ **Antigüedad de las experiencias**

El cuadro 48 muestra la antigüedad de los seis estudios de caso evaluados. Allí se pueden apreciar tres grupos diferentes: los más antiguos (con más de 30 años), los medianamente antiguos (entre 10 y 20 años) y los más recientes con menos de 10 años.

Cuadro 48. Antigüedad de las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Años de antigüedad
Berma Central Avenida Universitaria	7
Áreas verdes de Pucusana	10
Áreas verdes de Oasis de Villa	3
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	16
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	14
Complejo Bioecológico del Parque 26	33

Fuente: IPES, 2008

El Complejo Bioecológico del Parque 26 con 33 años de antigüedad pertenece a las experiencias más antiguas desarrolladas en la zona árida del Sur de Lima. En reportes anteriores hemos mencionado el caso de Complejo Bioecológico de San Juan de Miraflores creado en 1964 (44 años de antigüedad) como pionero de este tipo de proyectos de uso de aguas residuales. Este modelo permitió promover en la zona la implementación de otras experiencias, como el parque 26, que sus años de antigüedad constituyen un indicador de sostenibilidad de los proyectos de uso de aguas residuales en Lima Metropolitana. También se ha mencionado que estas experiencias permitieron validar los sistemas aplicados para el tratamiento y uso de las aguas residuales en agricultura y forestación periurbana, que luego fueron promovidos en muchos países de América Latina y el resto del mundo.

El segundo grupo esta constituido por experiencias de mediana antigüedad (entre 10 y 20 años) y que más bien fueron orientadas al desarrollo de áreas

verdes intraurbanas. Es el caso del enverdecimiento de los acantilados de la Costa Verde por la Municipalidad de Miraflores y de las laderas de un cerro logrado por una institución privada como el colegio de La Inmaculada. En este último caso se añade el desarrollo de una zona productiva con árboles frutales y el riego de sus campos deportivos y jardines del colegio. El caso de Pucusana con 10 años es diferente a los dos anteriores, ya que pertenece tipológicamente al primer grupo, por tratarse de una planta de lagunas de estabilización que ha permitido implementar un área verde periférica y una zona agrícola aledaña desarrollada por iniciativa privada de agricultores precarios. Podemos afirmar que los años de antigüedad de este grupo también están acreditando la sostenibilidad de estas experiencias.

Los casos más recientes con menos de 10 años, están relacionados principalmente con pequeñas experiencias de riego de áreas verdes intraurbanas, promovidas por gobiernos locales y organismos de cooperación, haciendo uso de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales y que se encuentran en proceso de validación. Es el caso de la Berma Central de la Avenida Universitaria en donde se instaló una planta compacta de lodos activados para regar casi 6 hectáreas de jardines. El otro caso muy reciente es la experiencia de Oasis de Villa con 3 años de antigüedad, que mediante un humedal artificial permite el riego de un campo deportivo y una pequeña área de jardines. Estos casos aun no muestran una sostenibilidad consolidada por los altos costos de operación en el primer caso y la falta de recursos para operar en el segundo, quedando a merced del soporte técnico y económico que mantengan las municipalidades locales. Por tanto aun resulta poco probable la factibilidad de replicar masivamente estas experiencias para mantener las áreas verdes de Lima y otras ciudades.

o **Tenencia de la tierra**

La situación de la tenencia de la tierra en los seis casos evaluados se indica en el cuadro 49. Los terrenos dedicados al desarrollo de áreas verdes en tres de ellos son de propiedad municipal, mientras que el Parque 26 es una propiedad estatal. El terreno del colegio La Inmaculada es privado, al igual que la zona agrícola de Pucusana, sin embargo en este último, ha sido dado en sesión de uso temporal a agricultores precarios.

Cuadro 49. Situación de la tenencia de la tierra en las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Tenencia de la tierra
Berma Central Avenida Universitaria	Municipal
Áreas verdes de Pucusana	Privada, en sesión de uso
Áreas verdes de Oasis de Villa	Municipal
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	Municipal
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	Privada
Complejo Bioecológico del Parque 26	Estatal

Fuente: IPES, 2008

Esta situación muestra que los terrenos dedicados a las áreas verdes intraurbanas normalmente son de propiedad municipal de uso público, salvo los casos de áreas interiores en una propiedad privada como colegios, clubes o cementerios.

o **Entidades promotoras de la experiencia**

Las experiencias más antiguas de reuso fueron promovidas principalmente por programas del Estado, como es el caso del Parque 26 y Pucusana, y donde el tratamiento de las aguas residuales ha sido asumido por SEDAPAL. Simultáneamente se desarrollaron algunas experiencias de agricultura, promovidas por agricultores precarios, que vieron en el agua residual una oportunidad de hacer productivo los terrenos eriazos aledaños a las plantas de tratamiento, como ocurrió en San Juan de Miraflores, Villa El Salvador y luego en Pucusana. Posteriormente aparecieron algunas iniciativas privadas, como el colegio La Inmaculada y otras como clubes de golf y cementerios, que apostaron por el uso del agua residual tratada para regar sus áreas verdes, ahorrando así importantes costos ocasionados por el uso inicial de agua potable. En las últimas dos décadas aparecieron algunas experiencias promovidas por las municipalidades para regar sus áreas verdes con agua residual tratada en lugar de agua potable, también con el propósito de bajar costos. El caso más antiguo pertenece a la Municipalidad de Miraflores que implementó un sistema de tratamiento económico para regar el acantilado de la Costa Verde. En los últimos años han aparecido algunas experiencias promovidas por gobiernos locales y ONG´s para implementar pequeñas áreas verdes con aguas residuales tratadas con tecnologías novedosas, como plantas compactas de lodos activados y humedales, aun en proceso de validación.

o **Entidades financieras de la experiencia**

El cuadro 50 enumera las instituciones que financiaron las seis experiencias evaluadas como estudios de caso. Tres de estos casos fueron financiados por el Estado y otros dos con recursos municipales. Las dos experiencias pequeñas a escala piloto (Av. Universitaria y Oasis de Villa) recibieron recursos de Organismos no gubernamentales. El caso del colegio La Inmaculada se trata de un financiamiento privado y la zona agrícola de Pucusana fue asumida por los propios agricultores.

Cuadro 50. Entidades financieras de las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Entidad financiera
Berma Central Avenida Universitaria	<ul style="list-style-type: none"> o ONG CIPUR o Municipalidad de Lima
Áreas verdes de Pucusana	<ul style="list-style-type: none"> o Ministerio de la Presidencia o Agricultores
Áreas verdes de Oasis de Villa	<ul style="list-style-type: none"> o ONG Ecociudad o Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	<ul style="list-style-type: none"> o Municipalidad de Miraflores
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	<ul style="list-style-type: none"> o Colegio La Inmaculada
Complejo Bioecológico del Parque 26	<ul style="list-style-type: none"> o Ministerio de Vivienda y Construcción

Fuente: IPES, 2008

Estos datos nos permiten comentar que el financiamiento inicial del estado (nacional y local) ha permitido mostrar la factibilidad del reuso, que luego esta siendo replicado por el sector privado.

o **Acuerdos institucionales**

Las instituciones directamente involucradas con el manejo de las aguas residuales en Lima son la Empresa de Agua SEDAPAL, quien debe autorizar el uso del agua del sistema de alcantarillado, y la Dirección General de Saneamiento Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud, que debe generar la aprobación del sistema de tratamiento y reuso.

Cuadro 51. Acuerdos institucionales de las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Acuerdos con	
	SEDAPAL	DIGESA
Berma Central de la Avenida Universitaria	X	
Áreas verdes de Pucusana	X	
Áreas verdes de Oasis de Villa		
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	X	
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	X	X
Complejo Bioecológico del Parque 26	X	

Fuente: IPES, 2008

La mitad de las seis experiencias evaluadas como estudios de caso han reportado mantener tener un convenio con SEDAPAL para tratar y utilizar aguas residuales, además de los dos casos en que el tratamiento es manejado directamente por SEDAPAL. Solo el caso de Oasis de Villa no tiene la autorización de esta Empresa de agua.

A diferencia de la situación anterior, solo el colegio La Inmaculada cuenta con la autorización de DIGESA para operar el sistema de tratamiento y uso de aguas residuales. El resto de casos aun no ha tramitado tal autorización. Sin embargo, los operarios de las plantas a cargo de SEDAPAL (Parque 26 y Pucusana) indican que la DIGESA y SUNASS realiza esporádicamente controles de calidad en sus instalaciones.

b. En la dimensión técnica:

o **Tecnología de tratamiento**

El cuadro 52 muestra los diferentes tipos de tecnología utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales en los 34 casos inventariados en Lima durante la primera etapa del Proyecto SWITCH.

Cuadro 52. Tecnologías de tratamiento utilizadas en las experiencias de Lima

Tecnología	Cantidad	Porcentaje	Ha	Porcentaje
Lagunas de estabilización	10	29.4	111	21.5
Lagunas aireadas	10	29.4	276	53.4
Lodos activados	8	23.5	115	22.2
Humedales artificiales	4	11.8	3	0.6
Filtros percoladores	2	5.9	12	2.3
TOTAL	34	100.0	517	100.0

Fuente: IPES, 2007

Casi el 60% de las plantas son lagunas de estabilización, que luego la mitad se convirtieron en lagunas aireadas, y juntas abastecen el 75% de las áreas regadas. Otra cuarta parte de plantas están utilizando la tecnología de lodos activados para regar un 22% de las áreas en reuso. El 18 % restante la

constituyen pequeñas plantas de humedales artificiales y filtros percoladores, que juntas riegan solo el 3% de las áreas.

Estas alternativas tecnológicas de tratamiento de aguas residuales determinaron establecer una tipología para las experiencias de reuso de aguas residuales de Lima conformada por 16 tipos diferentes, dos de ellos sin tratamiento. Por ello, la selección de los seis estudios de caso estuvo orientada a incorporar por lo menos un caso de cada tecnología identificada. El cuadro 53 muestra las tecnologías de estos casos.

Cuadro 53. Tecnología de tratamiento de las aguas residuales utilizada en las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Tecnología de tratamiento
Berma Central Avenida Universitaria	Lodos activados
Áreas verdes de Pucusana	Lagunas de estabilización
Áreas verdes de Oasis de Villa	Humedales artificiales
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	Filtros percoladores
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	Lagunas de estabilización
Complejo Bioecológico del Parque 26	Lagunas aireadas

Fuente: IPES, 2008

La inclusión de casos con las diferentes tecnologías identificadas permitirá más adelante comparar sus eficiencias, calidad sanitaria y costos.

o **Tamaño de la planta y volumen de agua tratada**

El cuadro 54 indica los caudales tratados y los requerimientos de terreno demandados por las tecnologías aplicadas en los seis estudios de caso. Se puede apreciar que las plantas con mayor volumen de agua tratada corresponden a las tecnologías de lagunas aireadas y de estabilización, mientras que las más pequeñas responden a sistemas como humedales y filtros percoladores, tecnologías más compactas asumidas recientemente para casos intraurbanos.

Cuadro 54. Caudal y tamaño de las plantas de tratamiento de las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Caudal (l/s)	Tamaño (m ²)	Población atendida	Área requerida (m ² /hab)
Lodos activados de la Avenida Universitaria	3.0	910	1,529	0.60
Lagunas de estabilización de Pucusana	4.0	8,050	2,700	2.98
Humedal artificial de Oasis de Villa	0.2	239	500	0.48
Filtro percolador de Miraflores-Costa Verde	0.9	480	488	0.98
Lagunas de estabilización de La Inmaculada	4.6	11,300	3,500	3.22
Lagunas aireadas de Huáscar y Parque 26	70.0	81,300	40,000	2.03

Fuente: IPES, 2008

Es evidente que los sistemas compactos como los lodos activados de la Avenida Universitaria (0.60 m²/hab.) requieren de menor área por habitante servido que las lagunas de estabilización, como se aprecia en el rango de 2.98 a 3.22 m²/habitante demandados por los casos de Pucusana e Inmaculada respectivamente. Es conveniente indicar que en el último caso, solo la tercera parte del agua que se trata proviene del alcantarillado, lo que aumenta el requerimiento de área.

El caso de muestra el menor requerimiento de área es la planta de humedales artificiales de Oasis de Villa. Este bajo valor es producto de una reducida dotación de agua y el uso exclusivo de aguas grises.

El requerimiento de 0.98 m²/habitante estimado para la planta de filtros percoladores de Miraflores puede ser considerado dentro del rango aceptable para un nivel de tratamiento primario. Las lagunas aireadas de Huáscar y el Parque 26 están demandando 2 m²/habitante, algo menor que las lagunas de estabilización.

o **Eficiencia del tratamiento**

Tradicionalmente se ha evaluado la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales en función al porcentaje de remoción de los principales elementos contaminantes: sólidos disueltos, DBO, nitrógeno y fósforo, además de incluir algunas veces ciertos gérmenes patógenos, principalmente representados por los coliformes fecales (o bacterias termotolerantes). Por tratarse en esta oportunidad de un tratamiento orientado al riego de áreas verdes y productivas el análisis de la eficiencia se ha centrado en sólo tres parámetros: DBO₅, coliformes fecales y parásitos. El cuadro 55 muestra la eficiencia de las plantas utilizadas en los seis casos de estudio.

Cuadro 55. Eficiencia de las plantas de tratamiento existentes en los casos evaluados

Caso	Tiempo de retención (días)	DBO ₅ (%)	Coliformes fecales (unid.log.)	Parásitos (unid. log.)
Lodos activados de la Avenida Universitaria	0.8	99	6	2-3
Lagunas de estabilización de Pucusana	8.2	50-85	2-3	2-3
Humedal artificial de Oasis de Villa	1.9	91	2-3	2
Filtro percolador de Miraflores-Costa Verde	0.2	46	2	1
Lagunas de estabilización de La Inmaculada	17.0	96	4	3
Lagunas aireadas de Huáscar y Parque 26	25.0	78-94	4-5	3

Fuente: IPES, 2008

Como era de esperarse, el sistema de lodos activados (Av. Universitaria) es el que alcanza la mayor remoción de materia orgánica (99% de DBO₅), sin embargo, también las lagunas de estabilización de la Inmaculada logran una remoción del 96%, pero en este caso favorecidas por un manejo de dos terceras partes de agua de canal y solo un tercio de agua residual. El humedal artificial de Oasis de Villa también se ha logrado una alta remoción de 91% en DBO₅, nivel esperado por la eficiente acción de las macrofitas sembradas en el sistema. Asimismo, la eficiencia de las lagunas aireadas de Huáscar y el Parque 26 fluctúa entre 78 y 94% de remoción de DBO₅, valor que puede ser considerado bueno. Por otro lado y a pesar de la sobrecarga de las lagunas de estabilización de Pucusana, este sistema alcanza una remoción entre 50 y 85% que puede ser considerado aceptable. Por último, la más baja eficiencia en remoción de DBO₅ la muestran los filtros percoladores de Miraflores, que si bien es baja, se considera aceptable para un tratamiento primario como este. En suma, todos los sistemas muestran eficiencias de remoción de DBO₅ que varían entre el 46 y 99%, diferencia que sería clave si sus efluentes se dispusieran en cuerpos de agua naturales, sin embargo en estos casos su importancia es menor porque se utilizan en el riego de áreas verdes y agricultura, salvo en aquellos en que se operan sistemas tecnificados de riego, que podrían tener dificultades por un exceso de materia orgánica.

Respecto a la eficiencia de remoción de Coliformes fecales, estamos reemplazando el indicador de porcentaje por el número de unidades logarítmicas removidas. Es así que la planta de lodos activados de la Avenida Universitaria alcanza la mayor eficiencia con una remoción de hasta 6 unidades logarítmicas, seguida por las lagunas aireadas de Huáscar y el Parque 26 con 4 a 5 unidades logarítmicas. Evidente que ambos casos alcanzan tales valores porque han incluido un proceso de desinfección, además del largo periodo de retención existente en el segundo caso (25 días). Las lagunas de estabilización de La Inmaculada permiten la remoción de 4 unidades logarítmicas en 17 días de retención y sin usar desinfección, mientras que las lagunas de Pucusana logran de 2 a 3 unidades por la sobrecarga operativa que actualmente genera la paralización del 50% de su capacidad. El humedal artificial de Oasis de Villa muestra una eficiencia de remoción de 2 a 3 unidades logarítmicas de coliformes fecales, que puede ser aceptable si solo se trabaja con aguas grises. Por último, el filtro percolador de Miraflores es el sistema que ha mostrado la menor remoción de coliformes con 2 unidades logarítmicas, aun cuando reporta un proceso de desinfección; al no esperarse que un tratamiento primario como este permita una alta remoción, resulta clave la desinfección cuando se demande una alta calidad del efluente (riego de parques), pero al parecer este proceso no es permanente.

Nuevamente las lagunas aireadas de Huáscar y el Parque 26, al igual que las lagunas de estabilización de La Inmaculada muestran la mayor eficiencia en remoción de parásitos (tres unidades logarítmicas) por sus largos periodos de retención. La eficiencia de las lagunas de Pucusana fluctúa entre 2 y 3 unidades con un periodo de retención de algo más de 8 días. Una situación interesante aunque sorprendente nos muestra la planta de lodos activados de la Avenida Universitaria, que aun con un periodo de retención menor a un día, alcanza una alta remoción de parásitos de tres unidades logarítmicas y que la atribuyen al proceso de desinfección; en tal sentido debemos indicar que el 98% de los parásitos identificados pertenecen al grupo de los protozoos y que pueden ser retenidos al evitar la salida del efluente por rebose. Como era de esperarse, el sistema de Humedal artificial de Oasis de Villa muestra una eficiencia de remoción de dos unidades logarítmicas de parásitos al manejar un periodo de retención menor a dos días, pero que podría ser aceptable para aguas grises con muy bajas concentraciones de estos patógenos. Por último, el tratamiento primario de filtro percolador en Miraflores reporta la menor eficiencia de remoción con una unidad logarítmica de parásitos al mantener el agua solo por algunas horas.

o **Problemas de Manejo**

En esta etapa de estudios de caso se ha podido identificar algunos problemas de manejo de las experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales, información que no se logró en las etapas anteriores del Proyecto. El cuadro 56 cita los principales problemas de manejo reportados en los seis estudios de caso evaluados.

Cuatro de los seis casos manifiestan que el agua tratada es insuficiente para el riego de las áreas verdes o productivas atendidas, lo que implica que el tamaño de la planta no se ajustó al requerimiento de agua, o que la institución responsable ha incrementado el área de riego o usa un sistema de riego poco eficiente. El otro problema igual de importante en cuatro casos es el limitado mantenimiento de los equipos, tanto de bombeo como los accesorios de riego, que limitan la cobertura total de riego planificada. Esta situación también puede contribuir a la insuficiente disponibilidad de agua

antes discutida. Le sigue el problema de robo de accesorios de riego, que igualmente afecta los planes de riego, y que además está relacionado en dos de los tres casos a la falta de personal de seguridad.

Cuadro 56. Problemas de manejo en los casos evaluados

Problema	A	B	C	D	E	F
Insuficiente disponibilidad de agua		X	X	X		X
Generación de olores desagradables	X		X	X		
Presencia de vectores			X	X		
Poco mantenimiento de equipos	X		X	X	X	
Poco mantenimiento de infraestructura		X		X		
Poca disponibilidad de personal			X			
Poca disponibilidad de recursos económicos			X			
Poca seguridad			X	X		
Robo de accesorios	X		X	X		
Vertimiento de residuos sólidos	X		X		X	
(A) Avenida Universitaria, (B) Pucusana, (C) Oasis de Villa, (D) Miraflores, (E) Inmaculada y (F) Parque 26						

Fuente: IPES, 2008

Un problema que genera conflicto con los vecinos en tres casos es la generación de olores desagradables en el proceso de tratamiento o el riego. En la planta de la Avenida Universitaria indican los vecinos que estos olores se producen sobre todo en horas de la mañana. Igualmente los usuarios de las áreas verdes de Oasis de Villa y Miraflores indican que sienten olores desagradables provenientes de la planta a la hora del riego. Normalmente el problema de olores es atribuido a los sistemas de tratamiento anaeróbicos, por tanto llama la atención que casos como el de la planta de lodos activados de la Avenida Universitaria reporten estas molestias. Es así que podemos concluir que en estos casos los olores desagradables dependen más de las limitaciones de operación y mantenimiento de los sistemas, que del tipo de tecnología utilizada.

Por otro lado, en la Avenida Universitaria y Oasis de Villa se reporta que los vecinos arrojan residuos sólidos en los terrenos de la planta o las áreas verdes, y en el caso específico de la Inmaculada se trata de residuos sólidos que vienen con el agua del canal de regadío. Los dos primeros casos se ubican en distritos populosos con limitaciones en los servicios de recojo de basura. De otro lado, en Oasis de Villa y Miraflores se reporta la presencia de vectores como insectos y roedores, posiblemente ligada a la generación de olores y el manejo inadecuado de los residuos sólidos de las plantas.

A la falta de mantenimiento de equipos, se suma en dos casos la falta de mantenimiento de la infraestructura. En el caso de Pucusana se mantiene el 50% del sistema de tratamiento sin uso por una reparación pendiente de una laguna. En cambio, en Miraflores se reporta el deterioro de las estructuras que están demandando reparaciones. A estos problemas se suman la falta de personal y recursos para una adecuada operación en Oasis de Villa, problema que podría ser extensivo a todas las plantas que muestran problemas de operación y mantenimiento, aun cuando sus responsables no lo mencionen.

Otro análisis que se puede efectuar con los problemas reportados en el cuadro 56 es que los casos con menores problemas son Huáscar/Parque 26, Pucusana e Inmaculada, ya que son operados por SEDAPAL y el sector privado que aseguran los recursos necesarios para una buena operación y mantenimiento de los sistemas, como se verá en la evaluación de costos

más adelante. Por el contrario, la experiencia de Oasis de Villa resulta el caso con mayor cantidad de problemas de operación y mantenimiento, debido a que este sistema es administrado directamente por una comunidad de bajos recursos económicos y no cuenta con el soporte del Municipio y SEDAPAL. A ello se suma que los sistemas de Miraflores y Avenida Universitaria también exhiben un número importante de problemas, que estarían indicando una gestión municipal no suficientemente fortalecida para operar este tipo de sistemas.

o **Tipo de riego**

El cuadro 57 muestra el porcentaje de cada tipo de riego de 25 experiencias identificadas en Lima y que fueron evaluadas en la etapa anterior de caracterización. Allí podemos ver que los riegos por inundación, surcos y aspersión abarcan cada uno el 28% de los tipos utilizados, quedando el riego por goteo y multicompuertas con 12 y 4% respectivamente.

Cuadro 57. Tipos de riego utilizados en las experiencias de Lima

Tipo de riego	casos	Porcentaje
Gravedad por inundación	7	28%
Gravedad por surcos	7	28%
Gravedad tecnificado (multicompuertas)	1	4%
Tecnificado por aspersión	7	28%
Tecnificado por goteo	3	12%
Total	25	100%

Fuente: IPES, 2007

En esta etapa de evaluación podemos ver que la aspersión es usada en cuatro de los seis casos estudiados, mientras que otros dos casos aplican los riegos por gravedad de inundación (melgas) y surcos, tal como se observa en el cuadro 57. Es importante indicar que estos últimos casos pertenecen a experiencias de agricultura, mientras que los cuatro anteriores se utilizan en el riego de áreas verdes. También es importante que dos casos estén utilizando el riego por goteo especialmente para la cobertura verde del acantilado de Miraflores y los árboles frutales en el colegio de La Inmaculada.

Cuadro 57. Tipos de riego utilizados en las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Tipo de riego
Berma Central Avenida Universitaria	Aspersión
Áreas verdes de Pucusana	Inundación y surcos
Áreas verdes de Oasis de Villa	Aspersión
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	Aspersión y goteo
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	Aspersión y goteo
Complejo Bioecológico del Parque 26	Inundación y surcos

Fuente: IPES, 2008

o **Principales cultivos**

En la etapa anterior del inventario se identificaron 18 experiencias dedicadas a las actividades productivas en el 77% del área de reuso en Lima, mientras que 23 de ellas (cuatro también del grupo anterior) eran áreas verdes recreativas. Asimismo en la etapa de caracterización se pudo identificar una variedad importante de cultivos en 10 casos de reuso productivo y que fueron agrupados de la forma siguiente:

- **Hortalizas:** 466 ha de apio, cebolla, rabanito, poro, tomate, camote y zapallo entre otros.
- **Forrajes:** con 148 ha de chala principalmente (maíz forrajero).
- **Plantas ornamentales:** 27 ha de hiedra rellena, sanguinaria amarilla, florida rosada, lantano clavelina, entre otros.
- **Árboles frutales:** 10 ha de olivos, pecanos, chirimoyos, paltos, cítricos y lúcumos.
- **Peces:** cinco hectáreas de cultivos de tilapia del Nilo.
- **Hierbas aromáticas:** dos hectáreas de toronjil, hierba luisa, culantro, perejil, hierba buena, etc.

A diferencia de la información anterior en que mayormente se identificaron los cultivos comerciales desarrollados en las áreas verdes productivas, en esta etapa de estudios de caso se han identificado principalmente las especies utilizadas en las áreas verdes recreativas y que en estos casos estudiados abarcan 37.94 ha. Como se observa en el cuadro 58, solo los casos del Parque 26, la Inmaculada y Pucusana tienen componentes productivos que ocupan apenas el 27% de las 51.71 ha involucradas en los seis casos.

Cuadro 58. Principales cultivos desarrollados en las áreas productivas de los casos evaluados

Cultivo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Colegio La Inmaculada	6.15	44.66
Olivos	3.50	25.41
Pecanos	0.64	4.65
Alfalfa	0.49	3.56
Naranjos	0.36	2.61
Chirimoyos	0.30	2.18
Paltos	0.25	1.82
Uña de gato	0.23	1.67
Limoneros	0.21	1.53
Higueras	0.17	1.23
Complejo Bioecológico del Parque 26	7.35	53.38
Piscicultura	5.00	36.31
Vivero	1.50	10.89
Tara	0.25	1.82
Tuna/cochinilla	0.25	1.82
Vetiver	0.25	1.82
Bambú	0.05	0.36
Lombricultura	0.05	0.36
Área agrícola de Pucusana	0.27	1.96
Pasto elefante	0.27	1.96
Total	13.77	100.00

Fuente: IPES, 2008

Al representar estos casos mencionados solo el 2% de las 658 hectáreas evaluadas en la etapa de caracterización, no es posible considerar estas

especies como representativas del reuso en las áreas productivas de Lima. Solo los casos de Pucusana y La Inmaculada se acercan a representar el 22% de cultivos de forrajes, que en este caso muestra que la alfalfa y el pasto elefante son dos de las especies cultivadas más importantes después del maíz chala.

Sin embargo, el cuadro 58 permite resaltar algunos cultivos experimentales que dos instituciones (pública y privada) intentan promover con el reuso y que hasta el momento muestran una adaptación apropiada a las condiciones de Lima. En el caso del Colegio La Inmaculada se están desarrollando cultivos de tallo alto como olivos, pecanos, naranjos, chirimoyos, paltos, limoneros, higueras y uña de gato, la mayoría árboles frutales. En cambio, el Complejo Bioecológico del Parque 26 esta promoviendo el cultivo de tara, tuna para producir cochinilla, bambú y vetiver, además del cultivo de peces, lombrices y viveros de plantas ornamentales y forestales. Los cultivos de olivos y peces ocupan el 60% del área conjunta de ambos casos.

En el tema de áreas verdes recreativas, el cuadro 59 muestra que más del 70% de estas áreas se dedican a la actividad forestal como bosques o arborización de parques y bermas de avenidas, mientras que casi el 30% se maneja con cobertura vegetal como gras americano. En este componente de cobertura, merece especial atención el uso de la campanilla para cubrir las laderas del acantilado de la Costa Verde, que a partir de la experiencia de Miraflores, ha sido asumida por otros municipios vecinos para cubrir una amplia faja de este acantilado, aunque en estos casos regada con agua potable.

Cuadro 59. Principales especies cultivadas en las áreas verdes de los casos evaluados

Especie	Área (ha)	Porcentaje (%)
Árboles y arbustos	26.97	71.08
Bosque (principalmente eucaliptos)	19.50	51.40
Eucaliptos	0.99	2.61
Ficus	2.79	7.35
Molles	2.32	6.11
Arbustos	0.75	1.98
Palmeras	0.43	1.13
Tipas	0.19	0.50
Vegetación de cobertura	10.97	28.92
Gras americano	9.88	26.04
Campanilla (Ipomoea purpureosa)	1.00	2.64
Miopo (Microporum sp.)	0.09	0.24
Total	37.94	100.00

Fuente: IPES, 2008

La cobertura forestal esta dominada por los eucaliptos con más del 50% de las especies cultivadas, aun cuando los especialistas consideran que no es la especie más adecuada para la zona. Por otro lado, vemos con mucho entusiasmo que los ficus y molles están ganando preferencia en los últimos años y ya ocupan más del 7 y 6% de las áreas verdes respectivamente; son dos especies mejor adaptadas a las condiciones climáticas y de los suelos de Lima, especialmente los molles que muestran buen crecimiento en zonas más áridas.

c. En la dimensión económica

o Costo de inversión para el tratamiento

En la etapa anterior de caracterización se realizó un primer ejercicio para evaluar los costos de inversión de las diferentes tecnologías aplicadas, en función a la información secundaria proporcionada por las instituciones, tal como se aprecia en el cuadro 60.

Cuadro 60. Costos de inversión para las tecnologías utilizadas en algunas plantas de tratamiento de Lima

Tecnología	Caudal (l/s)	Población de aporte	Inversión (US\$)	Costo inv. (US\$/hab)
Lagunas estabilización	23.10	9,257	175,000	19
Lagunas aireadas	497.00	193,427	37,000,000	191
Lodos activados	28.75	11,189	780,000	70
Humedales artificiales	3.20	1,468	50,300	34
Filtros percoladores	2.00	778	10,000	13

Fuente: IPES, 2007

Según estos datos preliminares, el mayor costo de inversión de US\$ 191/habitante correspondió a las plantas de lagunas aireadas de Huáscar y San Juan de Miraflores. En contraposición se estimó que las lagunas de estabilización constituyen la tecnología de más bajo costo de inversión con US\$ 19/habitante, valor promedio para los casos del Colegio La Inmaculada y UNITRAR entre otras. Los sistemas de lodos activados reportaban costos de inversión promedio de US\$ 70/habitante para las plantas municipales de la Alameda de la Solidaridad y de Surco, valor acorde al reportado por la literatura internacional. Por otro lado, los casos de filtros percoladores y humedales artificiales también reportaron costos tan bajos como US\$ 13 y 34/habitante respectivamente, pero se debe tener en cuenta que los primeros constituyen un tratamiento solo primario y los humedales no aseguran una buena remoción de patógenos. Por último, llamó la atención el alto costo de inversión de US\$ 128/habitante estimado para el sistema de saneamiento ecológico en Nievería, ya que esta tecnología está orientada a resolver el saneamiento de las comunidades de bajos recursos económicos.

Al reconocer que los datos anteriores no eran muy confiables, en esta etapa de los estudios de caso se efectuó una cotización actualizada de las plantas de los seis casos evaluados, que permitió aplicar criterios homogéneos para calcular los costos que luego permitieran compararlos. Además, se incluyó el costo del terreno para conocer cómo afecta este componente los costos totales.

El cuadro 61 muestra la inversión estimada para los seis casos evaluados en esta etapa. Se puede apreciar que los componentes de la inversión en obras dependen de la tecnología de tratamiento elegida. Así tenemos que las estructuras de concreto representan entre el 62 y 76% de la inversión en todas las plantas, salvo el caso de las lagunas de estabilización de Pucusana, en donde el movimiento de tierras es el que demanda el 72% de la inversión. Igualmente se puede deducir que las inversiones fueron similares en las plantas de la Avenida Universitaria y Pucusana, aun cuando la última tiene el triple de capacidad de tratamiento. Sin embargo, la planta de La

Inmaculada es una excepción, ya que demandó 3.5 veces más de inversión que Pucusana, aun cuando ambas son lagunas de estabilización, debido a que estas lagunas en la Inmaculada fueron construidas en concreto por razones de seguridad, y que representa el 70% del costo total de la obra.

Cuadro 61. Costos de Inversión de las plantas de tratamiento implementadas en los casos evaluados

ITEM	DESCRIPCIÓN	Universitaria	Pucusana	Oasis de Villa	Miraflores	Inmaculada	Huascar Parque 26
1.00	Obras preliminares	1,184	2,985	900	1,118	1,266	11,201
2.00	Movimiento de tierras	5,144	136,341	4,677	1,696	85,577	3,176,095
3.00	Estructuras de concreto	126,682	6,272	16,560	31,715	485,489	11,516,578
4.00	Sistema de conducción (tuberías)	6,609	13,531	401	1,678	28,147	1,412,285
5.00	Equipo de aireación	1,551				-	39,744
6.00	Otros equipos	474	4,564	435	752	-	
7.00	Obras complementarias	3,124	1,982		2,097	1,763	9,824
Costo directo US\$		144,768	165,675	22,973	39,056	602,242	16,165,727
Costo indirecto US\$ (15%)		21,715	24,851	3,446	5,858	90,336	2,424,859
Costo total de la obra (US\$)		166,483	190,526	26,419	44,914	692,578	18,590,586
Costo del terreno		96,460	36,270	14,340	276,960	868,400	4,878,000
Costo actual de la planta		262,943	226,796	40,759	321,874	1,560,978	23,468,586

Fuente: IPES, 2008

Otro aspecto importante es que el costo del terreno ha representado entre 19 y 616% del costo de la obra según la ubicación de las plantas, ya que precio fluctúa desde US\$ 2.25/m² en una zona rural como Pucusana, hasta US\$ 577/m² en una zona urbana de alto valor como Miraflores. Este resultado permite deducir que se deben implementar las plantas de tratamiento en áreas lo más alejado posible de la zona urbana.

También es posible comparar las plantas de Oasis de Villa y Huáscar/Parque 26 que tienen terrenos con un precio similar de US\$ 60/m² por estar ambas ubicadas en el mismo distrito. El costo del terreno representa un 54 y 26% adicional al costo de las obras para Oasis y Huáscar/Parque 26 respectivamente, mostrando que por economía de escala es proporcionalmente mayor cuanto más pequeña sea la planta.

El cuadro 62 muestra los datos calculados para conocer los costos de inversión para las plantas de los seis casos estudiados, expresados en el monto invertido por persona atendida cuando se incluye o no el costo del terreno.

Cuadro 62. Costos de Inversión según los sistemas de tratamiento

Planta	Tecnología	Caudal (l/s)	Población atendida	Costo de la planta (US\$)	Costo del terreno (US\$)	Costo (US\$/persona)	
						Sin terreno	Con terreno
Av. Universitaria	Lodos activados	3.00	1,529	166,483	96,460	109	172
Pucusana	Lagunas de estabilización	4.00	2,700	190,527	36,270	71	84
Pucusana (plena capacidad)	Lagunas de estabilización	10.00	6,750	190,527	36,270	28	34
Oasis de Villa	Humedales artificiales	0.20	500	26,419	14,340	53	82
Miraflores-Costa Verde	Filtros percoladores	0.90	488	44,914	276,960	92	660
Inmaculada	Lagunas de estabilización	4.60	3,500	692,579	868,400	198	446
Huascar/Parque 26	Lagunas aireadas	70.00	40,000	18,590,587	4,878,000	465	587

Fuente: IPES, 2008

Como se muestra en el cuadro 62 y la figura 18, el mayor costo de inversión para tratar las aguas residuales domésticas en Lima ha sido de US\$ 465/habitante y corresponde a la Planta de Tratamiento de Huáscar/Parque 26, implementada en Villa El Salvador con la tecnología de lagunas aireadas, valor que puede llegar a US\$ 587/habitante al sumar el costo del terreno. De ello se deduce que si se mantuviera la estrategia de usar esa

tecnología para tratar todas las aguas residuales de la ciudad, SEDAPAL requeriría invertir más de US\$ 3,600 millones.

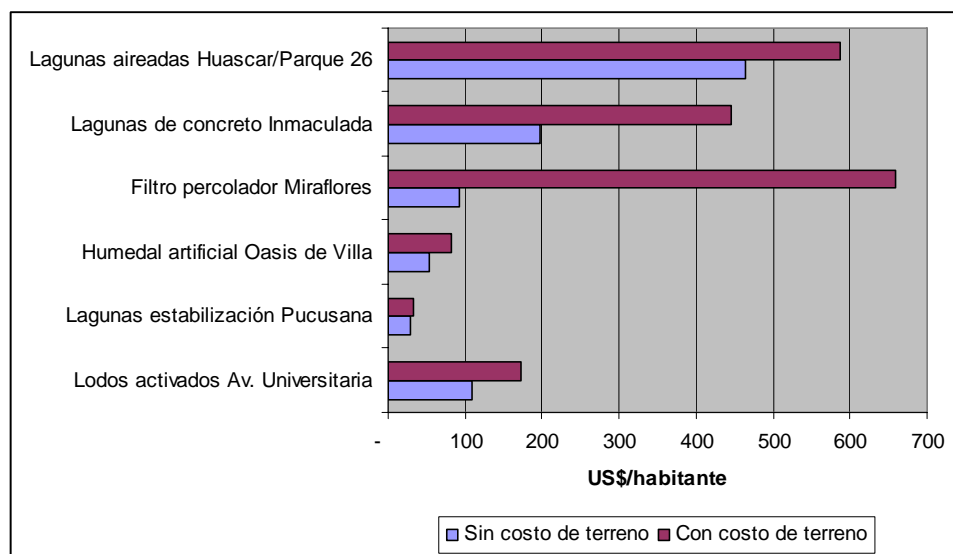


Figura 18. Costos de inversión de las seis plantas evaluadas

Fuente: IPES, 2008

En contraposición se ha estimado que las lagunas de estabilización constituyen la tecnología de más bajo costo, aun cuando requieran mayor área de terreno. El caso de Pucusana muestra un costo de inversión de apenas US\$ 34/habitante. El caso de La Inmaculada no debe ser tomado como referencia para esta tecnología, ya que aun cuando también opera con lagunas de estabilización, se trata de una inversión muy alta por estar ubicada la planta en la parte alta del cerro. Por tanto, asumiendo un costo de US\$ 34/habitante para lagunas de estabilización, la inversión de SEDAPAL para tratar todas las aguas de Lima sería de US\$ 210 millones, monto que sólo representaría el 6% de la alternativa anterior. Sin embargo, es necesario reconocer que sería difícil encontrar la cantidad de terreno requerido para tratar las aguas de toda la ciudad, a menos que se decida invertir importantes recursos para trasladar esta agua a zonas desérticas cercanas a la ciudad, como se hizo en el caso de San Bartolo.

La planta de lodos activados de la Avenida Universitaria reporta un costo de inversión de US\$ 172/habitante, que podría ser menor si se ubica en zonas con terrenos más baratos. Aplicando esta alternativa tecnológica, SEDAPAL requeriría una inversión de US\$ 1,050 millones para tratar todas las aguas de la ciudad, menos de un tercio del valor estimado para la opción de las lagunas aireadas como las construidas en el Sur de Lima. Sin embargo, es necesario que en forma paralela se evalúen los costos de operación y mantenimiento para elegir la tecnología más apropiada, ya que los lodos activados exigen incluir un sistema de desinfección adicional que eleva significativamente estos costos operativos.

Las plantas del filtro percolador de Miraflores y el humedal artificial de Oasis de Villa han reportado costos de inversión de US\$ 660 y 82/habitante respectivamente, valores elevados especialmente el primero, debido al alto costo del terreno urbano y su pequeña capacidad de tratamiento. Además, se debe tener en cuenta que los filtros percoladores es solo un tratamiento primario y que los humedales no aseguran una buena remoción de

patógenos, por tanto sus efluentes deben ser aplicados a las áreas verdes que no se usen para actividades humanas, como es el caso del acantilado de la Costa Verde en Miraflores, pero no de parques y campos deportivos.

Por último, es importante indicar que el proceso de cotización realizado en esta etapa ha permitido ajustar y actualizar los valores recopilados en las etapas anteriores. Vemos como los costos de las obras se han incrementado considerablemente en todas las plantas evaluadas, pero siguen manteniendo las mismas tendencias. En el caso de la planta de lodos activados de la Avenida Universitaria se elevó de US\$ 70 a 109/habitante, mientras que en las lagunas de estabilización de Pucusana paso de 19 a 28/habitante. Los humedales de Oasis de Villa muestran un incremento de US\$ 34 a 53/habitante y el filtro percolador de Miraflores pasa de US\$ 13 a 53/habitante. La variación más importante se observa en las lagunas aireadas de Huáscar/Parque 26 que se elevan de 191 a 465/habitantes. De hecho, todos los datos actualizados son aun mayores cuando se incorpora el valor del terreno.

○ **Costos de tratamiento**

Los costos de operación y mantenimiento de las seis plantas de tratamiento se muestran en el cuadro 63, que incluye los costos anuales de personal, materiales e insumos, energía y servicios en dólares americanos.

Cuadro 63. Costos de operación y mantenimiento de las plantas existentes en los casos estudiados

Descripción de partidas	Berma Central Av. Universitaria	Zona Agrícola de Pucusana	Oasis de Villa	Area Verde Miraflores	Colegio Inmaculada	Parque Huáscar	Parque 26
	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)
Personal	23,590	5,200	250	3,200	5,760	35,600	13,610
De Operación	16,550	3,200	250	3,200	5,760	22,000	6,810
De Seguridad	7,040	2,000				13,600	6,800
Materiales e insumos	240	100	325	1,200	7,200	1,692	300
Energía para aireación y bombeo	6,282	670	-	-	25,128	102,914	1,520
Electricidad y agua potable	440	-	-	800	-	960	360
Servicios por mantenimiento de equipos	850	4,670	-	-	1,440	9,400	4,670
Servicios por mantenimiento de áreas verdes	-	-	-	-	-	17,201	4,515
Total	31,402	10,640	575	5,200	39,528	167,767	24,975
Producción de agua (m3/año)	55,200	82,800	3,532	22,075	142,500		1,036,800
Costo del agua por operación y mantenimiento (US\$/m3)	0.57	0.13	0.16	0.24	0.28		0.12
Inversión en la planta (US\$)	166,483	190,526	26,419	44,914	692,578		18,590,586
Vida útil de la planta (años)	25	25	25	25	25		25
Depreciación de la planta (US\$/año)	6,659	7,621	1,057	1,797	27,703		495,749
Costo del agua por depreciación de la inversión (US\$/m3)	0.12	0.09	0.30	0.08	0.19		0.48
Costo total del agua (US\$/m3)	0.69	0.22	0.46	0.32	0.47		0.59
Población atendida	1,529	2,700	500	488	3,500		40,000
Tarifa anual (US\$/persona)	24.89	6.76	3.26	14.34	19.21		17.21

Como se puede apreciar en la figura 19, el costo de tratamiento de US\$ 0.22/m3 de las lagunas de estabilización de Pucusana es el mas bajo de todas las plantas evaluadas, debido a los bajos gastos por concepto de personal y porque no utiliza equipos de aireación que demandan bastante energía. Por el contrario, la planta de lodos activados de la Avenida Universitaria muestra el mayor costo de tratamiento con US\$ 0.69/m3, ocasionado especialmente por los gastos de energía y mantenimiento de los equipos de aireación que representan el 23% de los gastos operativos.

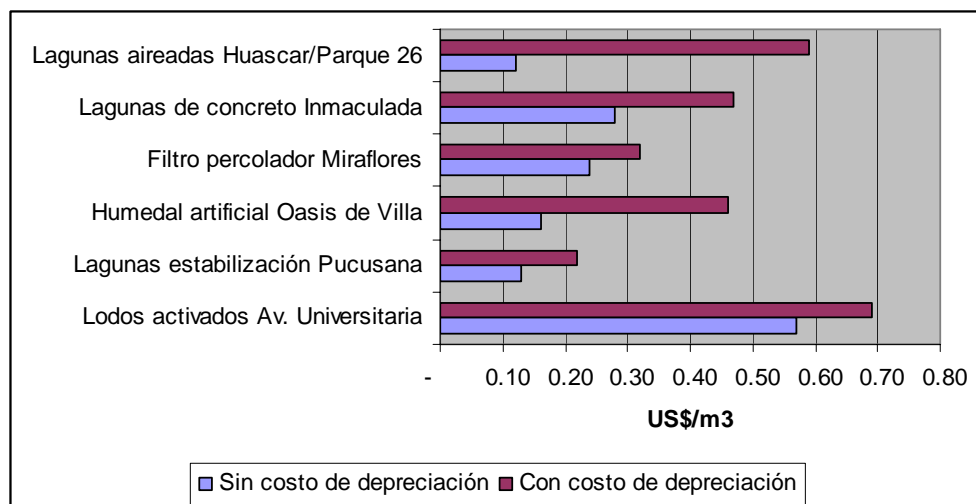


Figura 19. Costos de tratamiento del agua en las seis plantas evaluadas

Fuente: IPES, 2008

El bajo costo operativo de US\$ 0.16/m³ del humedal de Oasis de Villa se ve seriamente afectado con el alto costo de la infraestructura que finalmente eleva su costo de tratamiento hasta US\$ 0.46/m³. En cambio, el filtro percolador de Miraflores, que demanda un mayor costo operativo que el sistema anterior (US\$ 0.24/m³), es compensado con un bajo incremento de US\$ 0.08/m³ por la depreciación de la infraestructura, y que al final establece un costo de tratamiento de US\$ 0.32/m³ bastante menor al del humedal.

Como antes se ha mencionado, el caso del Colegio La Inmaculada es muy especial, ya que los gastos de bombeo aunados a una fuerte inversión en infraestructura determinan un costo de tratamiento de US\$ 0.47/m³. Sin embargo este valor es significativamente más bajo que la tarifa de agua potable que pagaban antes de implementar este proyecto.

Las plantas de lagunas aireadas de Huáscar y Parque 26 tienen un costo operativo de solo US\$ 0.12/m³, valor que desafortunadamente se ve incrementado hasta US\$ 0.59/m³ por la depreciación de una infraestructura muy costosa.

En suma, queda muy claro que la tecnología utilizada en las plantas evaluadas ha determinado una marcada diferencia de los costos de tratamiento, que fluctúan entre US\$ 0.22 y 0.69 por metro cúbico de agua. Sin embargo se debe tener presente que hasta el valor más alto termina siendo menor que la tarifa de agua potable que antes pagaban por regar las áreas verdes.

○ **Ahorro por el uso del agua residual tratada**

Los altos costos que demandan el riego con agua potable han determinado que algunas instituciones decidan tratar y usar las aguas residuales locales para reducir significativamente sus costos de agua para riego. Por ello, una forma de evaluar los beneficios económicos del uso de las aguas residuales tratadas en el riego de las áreas verdes es a través del ahorro económico producto del reemplazo del agua potable que tradicionalmente se ha

utilizado. El cuadro 64 muestra el ahorro que tienen diversas experiencias de reuso de los casos estudiados al haber reemplazado el agua potable por agua residual tratada para el riego de sus áreas verdes.

Cuadro 64. Ahorro en el gasto de agua para riego de los casos estudiados

Caso	Tecnología de tratamiento	Tarifa del agua potable (US\$/m ³)	Costo del agua tratada (US\$/m ³)	Diferencia de costo (US\$/m ³)	Volumen anual gastado (m ³)	Ahorro	
						US\$/año	%
Avenida Universitaria	Lodos activados	0.72	0.69	0.03	55,176	1,682	4.23
Pucusana	Lagunas de estabilización	0.72	0.22	0.50	15,600	7,792	69.37
Oasis de Villa	Humedales artificiales	0.72	0.46	0.26	3,532	911	35.83
Miraflores-Costa Verde	Filtros percoladores	0.93	0.32	0.61	22,072	13,531	65.92
Inmaculada	Lagunas de estabilización	1.75	0.47	1.28	142,500	182,144	73.04
Parque 26	Lagunas aireadas	0.72	0.59	0.13	518,393	65,072	17.43

Fuente: IPES, 2008

Como se puede observar en el cuadro 64, el ahorro por costo de agua fluctúa entre el 4 y 73% según la tecnología utilizada para el tratamiento y la tarifa de agua potable de SEDAPAL aplicada, lo que indica que en todos los casos se logra un beneficio por usar las aguas residuales tratadas. El colegio La Inmaculada que trata las aguas residuales con lagunas de estabilización muestra el mejor ahorro, ya que su gasto actual es solo el 27% del que tenía cuando utilizaba agua potable, mientras que el área verde de la Avenida Universitaria apenas ahorra un 4% del costo, ya que utiliza una planta de lodos activados que genera un costo muy cercano al agua potable. También es interesante ver el ahorro de 67% que logra la Municipalidad de Miraflores al regar con las aguas residuales tratadas en su planta de filtro percolador. El caso de Oasis de Villa reporta un ahorro de 36% que también puede ser considerado importante para la comunidad que lo administra. Por último, Los casos de Pucusana y Parque 26, además de mostrar un posible ahorro de 69 y 17% de los costos de riego por usar aguas residuales respectivamente, dicho recurso constituye la única fuente de agua; la diferencia del ahorro esta relacionada básicamente con las tecnologías de lagunas de estabilización y lagunas aireadas aplicadas en ambos casos.

o **Costo de mantenimiento de las áreas verdes**

Como antes se comentó en esta etapa de estudios de caso no se ha recopilado mucha información sobre las actividades productivas, análisis que si se pudo hacer en la etapa de caracterización. En cambio, si ha sido posible obtener la información básica de los costos de mantenimiento de las áreas verdes que manejan los casos evaluados.

El cuadro 65 muestra los costos anuales de mantenimiento de las áreas verdes que administran los casos estudiados, detallando los costos de personal, materiales e insumos, mantenimiento de equipos, servicios de agua y luz, así como el costo del agua residual tratada. También se ha incluido otro componente denominado servicio de corte de gras y poda de árboles que algunas municipalidades están tercerizando.

El área verde con el menor costo de mantenimiento de US\$ 0.66/m² corresponde a la planta de tratamiento de Pucusana, debido al menor costo del agua y la ausencia de cobertura vegetal del suelo tipo gras. Por el contrario, el Parque 26 es el caso que muestra el mayor costo de mantenimiento con US\$ 1.54/m², ya que el 70% se debe al alto costo del

agua tratada. Si bien este Parque no paga por el agua, sería conveniente utilizar métodos de riego más eficientes en el uso del agua.

Cuadro 65. Costos anuales de mantenimiento de las áreas verdes de los casos estudiados

Descripción de partidas	Berma Central Av. Universitaria	Area verde Pucusana (SEDAPAL)	Oasis de Villa	Area Verde Miraflores	Colegio Inmaculada	Parque 26
	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)	(US\$)
Personal	8,800	1,600	750	9,600	71,500	93,400
De Campo	8,800	1,600	750	9,600	71,500	57,400
De Seguridad						36,000
Materiales e insumos	300		120	100	30,000	39,500
Agua tratada	38,045	3,440	1,632	6,997	67,231	308,171
Energía eléctrica y agua potable	838		204	4,508		500
Servicios de corte y poda	26,600		105	5,600		
Mantenimiento de equipos			50		10,000	
Total	74,583	5,040	2,861	26,805	178,731	441,571
Area de reuso (m2)	57,000	7,600	2,680	28,900	131,560	286,500
Costo de mantenimiento (US\$/m2)	1.31	0.66	1.07	0.93	1.36	1.54

Fuente: IPES, 2008

El resto de los casos muestran costos aceptables de mantenimiento de sus áreas verdes, que fluctúan entre US\$ 0.93 y 1.36 por metro cuadrado, valores que dependen el costo del agua y la cantidad de cobertura vegetal mantenida en cada caso.

d. En la dimensión ambiental y de salud

o Tipo de suelo

El cuadro 66 reporta los tipos de suelos encontrados en las áreas verdes de los seis casos estudiados, en donde se puede apreciar que predominan los suelos arenosos típicos de una zona árida como Lima. Esta característica arenosa establece la importancia del aporte de materia orgánica del agua residual, que además de mejorar la fertilidad, favorece una retención de agua más prolongada en el suelo.

Cuadro 66. Tipos de suelos existentes en las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Tipo de suelo
Berma Central Avenida Universitaria	Franco arenoso
Áreas verdes de Pucusana	Arenoso
Áreas verdes de Oasis de Villa	Arenoso
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	Franco arcilloso (60%) Franco cascajoso (40%)
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	Arenoso con roca fracturada
Complejo Bioecológico del Parque 26	Arenoso

Fuente: IPES, 2008

El caso de Miraflores constituye la excepción, que presenta suelos franco arcillosos en el parque y franco cascajosos tipo hormigón en el acantilado de

la Costa Verde. El personal encargado de la Planta nos informó que se trata de una zona de relleno con los desmontes de la construcción de viviendas.

o **Control de calidad del proceso**

El cuadro 67 indica los registros históricos y parámetros de control de calidad que el Estudio ha logrado recopilar de los seis estudios de caso. Como se puede apreciar, solo las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por SEDAPAL (Pucusana y Huáscar/Parque 26) mantienen un programa permanente de monitoreo de la calidad del agua en el proceso. En el caso del humedal artificial de Oasis de Villa, solo se mantuvo un monitoreo durante los primeros 10 meses para conocer su comportamiento. De otro lado, la planta de lodos activados de la Av. Universitaria reporta solo un control puntual en el 2006. Casos como los filtros percoladores de Miraflores y las lagunas de estabilización de la Inmaculada no cuentan con registros de calidad del agua.

Cuadro 67. Registros y parámetros de control de calidad en las experiencias evaluadas como estudios de caso

Caso	Registros	Parámetros de control
Lodos activados de la Avenida Universitaria	Puntual: 2006	Caudal, IDS, DBO, CF
Lagunas de estabilización de Pucusana	Mensual: 2004-2007	Caudal, pH, T°, SST, OD, DBO, DQO, CF, HH, PP
Humedal artificial de Oasis de Villa	10 meses 2005-2006	Caudal, pH, T°, SST, DBO, DQO, CF
Filtro percolador de Miraflores-Costa Verde	No hay	
Lagunas de estabilización de La Inmaculada	No hay	
Lagunas aireadas de Huáscar y Parque 26	Mensual: 2004-2007	Caudal, pH, T°, SST, OD, DBO, DQO, CF, HH, PP

Fuente: IPES, 2008

IDS: Índice de densidad de lodos
 SST: sólidos suspendidos totales
 DBO: demanda bioquímica de oxígeno
 DQO: demanda química de oxígeno
 OD: oxígeno disuelto
 CF: coliformes fecales
 HH: huevos de helmintos parásitos humanos
 PP: Protozoos parásitos humanos

Los parámetros de control del proceso son principalmente el caudal, los sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales. En el caso de la planta de lodos activados de la Av. Universitaria se controla el índice de densidad de lodos para el ajuste del manejo de lodos en el proceso. Solo las dos plantas operadas por SEDAPAL incluyen en el control de la calidad sanitaria del agua el monitoreo de huevos de helmintos y protozoos parásitos humanos, parámetros indispensables cuando este recurso se utiliza en el riego de parques y jardines.

o **Calidad sanitaria del agua residual tratada**

De acuerdo a la Directrices Sanitarias de la OMS, queda muy claro que el principal objetivo del tratamiento de las aguas residuales domésticas destinadas al reuso debe ser la remoción de gérmenes patógenos humanos, representados por los coliformes fecales y parásitos humanos, para evitar la diseminación de enfermedades de origen hídrico, y no así la remoción de la

materia orgánica (DBO) y los nutrientes que pueden ser aprovechados cuando se riegan las áreas verdes y agrícolas.

En la etapa anterior de caracterización se pudo obtener información sobre la calidad sanitaria de los efluentes de nueve plantas de tratamiento que representan solo la mitad de los casos evaluados (cuadro 68), datos que además no fueron obtenidos directamente de las entidades encuestadas, sino de fuentes secundarias (Internet, memorias de DIGESA e INEI) no muy confiables por consistir en datos puntuales y no de proceso de control prolongado. Desafortunadamente se trata de una información de difícil acceso porque no se controla la calidad o no se quiere hacer público las deficiencias del sistema de tratamiento.

Cuadro 68. Niveles de coliformes fecales en los efluentes de nueve plantas de tratamiento de aguas residuales de Lima

Nombre de la experiencia	Coliformes fecales/100ml	Tipo de tecnología
Oasis de Villa	5.00E+02	Humedad artificial
Alameda de la Solidaridad en VES	8.00E+02	Lodos activados
Áreas Verdes UNITRAR	1.00E+04	Lagunas de estabilización
Comité de regantes CP2-VES	1.14E+04	Lagunas aireadas
Zona Agropecuaria de San Juan de Miraflores	1.14E+04	Lagunas aireadas
Zona agrícola de Huachipa	2.40E+04	Lagunas de estabilización
Reuso Aguas Grises Domiciliario de Nievería	1.60E+05	Humedad artificial
Zona Agrícola-Ecológica de Ventanilla	1.07E+06	Lagunas de estabilización
Áreas Verdes de Miramar-Ancón	5.00E+06	Lagunas de estabilización

Fuente: IPES, 2008

Como se muestra en el cuadro 68, solo las dos primeras plantas aparentemente tenían efluentes con menos de 1,000 coliformes fecales por 100 ml, calidad requerida para el riego de parques y campos deportivos como es el caso de ambas experiencias. El resto presentan niveles superiores y por tanto tendrían un uso restringido para el riego de algunos cultivos, especialmente parques y jardines. Con la información obtenida en esta etapa previa no se pudo deducir el orden de eficiencia de las tecnologías utilizadas para remover coliformes fecales, ya que muestran datos muy dispares para casos con la misma tecnología, que finalmente podrían depender de las condiciones de operación de las plantas y la inclusión de sistemas de desinfección. Así se tiene que los humedales del Oasis de Villa y Nievería tienen calidades tan diferentes como 500 y 160,000 CF/100 ml. Del mismo modo se tienen rangos tan extremos en lagunas de estabilización entre 10,000 y 5,000,000 CF/100 ml para Huachipa y Ancón respectivamente.

Las limitaciones de información antes citadas determino la necesidad de que el Proyecto SWITCH efectuará en esta etapa de estudios de caso algunas mediciones puntuales de coliformes fecales, huevos de helmintos y protozoos parásitos humanos, que permitieran alguna información de la calidad sanitaria en las plantas que no la tenían o verificar los datos

reportados por algunos registros de las mismas. El cuadro 69 muestra los rangos de estos parámetros en los seis casos estudiados.

Cuadro 69. Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento existentes en los casos evaluados

Caso	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	Huevos de Helmintos (unid/L)	Protozoos parásitos (unid/L)
Lodos activados de la Avenida Universitaria	2-16	0	0-5
Lagunas de estabilización de Pucusana	49000-3100000	0	0-2
Humedal artificial de Oasis de Villa	6320-130000	0	0
Filtro percolador de Miraflores-Costa Verde	3500000	0	20-75
Lagunas de estabilización de La Inmaculada	1700	0	0
Lagunas aireadas de Huáscar y Parque 26	5-17000	0	0

Fuente: IPES, 2008

Los datos reportados en el cuadro 69 nos permiten reafirmar que casi todas las plantas generan efluentes con más de 1,000 CF/100 ml requeridos para el riego de parques y jardines, excepto la de la Av. Universitaria que cuenta con un sistema de desinfección. Tampoco es posible deducir el orden de eficiencia de las tecnologías utilizadas para remover coliformes fecales, ya que muestran datos muy dispares para casos con la misma tecnología, como las plantas de lagunas de estabilización de La Inmaculada y Pucusana, que generan efluentes tan diferentes como 1,700 y 49,000 CF/100 ml en las muestras evaluadas por el Proyecto. Por tanto, se puede decir que la calidad sanitaria del efluente de estas plantas dependería más de las condiciones de operación de las plantas y la inclusión de sistemas de desinfección.

Por otro lado, todas las plantas reportan una total de remoción de huevos de helmintos, por lo que la calidad de sus efluentes pueden ser aceptados por lo menos para el riego restringido de cultivos de tallo alto y áreas verdes sin acceso al público, sino logran paralelamente menos de 1,000 CF/100 ml, como ocurre en todos los casos excepto la Av. Universitaria. Sin embargo, la presencia de protozoos parásitos humanos, descalifica esta planta de la Av. Universitaria, al igual que Pucusana y Costa Verde para el riego irrestricto. En tal sentido se debe tener en cuenta que estos último tipo de parásitos pueden ser controlados fácilmente mediante el uso de dispositivos hidráulicos que eviten la salida del agua por rebose.

o **Impactos positivos del reuso**

En la etapa anterior de caracterización se reportaron los siguientes impactos positivos:

- Reducción de fertilizantes (18 casos)
- Incorporación de áreas verdes (13 casos)
- Mantenimiento de áreas agrícolas (6 casos)
- Incremento de la producción agrícola (3 casos)
- Mejora de la calidad del agua por el tratamiento (2 casos)
- Reducción de la contaminación de suelos y cultivos (un caso)

En esta etapa de estudios de caso se ha identificado hasta nueve impactos positivos reportados por los responsables de las seis experiencias evaluadas, tal como se puede observar en el cuadro 70. Todos los casos consideran que el principal impacto es la incorporación y mantenimiento de áreas verdes urbanas, seguido por la sustitución de fertilizantes químicos. La mitad de los casos refieren también que la protección del suelo y la mejora del ambiente

local y de la calidad del agua usada son impactos positivos del reuso. Algunos casos mencionan las ventajas de sanear los desagües, la sustitución del agua potable y la protección de la biodiversidad local.

Cuadro 70. Impactos positivos del reuso reportados en los casos evaluados

Impacto	A	B	C	D	E	F
Incorporación de áreas verdes	X	X	X	X	X	X
Mantenimiento de áreas verdes	X		X	X	X	X
Sustitución de fertilizantes químicos	X	X		X	X	X
Protección del suelo local				X	X	X
Mejora del ambiente local		X	X			X
Mejora de la calidad del agua usada	X				X	X
Saneamiento de los desagües		X	X			
Protección de la biodiversidad local		X	X			
Sustitución de agua potable	X				X	
(A) Avenida Universitaria, (B) Pucusana, (C) Oasis de Villa, (D) Miraflores, (E) Inmaculada y (F) Parque 26						

Fuente: IPES, 2008

En términos generales vemos que todos los casos reportan entre cuatro a seis impactos positivos del reuso, con lo cual se destacan las ventajas ambientales de esta práctica.

○ **Impactos negativos**

Teniendo en cuenta que es difícil lograr que los responsables de las experiencias manifiesten los impactos negativos que están generando, en esta etapa se procedió a entrevistar además a algunos usuarios de las áreas verdes involucradas. De esta forma se consiguió identificar algunos impactos negativos del reuso que se listan en el cuadro 71.

Cuadro 71. Impactos negativos del reuso reportados en los casos evaluados

Impacto	A	B	C	D	E	F
Generación de olores desagradables	X	X	X	X		X
Aparición de insectos	X		X	X		
Riesgo de personas por contacto con el gras		X	X			
Baja calidad del agua tratada		X				
Aparición de roedores				X		
(A) Avenida Universitaria, (B) Pucusana, (C) Oasis de Villa, (D) Miraflores, (E) Inmaculada y (F) Parque 26						

Fuente: IPES, 2008

Definitivamente el principal impacto reportado por responsables y usuarios de las áreas verdes es la generación de olores desagradables, que definitivamente indica algunas deficiencias en la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento. A ello se suma la ubicación de estas plantas muy cerca de la zona urbana y la falta de barreras forestales para evitar el traslado de los olores por el viento a los parques y viviendas aledañas. Solo el Parque 26 mantiene un cordón forestal para proteger a la zona urbana vecina. El único caso que no reporta problema de olores desagradables es La Inmaculada, posiblemente por estar ubicada la planta en la parte alta de un cerro.

Otro impacto negativo reportado por los vecinos es la presencia de insectos (moscas y zancudos), posiblemente generada por los olores y manejo inadecuado de los sólidos. Es poco frecuente la presencia de zancudos, pero

los casos de la Av. Universitaria y Oasis de Villa reportan este impacto, por lo que sería atribuible a la existencia de ambientes con agua estancada o sombreados que los favorezcan.

Por otro lado los casos de Pucusana y Oasis de Villa manifiestan su preocupación por la salud de las personas que tienen contacto directo con el agua usada para riego o con el gras regado respectivamente, pero solo en el primer caso manifiestan su preocupación por la baja calidad del agua usada. Si bien este riesgo es poco percibido por los operadores y usuarios, constituye una de las principales preocupaciones, toda vez que la mayoría de las plantas no están logrando la calidad sanitaria del agua requerida para el riego de áreas verdes con acceso al público.

e. En la dimensión Socio-cultural

o **Beneficiarios directos**

El proyecto ha considerado como beneficiarios directos a los trabajadores de la planta de tratamiento y del área de reuso, incluyendo los agricultores usuarios del agua tratada. El cuadro 72 indica el número de trabajadores reportados en cada caso estudiado.

Cuadro 72. Beneficiarios directos de las seis experiencias de los casos estudiados

Caso	Caudal (l/s)	Personas beneficiadas	
		En la planta	En las áreas verdes
Berma Central Avenida Universitaria	3.0	5	3
Áreas verdes de Pucusana	4.0	6	5
Áreas verdes de Oasis de Villa	0.2	1	
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	0.9	1	3
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	4.6	2	15
Complejo Bioecológico del Parque 26	70.0	5	20

Fuente: IPES, 2008

Definitivamente las experiencias de tratamiento ligadas al aprovechamiento de las aguas tratadas permiten incrementar la cantidad de personas beneficiadas con un empleo estable y apropiado para trabajadores poco calificados pero con experiencia agrícola. Por otro lado, este tipo de ocupación se hace más entretenida y eficiente, al compartir muchas veces las tareas de la operación de las plantas y el manejo de las áreas verdes.

Desde el punto de vista social, las pequeñas experiencias demandan proporcionalmente más mano de obra que las más grandes. Así tenemos que el Parque 26 utiliza apenas 0.36 personas/litro/segundo de agua tratada, mientras que en Oasis de Villa llega a 5 personas/litro/segundo. Sin embargo, esta demanda de mano de obra eleva el costo del sistema aun cuando la operación es menos eficiente técnicamente. Por tanto, sistemas intermedios (entre 3 y 5 l/s) como la Av. Universitaria y La Inmaculada demandan de 2.66 a 3.69 trabajadores/litro/segundo para mantener una importante área verde de 6 a 13 hectáreas (1.3 trabajadores/ha). Como referencia para los proyectos mas grandes, el Parque 26 esta utilizando 0.87 trabajadores/ha.

o **Beneficiarios indirectos**

Se consideran como beneficiados indirectos a los pobladores que reciben el servicio de tratamiento de sus aguas residuales y a la población que utiliza las áreas verdes regadas. Por tanto el cuadro 73 presenta los valores estimados de beneficiarios para cada caso estudiado.

Cuadro 73. Beneficiarios indirectos de las seis experiencias de los casos estudiados

Caso	Caudal (l/s)	Personas beneficiadas	
		En la planta	En las áreas verdes
Berma Central Avenida Universitaria	3.0	1,520	
Áreas verdes de Pucusana	4.0	2,700	2,700
Áreas verdes de Oasis de Villa	0.2	500	
Áreas verdes de Miraflores-Costa Verde	0.9	488	
Áreas verdes del Colegio La Inmaculada	4.6	3,500	2,500
Complejo Bioecológico del Parque 26	70.0	40,000	

Fuente: IPES, 2008

En el caso de los beneficiarios indirectos por el tratamiento de sus aguas residuales, la proporción es similar en todos los casos, excepto aquellos que tienen menos dotación de agua como en Oasis de Villa. Por tanto, los proyectos más grandes también contribuyen más en el saneamiento de las aguas residuales de la ciudad. Algunos casos especiales como Pucusana, en que el sistema esta orientado básicamente a sanear los desagües domésticos, el número de beneficiarios por el reuso no es significativamente mayor, pero aun cuando sean los mismos, esta población esta recibiendo doble beneficio por el saneamiento y el aprovechamiento de las áreas verdes generadas.

En la mayoría de los casos, no se ha podido estimar los beneficiarios del aprovechamiento de las áreas verdes generadas, pero se entiende que comprenden a todos los vecinos y transeúntes de estas áreas. Por tanto, en todos los casos se debe añadir a los beneficiados por el saneamiento, todos aquellos que viven alrededor de las áreas verdes implementadas.

o **Aceptación del uso de las aguas residuales para el riego**

Este importante indicador para promover el uso de las aguas residuales ha sido muy difícil de evaluar, aun cuando se han realizado entrevistas a los usuarios de las áreas verdes. Una de las principales limitaciones es que las personas no tienen conocimiento de que se riegan las áreas verdes con aguas residuales tratadas, por tanto no se puede saber su grado de aceptación.

Las personas que tienen conocimiento del uso de las aguas residuales tratadas normalmente son los vecinos, que alertados por la presencia de olores desagradables y de ciertos vectores, manifiestan cierto rechazo por la incomodidad que generan y los posibles riesgos a la salud de sus familias. Sin embargo, hemos podido comprobar que a pesar de estos inconvenientes, muchas personas reconocen la principal ventaja del uso de las aguas residuales para mantener las áreas verdes en buenas condiciones.

4.4 PRINCIPALES CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN

a. En la dimensión institucional:

- El principal propósito de todas las experiencias estudiadas es contribuir a mejorar el medio ambiente local, aun cuando algunas tengan además intereses productivos. Por otro lado, casi todos los casos constituyen experiencias aisladas producto de la iniciativa municipal, privada y comuna, excepto el Parque 26 que es parte de un Programa Nacional de Protección Ambiental y Ecología Urbana que desarrolla el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Las experiencias más antiguas de reuso (más de 30 años) fueron promovidas por programas del Estado en las zonas desérticas del Sur de Lima, en donde el tratamiento de las aguas residuales ha sido asumido por SEDAPAL. Simultáneamente se desarrollaron algunas experiencias de agricultura, promovidas por agricultores precarios para aprovechar los efluentes. Posteriormente aparecieron algunas iniciativas privadas que apostaron por el uso del agua residual tratada para regar sus áreas verdes, ahorrando así importantes costos ocasionados por el uso inicial de agua potable. En las últimas dos décadas aparecieron algunas experiencias promovidas por las municipalidades para regar sus áreas verdes con agua residual tratada en lugar de agua potable, también con el propósito de bajar costos. En los últimos años han aparecido algunas experiencias promovidas por gobiernos locales y ONG's para implementar pequeñas áreas verdes con aguas residuales tratadas con tecnologías novedosas, como plantas compactas de lodos activados y humedales, aun en proceso de validación.
- El financiamiento inicial del estado (nacional y local) ha permitido mostrar la factibilidad del reuso, que luego esta siendo replicado por el sector privado. Los terrenos dedicados a las áreas verdes intraurbanas normalmente son de propiedad municipal de uso público, salvo los casos de áreas interiores en una propiedad privada como colegios, clubes o cementerios.
- La mayoría de las experiencias reportan tener acuerdos con SEDAPAL para extraer el agua del sistema de alcantarillado, mientras que la mayoría no tiene autorización de DIGESA para operar sus sistemas de tratamiento y reuso.

b. En la dimensión técnica:

- Los sistemas compactos de tratamiento como los lodos activados de la Avenida Universitaria ocupan un área de 0.60 m² por habitante servido, cinco veces menor que las lagunas de estabilización DE los casos de Pucusana e Inmaculada que demandan 2.98 y 3.22 m²/habitante respectivamente. Las lagunas aireadas de Huáscar y el Parque 26 están requiriendo 2 m²/habitante, mientras que la planta de filtros percoladores requiere de sólo 0.98 m²/habitante por tratarse de un nivel de tratamiento primario.
- Todos los sistemas evaluados muestran eficiencias de remoción de DBO₅ que varían entre el 46 y 99%, correspondientes a los filtros percoladores de Miraflores y los lodos activados de la Avenida Universitaria respectivamente. Esta gran diferencia sería clave si sus efluentes se dispusieran en cuerpos de agua naturales, sin embargo en estos casos su importancia es menor porque los efluentes se utilizan en el riego de áreas verdes y agricultura, salvo en

aquellos en que se operen con sistemas tecnificados de riego y que podrían tener dificultades por un exceso de materia orgánica.

- o En esta evaluación se ha reemplazado el indicador de porcentaje por el número de unidades logarítmicas removidas para medir la eficiencia de remoción de Coliformes fecales. Por tanto, se ha estimado que la planta de lodos activados de la Avenida Universitaria alcanza la mayor eficiencia con una remoción de hasta 6 unidades logarítmicas porque incluye un proceso de desinfección. Las lagunas aireadas de Huáscar y el Parque 26 remueven de 4 a 5 unidades logarítmicas por operar con 25 días de periodo de retención y una desinfección final, mientras que las lagunas de estabilización de La Inmaculada logran reducir 4 unidades logarítmicas con 17 días de retención. En cambio, el humedal artificial de Oasis de Villa remueve de 2 a 3 unidades, mientras el filtro percolador de Miraflores solo 2 unidades logarítmicas, ambos con periodos de retención muy cortos que demandan de una desinfección final.
- o Las lagunas aireadas de Huáscar y el Parque 26, al igual que las lagunas de estabilización de La Inmaculada muestran la mayor eficiencia en remoción de parásitos (tres unidades logarítmicas) por sus largos periodos de retención, mientras que el filtro percolador en Miraflores reporta la remoción de apenas una unidad logarítmica al mantener el agua solo por algunas horas. Sorprende la planta de lodos activados de la Avenida Universitaria, que aun con un periodo de retención menor a un día logra una remoción de tres unidades logarítmicas atribuida al proceso de desinfección. En tal sentido se debe indicar que el 98% de los parásitos identificados pertenecen al grupo de los protozoos y que pueden ser retenidos al evitar la salida del efluente por rebose.
- o La mayoría de los casos manifiestan que el agua tratada es insuficiente para el riego de las áreas verdes o productivas atendidas, lo que implica que el tamaño de la planta no se ajustó al requerimiento o se ha incrementado el área de riego o se usa un sistema de riego poco eficiente. Al respecto, se reporta un limitado mantenimiento de los equipos, tanto de bombeo como los accesorios de riego, que limitan la cobertura total de riego planificada.
- o Un problema que genera conflicto con los vecinos es la generación de olores desagradables en el proceso de tratamiento o el riego. Normalmente el problema de olores es atribuido a los sistemas de tratamiento anaeróbicos, por tanto llama la atención que casos como el de la planta de lodos activados de la Avenida Universitaria reporten estas molestias. Es así que podemos concluir que estos olores dependen más de las limitaciones en la operación y mantenimiento de los sistemas, que del tipo de tecnología utilizada.
- o Los problemas de manejo son menores en las plantas operadas por SEDAPAL y el sector privado, que aseguran los recursos necesarios para una buena operación y mantenimiento de los sistemas. Por el contrario, las experiencias administradas directamente por comunidades de bajos recursos económicos y municipios exhiben un número importante de problemas, que estarían indicando una gestión municipal aun débil para operar este tipo de sistemas.
- o Los riegos por gravedad de inundación (melgas) y surcos son usados principalmente en las experiencias de agricultura, mientras que los sistemas tecnificados de aspersión y goteo se utilizan más en el riego de áreas verdes y árboles frutales. Estos últimos hacen un uso más eficiente del agua, pero

la aspersión podría constituir un riesgo a la salud por la dispersión de patógenos en el aire.

- o Las actividades productivas ocupan el 77% del área de reuso en Lima, con 148 ha de forrajes (chala principalmente), 27 ha de plantas ornamentales, 10 ha de árboles frutales, 5 ha de peces y 2 ha de hierbas aromáticas. Cabe resaltar algunos cultivos experimentales que dos instituciones (pública y privada) intentan promover y que hasta el momento muestran una adaptación apropiada a las condiciones de esta ciudad. Es el caso del Colegio La Inmaculada se está desarrollando cultivos de tallo alto como olivos, pecanos, naranjos, chirimoyos, paltos, limoneros, higueras y uña de gato, la mayoría árboles frutales. Asimismo, el Complejo Bioecológico del Parque 26 esta promoviendo el cultivo de tara, tuna para producir cochinilla, bambú y vetiver, además del cultivo de peces, lombrices y viveros de plantas ornamentales y forestales.
- o Esta etapa de estudios de caso también ha identificado las principales especies utilizadas en las áreas verdes recreativas. Más del 70% de estas áreas se dedican a la actividad forestal como bosques o arborización de parques y bermas de avenidas, mientras que casi el 30% se maneja con cobertura vegetal como gras americano. Merece especial atención el uso de la campanilla para cubrir las laderas del acantilado de la Costa Verde. La cobertura forestal esta dominada por los eucaliptos, aun cuando no es la especie más adecuada para la zona. Los ficus y molles están ganando preferencia en los últimos años, al ser especies mejor adaptadas a las condiciones climáticas y de los suelos de Lima. Los molles que muestran buen crecimiento en zonas más áridas.

c. En la dimensión económica

- o La cotización actualizada de las plantas de los seis casos evaluados permitió apreciar que los componentes de la inversión en obras dependen de la tecnología de tratamiento elegida. Así tenemos que las estructuras de concreto representan entre el 62 y 76% de la inversión en todas las plantas, salvo el caso de las lagunas de estabilización en donde el movimiento de tierras es el que demanda el 72% de la inversión. Por otro lado, el costo del terreno ha representado entre 19 y 616% del costo de la obra según la ubicación de las plantas en una zona rural o urbana, lo que indica que se deben implementar en áreas lo más alejado posible de la ciudad. Asimismo, se evidencia que por economía de escala el costo del terreno es proporcionalmente mayor cuanto más pequeña sea la planta.
- o El mayor costo de inversión de US\$ 465/habitante corresponde a la Planta de lagunas aireadas de Huáscar/Parque 26, valor que puede llegar a US\$ 587/habitante al sumar el costo del terreno. Usar esa tecnología para tratar todas las aguas residuales de la ciudad requeriría invertir más de US\$ 3,600 millones. En contraposición se ha estimado que las lagunas de estabilización demandan un costo tan bajo como US\$ 34/habitante, aun cuando requieran mayor área de terreno. Por tanto, para tratar todas las aguas de Lima con esta tecnología se requeriría solo US\$ 210 millones, monto que sólo representaría el 6% de la alternativa anterior. Sin embargo, se reconoce que sería difícil encontrar la cantidad de terreno requerido, a menos que se decida gastar para trasladar esta agua a zonas desérticas cercanas a la ciudad, como se hizo en el caso de San Bartolo.
- o La planta de lodos activados de la Avenida Universitaria reporta un costo de inversión de US\$ 172/habitante, que podría ser menor si se ubica en zonas

con terrenos más baratos. Aplicando esta alternativa tecnológica, SEDAPAL requeriría una inversión de US\$ 1,050 millones para tratar todas las aguas de la ciudad, menos de un tercio del valor estimado para la opción de las lagunas aireadas. Sin embargo, es necesario que en forma paralela se evalúen los costos de operación y mantenimiento para elegir la tecnología más apropiada, ya que esta tecnología exige incluir un sistema de desinfección adicional que eleva significativamente estos costos operativos.

- o Las plantas de filtros percoladores de Miraflores y los humedales artificiales de Oasis de Villa han reportado costos de inversión de US\$ 660 y 82/habitante respectivamente, valores elevados especialmente el primero, debido al alto costo del terreno urbano y su pequeña capacidad de tratamiento. Además estas plantas no aseguran una buena remoción de patógenos como para regar áreas verdes de parques y campos deportivos.
- o La tecnología utilizada en las plantas evaluadas ha determinado una marcada diferencia de los costos de tratamiento, que fluctúan entre US\$ 0.22 por metro cúbico de agua tratada en lagunas de estabilización de Pucusana y US\$ 0.69 por metro cúbico en lodos activados de la Avenida Universitaria. Sin embargo se debe tener presente que hasta el valor más alto termina siendo menor que la tarifa de agua potable que pagan los municipios por regar sus áreas verdes. El bajo costo operativo de US\$ 0.16/m³ de los humedales de Oasis de Villa se ve seriamente afectado con el alto costo de la infraestructura que finalmente eleva su costo de tratamiento hasta US\$ 0.46/m³. En cambio, los filtros percoladores de Miraflores demandan un mayor costo operativo de US\$ 0.24/m³ que es compensado con el bajo costo de depreciación de la infraestructura, y que al final establece un costo de tratamiento de US\$ 0.32/m³. Por último, las plantas de lagunas aireadas de Huáscar/Parque 26 tienen un costo operativo de solo US\$ 0.12/m³, valor que desafortunadamente se ve incrementado hasta US\$ 0.59/m³ por la depreciación de una infraestructura muy costosa.
- o El área verde con el menor costo de mantenimiento de US\$ 0.66/m² corresponde a la planta de tratamiento de Pucusana, debido al menor costo del agua y la ausencia de cobertura vegetal del suelo tipo gras. Por el contrario, el Parque 26 es el caso que muestra el mayor costo de mantenimiento con US\$ 1.54/m², ya que el 70% de este monto se debe al alto costo del agua tratada, al emplear métodos de riego poco eficientes.
- o Una forma de evaluar los beneficios económicos del uso de las aguas residuales tratadas en el riego de las áreas verdes es a través del ahorro económico producto del reemplazo del agua potable que tradicionalmente se ha utilizado. Este ahorro fluctúa entre el 4 y 73% según la tecnología utilizada para el tratamiento y la tarifa de agua potable de SEDAPAL aplicada, lo que indica que en todos los casos se logra un beneficio por usar las aguas residuales tratadas. El colegio La Inmaculada que trata las aguas residuales con lagunas de estabilización tiene un gasto actual de solo el 27% del que tenía cuando utilizaba agua potable, mientras que el área verde de la Avenida Universitaria apenas ahorra un 4% del costo, ya que utiliza una planta de lodos activados que genera un costo muy cercano al agua potable. La Municipalidad de Miraflores redujo un 67% de sus gastos al regar con las aguas residuales tratadas en su planta de filtro percolador. Los casos de Pucusana y Parque 26 tienen al agua residual tratada como única fuente disponible para el riego de sus áreas verdes.

d. En la dimensión ambiental y de salud

- En las áreas verdes de Lima predominan los suelos arenosos típicos de una zona árida, por lo que resulta importante el aporte de materia orgánica del agua residual, que además de mejorar la fertilidad, favorece una retención de agua más prolongada en el suelo.
- Solo las plantas de tratamiento operadas por SEDAPAL (Pucusana y Huáscar/Parque 26) mantienen un programa permanente de monitoreo de la calidad del agua en el proceso. En algunos casos se realizó un monitoreo inicial para conocer su comportamiento. Otros casos no cuentan con registros de calidad del agua. Los parámetros de control del proceso son principalmente caudal, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales. En el caso de la planta de lodos activados de la Av. Universitaria se añade el índice de densidad de lodos para el ajuste del manejo de lodos en el proceso. Solo las plantas operadas por SEDAPAL incluyen huevos de helmintos y protozoos parásitos humanos, parámetros indispensables cuando este recurso se utiliza en el riego de parques y jardines.
- Las limitaciones de información obligó al Proyecto SWITCH efectuar algunas mediciones puntuales de coliformes fecales, huevos de helmintos y protozoos parásitos humanos en los seis casos estudiados. Los resultados obtenidos permiten reafirmar que casi todas las plantas generan efluentes con más de 1,000 CF/100 ml requeridos para el riego de parques y jardines, excepto la de la Av. Universitaria que cuenta con un sistema de desinfección. No es posible deducir el orden de eficiencia de las tecnologías utilizadas para remover coliformes fecales, ya que muestran datos muy dispares para casos con la misma tecnología. Por tanto, se puede decir que la calidad sanitaria del efluente de estas plantas dependería más de las condiciones de operación de las plantas y la inclusión de sistemas de desinfección.
- Todas las plantas reportan una total de remoción de huevos de helmintos, por lo que la calidad de sus efluentes pueden ser aceptados por lo menos para el riego restringido de cultivos de tallo alto y áreas verdes sin acceso al público, sino logran paralelamente menos de 1,000 CF/100 ml. Sin embargo, la presencia de protozoos parásitos humanos descalifica varias plantas para el riego irrestricto. Este último tipo de parásitos pueden ser controlados fácilmente mediante el uso de dispositivos hidráulicos que eviten la salida del agua por rebose.
- Se ha identificado hasta nueve impactos positivos reportados por las seis experiencias evaluadas. Todos los casos consideran que el principal impacto es la incorporación y mantenimiento de áreas verdes urbanas, seguido por la sustitución de fertilizantes químicos. Algunos casos refieren también la protección del suelo y la mejora del ambiente local y de la calidad del agua usada. Otros casos mencionan las ventajas de sanear los desagües, la sustitución del agua potable y la protección de la biodiversidad local. En términos generales vemos que todos los casos reportan entre cuatro a seis impactos positivos del reuso, con lo cual se destacan las ventajas ambientales de esta práctica.
- El principal impacto negativo reportado es la generación de olores desagradables, que indica algunas deficiencias en la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento, la ubicación de las plantas muy cerca de la zona urbana y la falta de barreras forestales para evitar el

traslado de los olores por el viento a los parques y viviendas aledañas. Otro impacto reportado por los vecinos es la presencia de insectos, posiblemente generada por los olores y manejo inadecuado de los sólidos. Muy pocos manifiestan su preocupación por la salud de las personas que tienen contacto directo con el agua usada para riego o con el gras regado respectivamente. Si bien este riesgo es poco percibido por los operadores y usuarios, constituye una de las principales preocupaciones, toda vez que la mayoría de las plantas no están logrando la calidad sanitaria del agua requerida para el riego de áreas verdes con acceso al público.

e. En la dimensión Socio-cultural

- El proyecto considera como beneficiarios directos a los trabajadores de la planta de tratamiento y del área de reuso, incluyendo los agricultores usuarios del agua tratada. Definitivamente las experiencias de tratamiento ligadas al aprovechamiento de las aguas tratadas permiten incrementar la cantidad de personas beneficiadas con un empleo estable y apropiado para trabajadores poco calificados pero con experiencia agrícola. Las pequeñas experiencias demandan proporcionalmente más mano de obra que las más grandes, como ocurre con el Parque 26 utiliza 0.36 personas/litro/segundo de agua tratada o 0.87 trabajadores por hectárea regada, mientras que Oasis de Villa llega a requerir 5 personas/litro/segundo. Sin embargo, esta demanda de mano de obra eleva el costo del sistema aun cuando la operación es menos eficiente técnicamente. Por tanto, los sistemas intermedios como la Av. Universitaria y La Inmaculada que manejan de 3 a 5 l/s, demandan de 2.66 a 3.69 trabajadores/litro/segundo para mantener de 6 a 13 hectáreas verdes (1.3 trabajadores/ha).
- Se consideran como beneficiados indirectos a los pobladores que reciben el servicio de tratamiento de sus aguas residuales y a la población que utiliza las áreas verdes regadas. Es así que los proyectos más grandes también contribuyen más en el saneamiento de las aguas residuales de la ciudad. En la mayoría de los casos no se ha podido estimar los beneficiarios del aprovechamiento de las áreas verdes generadas, pero se entiende que comprenden a todos los vecinos y transeúntes de las áreas verdes. Por tanto, se debe añadir a los beneficiados por el saneamiento, a toda la población que vive alrededor de las áreas verdes implementadas.
- Ha sido muy difícil evaluar la aceptación del uso de las aguas residuales tratadas aun cuando se han realizado entrevistas a los usuarios de las áreas verdes. Una de las principales limitaciones es que las personas no tienen conocimiento de que se riegan con estas aguas, por tanto no se puede saber su grado de aceptación. Sin embargo, las personas que tienen conocimiento normalmente son los vecinos, que alertados por la presencia de olores desagradables y de ciertos vectores, manifiestan cierto rechazo por la incomodidad que generan y los posibles riesgos a la salud de sus familias. Sin embargo, hemos podido comprobar que a pesar de estos inconvenientes, muchas personas reconocen que la principal ventaja del uso de las aguas residuales es mantener sus áreas verdes en buenas condiciones.

4.5 LINEAMIENTOS TÉCNICOS RECOMENDADOS

a. En el ámbito institucional:

- Todas las experiencias de tratamiento para el uso de las aguas residuales deben integrarse al Programa Nacional de Protección Ambiental y Ecología

Urbana del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, para contribuir de una forma sistemática y más eficiente a mejorar el medio ambiente local, mediante el desarrollo de áreas verdes urbanas y periurbanas, además de la producción agrícola que algunas puedan también generar.

- o Tanto las experiencias más antiguas de reuso promovidas por el Estado en las zonas desérticas del Sur de Lima, como las iniciativas privadas y municipales más recientes, constituyen algunos modelos validados para el uso del agua residual tratada en el riego de las áreas verdes, ahorrando así importantes costos ocasionados por el uso actual de agua potable.
- o Es necesario completar el proceso de validación de experiencias recientes con tecnologías novedosas como plantas compactas de lodos activados y humedales, implementadas por algunos gobiernos locales y ONG´s para regar pequeñas áreas verdes con aguas residuales tratadas, antes de promover su replica a escala masiva.
- o Se debe tomar medidas para que todas las plantas existentes y proyectadas cuenten con la autorización de DIGESA para operar sus sistemas de tratamiento y reuso, del mismo modo que los acuerdos ya concertados con SEDAPAL para extraer el agua del sistema de alcantarillado.

b. En el ámbito técnico:

- o Se recomienda utilizar sistemas compactos de tratamiento de aguas residuales como los lodos activados en zonas intraurbanas con terreno disponible muy limitado. En aquellas zonas intraurbanas y periurbanas que dispongan de más espacio, se podría optar por otras alternativas tecnológicas que demandan menos inversión pero más área, tales como las lagunas de estabilización.
- o Se recomienda no utilizar la remoción de materia orgánica, representada por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), como principal indicador de eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, en los casos en que sus efluentes se utilicen exclusivamente en el riego de áreas verdes y agricultura, salvo en aquellos en que operen con sistemas tecnificados de riego que puedan tener dificultades por un exceso de materia orgánica.
- o Para medir la eficiencia de remoción de coliformes fecales en los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas se recomienda reemplazar el indicador de porcentaje por el número de unidades logarítmicas removidas.
- o Las áreas verdes de parques y jardines deberán ser regada con aguas residuales tratadas que tengan menos de 1,000 coliformes fecales por 100 mL, por tanto se recomienda emplear sistemas de tratamiento eficientes para remover de 4 a 5 unidades logarítmicas de coliformes fecales, tales como lodos activados, humedales artificiales y filtros percoladores que tengan desinfección final o lagunas de estabilización con más de 18 días de periodo de retención en el caso de Lima.
- o De igual forma, el agua para regar parques y jardines requiere estar libre de parásitos humanos helmintos y protozoos, por lo que se recomienda emplear sistemas de tratamiento capaces de remover de 2 a 3 unidades logarítmicas, tales como lagunas de estabilización con periodos de retención mayores a 18 días y lodos activados con desinfección. Teniendo en cuenta que el 98% de

los parásitos pertenecen al grupo de los protozoos, se recomienda que todas las plantas de tratamiento implementen dispositivos hidráulicos que eviten la salida del efluente por rebose.

- o Las plantas de tratamiento de aguas residuales proyectadas exclusivamente para el riego de áreas verdes, deben ser dimensionadas en función a la demanda de agua calculada para el tamaño actual y potencial del área de riego, de modo que se evite problemas de disponibilidad del recurso o se tenga que sobrecargar el sistema. Del mismo modo se recomienda el uso de sistemas de riego eficientes, con el fin de reducir los requerimientos de agua y por tanto el tamaño de la planta que deberá ser implementada.
- o Los proyectos de tratamiento de aguas residuales domésticas para el riego de áreas verdes locales deberán asegurar previamente los recursos técnicos y económicos necesarios para garantizar su eficiente operación y mantenimiento. Los municipios que asuman el compromiso de operar estos sistemas, deberán fortalecer sus recursos humanos y asegurar una partida de gastos corrientes para la operación y mantenimiento de tales sistemas. Se propone que todas las instituciones responsables de estos sistemas de tratamiento en Lima busquen el soporte técnico de SEDAPAL.
- o Se recomienda remplazar los sistemas de riego por gravedad (inundación y surcos) utilizados actualmente en las experiencias con aguas residuales tratadas, por sistemas de riego tecnificados (goteo y otros) que logran un uso del agua más eficiente. No debe aplicarse el riego por aspersión en parques y jardines para evitar la dispersión de patógenos en el aire que pueda afectar la salud de los usuarios y transeúntes.
- o Las experiencias de uso de aguas residuales tratadas desarrolladas en Lima desde hace más de 10 años permiten recomendar la implementación de actividades productivas como el cultivo de forrajes (chala, pasto elefante y alfalfa), árboles frutales (olivos, pecanos, naranjos, chirimoyos, paltos, limoneros e higueras), tara, tuna para producir cochinilla, bambú y vetiver, y viveros de plantas ornamentales y forestales.
- o Las principales especies recomendadas para las áreas verdes recreativas son los ficus y molles que están ganando preferencia en los últimos años, al ser especies mejor adaptadas que los eucaliptos a las condiciones climáticas y de los suelos de Lima. Los molles muestran un excelente crecimiento en las zonas más áridas. El gras americano crece muy bien con las aguas residuales tratadas pero consume bastante agua, por lo que se propone limitar en Lima el desarrollo de áreas con cobertura verde. Sin embargo merece una especial recomendación el uso de la campanilla para cubrir las laderas de acantilados como la Costa Verde.

c. En el ámbito económico

- o Es preferible utilizar tecnologías de tratamiento que demanden menos inversión en estructuras de concreto, ya que este es el componente más costoso y con mayor nivel de depreciación, mientras que el terreno utilizado tiende a revaluarse. Sin embargo, se recomienda no ubicar las plantas en áreas con alto valor del terreno, a fin de no incrementar demasiado los costos de inversión inicial. Las zonas periurbanas constituyen la mejor opción de ubicación por ofrecer mayor disponibilidad de terrenos y a menor costo.

- o Se recomienda utilizar sistemas de lagunas de estabilización porque demandan los más bajos costos de inversión y operación, siempre que se pueda disponer de la cantidad de terreno requerido y se ubique en zonas periurbanas. De lo contrario, se debe optar por plantas compactas como lodos activados y filtros percoladores, siempre que incluyan un proceso de desinfección eficiente y se pueda asumir sus altos costos de inversión y operación. No se recomienda utilizar sistemas de lagunas aireadas por el alto costo de inversión, tanto en infraestructura de concreto como en terreno.
- o Se recomienda utilizar las aguas residuales tratadas como una estrategia para reemplazar el uso actual de agua potable en el riego de las áreas verdes de Lima. Si bien los costos de tratamiento fluctúan según la tecnología aplicada, siempre es menor que la tarifa de agua potable que pagan los municipios actualmente por regar sus áreas verdes. Además, en algunas zonas el agua residual constituye la única fuente disponible para el riego de sus áreas verdes.

d. En el ámbito ambiental y de la salud

- o De acuerdo a la Directrices Sanitarias de la OMS, queda muy claro que el principal objetivo del tratamiento de las aguas residuales domésticas destinadas al reuso debe ser la remoción de gérmenes patógenos humanos, representados por los coliformes fecales y parásitos humanos, para evitar la diseminación de enfermedades de origen hídrico, y no así la remoción de la materia orgánica (DBO) y los nutrientes que pueden ser aprovechados cuando se riegan las áreas verdes y agrícolas.
- o Se debe exigir que todas las plantas de tratamiento de aguas residuales mantengan un programa permanente de monitoreo del proceso y la calidad del agua. Este programa debe incluir parámetros básicos como caudal, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y parásitos humanos. En el caso de las plantas de lodos activados se debe incluir el índice de densidad de lodos y el oxígeno disuelto para ajustar el manejo de lodos en el proceso. Es necesario un monitoreo más intensivo el primer año, que luego se puede reducir a una rutina mínima en los siguientes años. Se debe evitar exigir el monitoreo con demasiados parámetros no esenciales, ya que los costos excesivos podrían desanimar el mantenimiento de un monitoreo básico pero suficiente.
- o Es necesario mejorar la operación y mantenimiento de casi todas las plantas existentes en Lima para lograr alcanzar la calidad sanitaria de sus efluentes, especialmente cuando se usan para regar áreas verdes en contacto con el público, tales como parques, jardines y campos deportivos. En los casos necesarios se debe implementar o rehabilitar los sistemas de desinfección, así como dispositivos hidráulicos que eviten la salida del agua por rebose. Para ello, la DIGESA deberá iniciar un programa de vigilancia permanente y sancionar a las plantas que no cumplan con la calidad exigida por la ley.
- o De igual forma se debe exigir a las plantas un control total de olores desagradables, ya que constituye el principal reclamo de los vecinos. La buena operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento es la primera medida para controlar este problema. Luego la implementación de una cobertura tipo invernadero y la implementación de una barrera forestal también contribuyen eficientemente a evitar el traslado de los olores por el viento a los parques y viviendas aledañas. Otra exigencia es lograr un manejo adecuado de los sólidos recolectados dentro de la planta. Finalmente

se recomienda acudir a campañas de desratización y fumigación si se presentan estos vectores en ciertas épocas del año.

- o También se debe promover el uso de las aguas residuales tratadas en el riego de las áreas verdes para sustituir los fertilizantes químicos por la materia orgánica que aporta, mejorando así la fertilidad y la retención de agua en los suelos arenosos típicos de las zonas áridas como Lima y otras de la costa peruana.

e. En el ámbito socio-cultural

- o Promover las experiencias de tratamiento ligadas al aprovechamiento de las aguas tratadas como un instrumento de generación de empleo orientado a trabajadores poco calificados pero con experiencia agrícola. Sin embargo, se recomienda promover experiencias de tamaño intermedio por ser más eficientes en el uso de la mano de obra, a fin de evitar elevar mucho los costos operativos. Buenos ejemplos son los casos de la Av. Universitaria y La Inmaculada que tratan de 3 a 5 l/s para mantener de 6 a 13 hectáreas verdes, utilizando 1.3 trabajadores por hectárea.
- o Promover las experiencias de tratamiento ligadas al aprovechamiento de las aguas tratadas porque permiten adicionar a los beneficiados indirectos que reciben el servicio de tratamiento de sus aguas residuales, a nuevos beneficiarios que utilizan y aprovechan las áreas verdes regadas.
- o Se recomienda realizar campañas públicas para sensibilizar a la ciudadanía de las ventajas y riesgos del uso de las aguas residuales domésticas, a fin de lograr la aceptación de esta práctica como una alternativa concreta para mantener las áreas verdes de la ciudad.
- o Igualmente se deben poner avisos de advertencia en las plantas de tratamiento y las áreas verdes regadas con acceso al público, para mantener informados a todos los usuarios y transeúntes.

Artículo SWITCH Lima. Investigación y Demostración de uso de agua residual tratada para áreas verdes y otros usos en Lima, Perú.

En la Ciudad de Lima (Perú), el proyecto SWITCH Global ejecuta el Workpackage 5.2 “Tratamiento y Uso de Agua Residual para Agricultura Urbana y Enverdecimiento Urbano”, el cual se implementa conjuntamente con las ciudades de Beijing (China) y Accra (Ghana).

El Proyecto SWITCH Lima inició sus actividades en Enero del 2007 y tiene como objetivos principales **elaborar Lineamientos de política** para la promoción del tratamiento y uso de aguas residuales domésticas tratadas para el riego de áreas verdes y otros usos en zonas urbanas y periurbanas y **establecer un grupo multi-actoral** (representantes del gobierno nacional, de gobiernos locales, de Universidades, ONG's, OCB's, etc.) conformado y en funcionamiento que analiza y valida tecnologías y metodologías innovadoras para diseñar e implementar sistemas de tratamiento y reuso de aguas residuales.

Durante el 2007, el Proyecto SWITCH Lima, realizó un proceso de investigación-acción, en base a información secundaria (revisión bibliográfica, información electrónica, etc.) e información primaria (encuestas y entrevistas con personas e instituciones relacionadas con experiencias de tratamiento y uso de agua residual), con la finalidad de conocer la situación actual del tratamiento y uso de aguas residuales en la ciudad de Lima, obteniendo como resultado un inventario con 37 experiencias identificadas y caracterizadas. A partir de los vacíos de información encontrados en dicho inventario se identificaron 05 líneas de

investigación (institucional y política, social, técnica, económica y ambiental) que se utilizarán para guiar el levantamiento y procesamiento de información de posteriores estudios en el tema. Además, en base al inventario se realizó un proceso de selección de experiencias estudios de caso que representasen al universo de las experiencias identificadas en el.

En el 2008, en base a las experiencias previamente seleccionadas y a las líneas de investigación identificadas en el inventario de experiencias de tratamiento y uso de agua residual, se implementaron 06 estudios de caso (Áreas Verdes del Colegio de la Inmaculada, Áreas Verdes de la Costa Verde de Miraflores, Áreas Verdes de Pucusana, Berma Central de la Avenida Universitaria, Parque del Asentamiento Humano Oasis de Villa y Parque Zonal 26). Esta investigación detallada permitió obtener un mayor acercamiento de la situación del tratamiento y uso del agua residual en la ciudad de Lima.

Para la implementación de los estudios de caso, primero se tomó contacto con las instituciones responsables del financiamiento y/o operación de las experiencias seleccionadas, luego se procedió a levantar la información de campo en base a materiales y herramientas previamente elaboradas, (encuestas, entrevistas, guías de campo, talleres participativos, herramientas para muestreo de laboratorio, etc.) y posteriormente se procesó y digitalizó toda la información levantada en campo. Por último se procedió a elaborar el informe de los estudios de caso que consta de 02 capítulos: i. Análisis independiente de cada experiencia estudio de caso y ii. Análisis comparativo/transversal de todas experiencias estudios de caso. Una vez que el informe fue finalizado, se procedió a iniciar un proceso de validación con

cada una de las instituciones involucradas en la implementación de los estudios de caso y luego con los miembros del equipo SWITCH Lima. Este documento fue utilizado como insumo para la elaboración de los lineamientos políticos del proyecto.

Paralelamente a la implementación de los estudios de caso, se elaboró un estudio de Régimen Legal del Agua en Lima y Perú, con la finalidad de realizar un diagnóstico de la normativa legal peruana con respecto al agua. Este documento también sirvió de insumo para la elaboración de los Lineamientos de Política

También en el 2008, el Sr. Stef Smits de IRC visitó la Ciudad de Lima con la finalidad de levantar información necesaria para elaborar un estudio de caso de la Gobernanza del Agua en la ciudad de Lima, Perú. Dicho estudio de caso serviría como insumo principal (en conjunto con otros 03 estudios de caso: Bogota en Colombia, Tegucigalpa en Honduras y Bello Horizonte en Brasil) para la elaboración de un estudio de Gobernanza del Agua en América Latina y el Caribe. En Lima, se adicionó al estudio inicial, el enfoque de la Gobernanza en el reuso y tratamiento del agua residual en Lima para que el documento se inserte como parte del proceso de investigación-acción del Proyecto SWITCH Lima. Dicho documento fue validado por IPES y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

En base al análisis comparativo/transversal de los estudios de caso, a los vacíos identificados en el estudio del Régimen Legal de Agua y a los resultados del estudio de Gobernanza de Agua en la Ciudad de Lima, Perú, se procedió a

elaborar los Lineamientos de política para la promoción del tratamiento y uso de aguas residuales domesticas tratadas para el riego de áreas verdes y otros usos en zonas urbanas y periurbanas. Este documento fue inicialmente revisado por los miembros del equipo SWITCH en Lima (IPES y Oficina del Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento) y posteriormente fue revisado internamente en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Dirección de Urbanismo, Dirección de Saneamiento, Dirección de Construcción, Dirección de Vivienda, SUNASS y SEDAPAL).

El documento de lineamientos de política tiene la finalidad de incorporar la visión del uso de agua residual tratada como alternativa para otorgar un adecuado manejo del recurso agua y así contrarrestar el creciente stress hídrico de la ciudad de Lima y del Peru.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, IPES y la Municipalidad de Villa el Salvador, con el propósito de demostrar la validez de los lineamientos políticos elaborados están desarrollando conjuntamente el Proyecto OGAPU “Optimizando la Gestión del Agua para combatir la Pobreza Urbana” en el distrito de Villa el Salvador, el cual tiene como objetivo principal contribuir al combate a la pobreza urbana, mejora de la seguridad alimentaria y la participación comunitaria de la población a nivel local a través de la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el re-uso en áreas verdes multifuncionales. El Proyecto consiste en la construcción de una planta de tratamiento de agua residual con una capacidad de tratar agua de 1 l/s que desarrollará y mantendrá 2.6 Ha de áreas verdes recreativas y productivas (agricultura urbana)

Con respecto a las Alianzas de Aprendizaje, el Proyecto SWITCH Lima con el objetivo de permitir el “upscale” del proceso de investigación - acción realizada en el, elaboró a finales del 2007 una propuesta a la Coordinación Global del Proyecto SWITCH, para obtener financiamiento para la implementación de las Alianzas de Aprendizaje en la ciudad de Lima.

En el 2008, la Coordinación Global del Proyecto SWITCH, aprobó la propuesta para la implementación de las Alianzas de Aprendizaje en la Ciudad de Lima con un monto total de 15 000 Euros. El objetivo principal es facilitar el desarrollo de procesos de innovación que contribuye a llevar a escala los resultados alcanzados en el proceso de investigación-acción del Proyecto SWITCH Lima y permitir a los actores involucrados en la Alianza estar capacitados para implementar experiencias en base a los lineamientos políticos y reglamento elaborados.

A pesar que aún no se han hecho efectivo el depósito de los fondos y que además la ciudad de Lima inicialmente no contaba con financiamiento para la implementación de dicha metodología, el Proyecto SWITCH Lima ha trabajado desde su inicio bajo el enfoque de las Alianzas de Aprendizaje con un grupo multiactoral compuesto originalmente por una plataforma de actores nacionales compuesto por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, IPES, UNALM y SEDAPAL los cuales fueron capacitados para elaborar una metodología de investigación que permitiera obtener como resultado el inventario de experiencias de tratamiento y uso de agua residual en la ciudad de Lima.

Además, este grupo también formó parte del Taller de las Alianzas de Aprendizaje, el cual fue liderado por representantes de IRC y ETC Foundation

Posteriormente se implementó una plataforma de actores locales (Municipalidad es de Miraflores, Lima, Villa el Salvador, Comas, Pucusana y Carabayllo, La Junta de Usuarios del Rímac, EMAPE, Banco Mundial y CEPIS/OPS) que fueron capacitados sobre la situación actual del reuso de aguas residuales tratadas, las tecnologías de tratamiento de aguas residuales, el potencial de ligar las aguas residuales tratadas con la agricultura urbana y sobre la metodología de las Alianzas de Aprendizaje. Con este grupo capacitado, se procedió a implementar y luego validar los Estudios de Caso del Proyecto SWITCH Lima.

Una vez obtenido los resultados de los estudios de caso y se inició el proceso de elaboración de lineamientos, se ha realizado una ampliación de la plataforma multiactoral nacional (se han añadido instituciones como los Ministerios de Agricultura, Medio Ambiente y Salud, el INRENA, la Autoridad Nacional del Agua, Junta Nacional de Usuarios por Distrito de Riego y SUNASS) con la finalidad de realizar en Noviembre del 2008 un taller de capacitación sobre la situación legal del reuso (fortalezas y debilidades) y para la elaboración de lineamientos. Esto permitirá que los lineamientos obtenidos por el proyecto puedan ser validados y alimentados por parte de esta plataforma multiactoral. Esta actividad recién podrá ser ejecutada una vez que haya sido realizado el depósito de las Alianzas de Aprendizaje en Lima

Otras de las acciones que se realizarán una vez depositado el monto total de las Alianzas de Aprendizaje en Lima serán: mantener el debido funcionamiento de las plataformas nacional y local establecidas en Lima, así como realizar acciones de monitoreo para apoyar al Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento a elaborar, en base a los lineamientos, nuevas normas y actualizar las normas existentes relacionadas con el tratamiento y uso del agua residual tratada, con el propósito de priorizar en la agenda de los sectores, los diferentes aspectos del tema en discusión.

PRESENTACION DEL PROYECTO SWITCH LIMA

1. PRESENTACIÓN

2. ANTECEDENTES (Objetivos, Metodología, Relevamiento de Información de lo que hay, Inventarios, Líneas de Investigación en base a inventarios)

3. INVESTIGACIÓN

- a) Implementación de los Estudios de Caso
- b) Estudio del Régimen Legal del Agua
- c) Estudio de Governanza del Agua en Lima
- d) Lineamientos Políticos (Vacíos encontrados en la Norma, Ausencia del Marco Legal, Incorporar la visión del reuso, Proponer una agenda al sector en base a diferentes aspectos del uso y tratamiento del agua residual)

4. DEMOSTRACION

5. ALIANZAS DE APRENDIZAJE