

PANORAMA DE EXPERIENCIAS DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

Julio Moscoso
Tomás Alfaro



6

Panorama de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao

Primera Edición. Lima Perú. Abril 2008

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2008-10499

ISBN: 978-9972-668-25-8

MOSCOSO, Julio y ALFARO, Tomás

Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao

IPES Promoción del Desarrollo Sostenible. Lima - Perú, abril 2008.

60 p. (Cuaderno de Agricultura Urbana N°6)

Incluye Bibliografía

Edición de la serie a cargo de:

IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible

Jorge Price

Presidente Ejecutivo

Calle Audiencia 194 San Isidro, Lima 27, Perú

Telefax: (511) 4406099 / 4219722

ipes@ipes.org.pe

www.ipes.org

Gunther Merzthal

Coordinador Regional del Programa Ciudades

Cultivando para el Futuro (CCF)

au@ipes.org.pe

www.ipes.org/au

Fundación RUAF

Henk de Zeeuw

Coordinador Global del Programa CCF

P.O. Box 64, 3830 AB Leusden, The Netherlands

Teléfonos: (3133) 4326039 / 4940791

ruaf@etcnl.nl

www.ruaf.org

Serie Cuadernos de Agricultura Urbana

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido de este cuaderno para fines no comerciales, siempre que se mencione al autor y los editores. Si su contenido es utilizado en alguna publicación impresa o electrónica, o transmitido por cualquier medio, los editores agradecerán el envío de una copia a: IPES Promoción del Desarrollo Sostenible - Calle Audiencia 194, San Isidro, Lima 27 - Perú o al correo electrónico: au@ipes.org.pe

Las opiniones vertidas en el presente documento son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión de IPES Promoción del Desarrollo Sostenible y de la Fundación RUAF.

Julio Moscoso y Tomás Alfaro

Panorama de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao



Panorama de experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao

Cuaderno elaborado con el apoyo de

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
Oficina del Medio Ambiente
Ricardina Cárdenas Gallegos
Directora

Rommy K. Torres Molina
Jefa (e) Unidad de Gestión, Investigación e Impacto Ambiental
Marissa Andrade Gambarini
Jorge Barriga Valencia
Rafael Muñoz Sanchez

Dirección Nacional de Urbanismo
Vladimir Arana Yza
Director
www.vivienda.gob.pe

Elaboración del documento

IPES - Promoción del Desarrollo Sostenible / SWITCH
Julio Moscoso
jcmoscosoc@yahoo.es / julio@ipes.org.pe

Tomás Alfaro Abanto
tomas@ipes.org.pe

Edición del documento

Alain Santandreu
Asesor Regional en Gestión del Conocimiento, IPES/RUAF
alain_santandreu@yahoo.com / alain@ipes.org

Gunther Merzthal
Coordinador Regional del Programa Ciudades Cultivando para el Futuro (CCF)
au@ipes.org.pe

Diseño carátula

Roberto Valencia, Zonacuario
info@zonacuario.com

Diseño y diagramación interior

Renzo Tello De Pina
renzotello@gmail.com

Revisión y corrección final

Marco Bustamante, IPES/RUAF
marco@ipes.org.pe

Esta publicación ha sido elaborada como parte de las actividades del Programa Global Ciudades Cultivando para el Futuro, implementado por la Fundación RUAF e IPES Promoción del Desarrollo Sostenible, con el apoyo financiero de Directorate General for International Cooperation (DGIS) / Netherlands Ministry for Foreign Affairs (Holanda) y el International Development Research Centre – IDRC (Canadá). Para más información del Programa visite <http://www.ipes.org/au> (español y portugués) y <http://www.ruaf.org> (inglés).

Este Cuaderno presenta los principales resultados de investigación en ciudades de estudio del Proyecto SWITCH (Manejo Sostenible del Agua para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana), coordinado por IPES Promoción del Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú) con el apoyo de ETC-Foundation e IRC - Centro Internacional del Agua Potable y Sanamiento (Países Bajos).

El uso de un lenguaje que no discrimine ni marque diferencias entre hombres y mujeres es una de nuestras preocupaciones. Sin embargo, no hay acuerdo entre los lingüistas sobre la manera de cómo hacerlo en nuestro idioma. En tal sentido, y con el fin de evitar la sobrecarga gráfica que supondría utilizar en español las/os agricultoras/es para marcar la existencia de ambos sexos, hemos optado por emplear el masculino genérico clásico, en el entendido de que todas las menciones en tal género representan siempre a las agricultoras y los agricultores urbanos.

PRESENTACIÓN.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 PROYECTO SWITCH	13
1.2 PROYECTO SWITCH EN LIMA	14
2. LIMA METROPOLITANA Y CALLAO.....	15
2.1 ORÍGENES	15
2.2 UBICACIÓN Y DATOS GENERALES	15
2.3 DATOS SOCIO-ECONÓMICOS	16
2.4 RECURSOS HÍDRICOS	16
2.5 AGRICULTURA URBANA	17
3. PANORAMA DE EXPERIENCIAS DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES.....	19
3.1 OBJETIVO Y ALCANCE	19
3.2 METODOLOGÍA	19
3.2.1 CONSTRUCCIÓN PARTICIPATIVA DE LA LISTA DE EXPERIENCIAS	19
3.2.2 ELABORACIÓN DEL PRIMER LISTADO DE EXPERIENCIAS	20
3.3 RESULTADOS OBTENIDOS	20
3.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	21
3.3.2 ÁMBITO DE DESARROLLO	21
3.3.3 TAMAÑO DE LAS EXPERIENCIAS	21
3.3.4 TIPO DE ACTIVIDAD DE REUSO	21
3.3.5 TIPOS DE TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	24
3.3.6 ACTORES RESPONSABLES DEL TRATAMIENTO	25
3.3.7 ACTORES RESPONSABLES DEL REUSO	26
4. CARACTERIZACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS SELECCIONADAS DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES.....	29
4.1 OBJETIVO Y ALCANCE	29
4.2 METODOLOGÍA	29
4.3 RESULTADOS OBTENIDOS	30
4.3.1 LISTA DE EXPERIENCIAS SELECCIONADAS	30
4.3.2 UBICACIÓN DE LOS CASOS SELECCIONADOS	30
4.3.3 ASPECTOS INSTITUCIONALES Y SOCIALES	31
4.3.4 ASPECTOS SOCIO-CULTURALES	34
4.3.5 ASPECTOS TÉCNICOS	34
4.3.6 ASPECTOS AMBIENTALES	40
4.3.7 ASPECTOS ECONÓMICOS	43
5. COMENTARIOS FINALES.....	49
6. ANEXOS.....	52

Índice de Tablas

Tabla 1 – Área Bajo Riego en Lima Metropolitana.....	18
Tabla 2 - Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales.....	20
Tabla 3 - Tamaño de las experiencias.....	20
Tabla 4 - Tipos de actores involucrados con las aguas residuales.....	21
Tabla 5 - Panorama de experiencias de tratamiento y reuso de aguas residuales.....	22
Tabla 6 - Distribución por Zonas Geográficas.....	23
Tabla 7 - Ámbito de Desarrollo.....	24
Tabla 8 - Tamaño de las Experiencias.....	24
Tabla 9 - Actividad de reuso.....	24
Tabla 10 - Tecnología de Tratamiento.....	25
Tabla 11 - Actores responsables del tratamiento.....	26
Tabla 12 - Experiencias Seleccionadas.....	31
Tabla 13 - Rendimiento de los principales cultivos agrícolas.....	36
Tabla 14 - Rendimiento de los principales cultivos ornamentales para venta.....	36
Tabla 15 - Principales tipos de riego.....	37
Tabla 16 - Tamaño de las plantas evaluadas y requerimiento de terreno.....	40
Tabla 17 - Niveles de Coliformes fecales en los efluentes reusados de algunas plantas de tratamiento de Lima.....	42
Tabla 18 - Evaluación económica del reuso productivo de las aguas residuales en Lima.....	44
Tabla 19 - Costo de inversión de algunas plantas de tratamiento de Lima.....	45
Tabla 20 - Costo de tratamiento en algunas plantas de Lima.....	46
Tabla 21 - Relación beneficio/costo del agua residual tratada en algunas plantas de Lima.....	47
Tabla 22 - Ahorro por uso de aguas residuales.....	47

Índice de figuras

Mapa 1 - Lima Metropolitana.....	17
Gráfico 1 - Área Urbana y Rural de Lima Metropolitana.....	17
Foto 1 - Agricultura periurbana en Lima.....	18
Foto 2 - Agricultura intraurbana en Lima.....	18
Foto 3 - Área productiva en San Agustín.....	27
Mapa 2 - Ubicación de las Experiencias Inventariadas.....	24
Foto 4 - Área recreativa en Villa El Salvador.....	24
Foto 5 - Planta de lagunas aireadas de Huáscar.....	25
Gráfico 2 - Tipo de actividades de reuso según el ámbito.....	25
Foto 6 - Planta de lodos activados de VES.....	26
Gráfico 3 - Actores responsables del tratamiento según el ámbito.....	26
Gráfico 4 - Actores responsables del reuso según el ámbito.....	27
Mapa 3 - Ubicación de las Experiencias Seleccionadas.....	31
Foto 7 - Area de reuso en San Juan de Miraflores.....	32
Foto 8 - Zona agrícola de San Agustín vecina al aeropuerto internacional de Lima.....	34
Foto 9 - Viveros en San Juan de Miraflores.....	35
Foto 10 - Lagunas del Club de Golf La Planicie.....	38
Foto 11 - Planta de lodos activados de Puente Piedra.....	38
Foto 12 - Planta de la Alameda de la Solidaridad.....	38

PRÓLOGO

El ambiente urbano constituye un sistema estrechamente vinculado a los ecosistemas naturales en los cuales se asienta e interactúa dependiendo de ellos para la provisión de los recursos que aseguran su existencia. En este sentido, la gestión integral del agua es una tarea compleja y que demanda la atención en forma simultánea y complementaria de diversos sectores, actores sociales y económicos que generan impactos sobre el ambiente, afectando la calidad de los recursos hídricos y por ende sobre los que vivimos de ellos.

La gestión integral del agua traducido en el conjunto de mecanismos, procedimientos y actos de gobierno y gestión de los recursos, son los que deben incorporar en la toma de decisiones y acciones dirigidas a un manejo integrado del territorio articulado con las tendencias del desarrollo urbano sostenible. Por ello, iniciativas interinstitucionales como el Proyecto SWITCH nos proveen información sobre el reuso del agua residual tratada para riego, que toma gran importancia en el marco de la política de preservación y conservación del recurso agua que viene promoviendo el Sector VIVIENDA.

La presente publicación "Panorama de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en la ciudad de Lima", que ha conseguido traducir en su contenido la situación actual de las iniciativas públicas y privadas en el tratamiento de aguas residuales y su reuso para riego; servirá y creemos será de interés de actores sociales, económicos, autoridades y población, como un insumo valioso orientador de inversiones en esta materia. Esta propuesta impulsada por IPES - Promoción del Desarrollo Sostenible en asociación con la Oficina del Medio Ambiente de nuestro Sector, será incorporada dentro de la política de saneamiento de nuestro Sector y esperamos sea considerada por otros niveles de gobierno que así lo requieran.



Ricardina Cárdenas Gallegos
Directora de la Oficina del Medio Ambiente
Ministerio de Vivienda, Construcción y
Saneamiento

PRESENTACIÓN

El presente cuaderno ha sido elaborado en el marco de las actividades de investigación del proyecto mundial SWITCH (Manejo Sostenible del Agua para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana) implementado por el Consorcio SWITCH con financiamiento de la Dirección General de Investigación de la Unión Europea.

Es uno de los productos del sub-tema de trabajo 5.2 “Uso del agua para agricultura urbana y otras oportunidades para mejorar la calidad de vida” que se ejecuta en la ciudad de Lima (Perú). Las actividades en Lima son coordinadas por IPES- Promoción del Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento / Oficina de Medio Ambiente, y cuentan con el apoyo de ETC Foundation e IRC International Water and Sanitation Centre (Países Bajos).

El cuaderno ha sido dividido en cinco capítulos. El capítulo introductorio presenta una breve descripción del proyecto SWITCH, sus antecedentes, objetivos, y productos esperados. El segundo capítulo brinda un panorama general de la región metropolitana de Lima y Callao donde se desarrolla la investigación, poniendo especial énfasis en la agricultura y el uso de recursos hídricos. El tercer capítulo presenta un panorama con 37 experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales, elaborado a partir de información secundaria que permite describir sus principales características: ubicación geográfica, ámbito de desarrollo, tamaño de la experiencia, actores involucrados, entre otros. En el cuarto capítulo se describen 19 experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales que fueron seleccionadas y analizadas utilizando información aportada por los actores vinculados a las mismas. Por último, el quinto capítulo recoge algunos comentarios finales sobre los resultados de la investigación y plantea algunas reflexiones que surgieron en el transcurso de la misma. Finalmente, los anexos presentan las fichas que sirvieron para recolectar la información en campo.

Es preciso recordar que el presente trabajo de investigación no pretende ser una descripción exhaustiva y final sobre el estado actual del tratamiento y uso de aguas residuales en Lima Metropolitana y Callao. Por el contrario, debe ser visto como un primer esfuerzo por documentar la situación actual y como un instrumento para el debate e intercambio de ideas entre los diferentes actores involucrados en esta temática.

Gunther Merzthal
Coordinador Proyecto SWITCH Lima
IPES

INTRODUCCIÓN

Más allá de las ineficiencias que se pueden identificar en el ciclo convencional del agua urbana (uso de agua potable de alta calidad para propósitos domésticos, grandes cantidades de agua potable utilizadas para transportar excretas humanas, desabastecimiento o falta de acceso al agua potable para consumo humano, entre otras), existen otras consideraciones ambientales de importancia que obligan a repensar dicho ciclo.

El crecimiento acelerado de las ciudades, sumado a los altos requerimientos de agua por parte de la industria y la agricultura peri 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, pudiendo originar severos daños ecológicos.

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) buscan reducir en un 50% el número de personas sin abastecimiento de agua segura y saneamiento apropiado para el año 2015. Si bien los ODM no definen un objetivo específico vinculado al tratamiento de aguas residuales, un aumento significativo en el tratamiento y uso 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, tratamiento y uso de aguas residuales para toda la población, en especial los más pobres.

1.1 PROYECTO SWITCH¹

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.

¹ Para mayor información sobre el Proyecto SWITCH visite <http://www.switchurbanwater.eu/> (inglés) y <http://www.ipes.org/au/switch> (español).

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). El proyecto cuenta con el co-financiamiento de sus 32 socios y 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 hasta el 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:

1. Cambio en el paradigma del agua urbana.
2. Manejo del agua de lluvia.
3. Abastecimiento y uso eficiente del agua.
4. Uso racional del agua, saneamiento y manejo de residuos.
5. Planificación ambiental y territorial del agua urbana.
6. 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 LIMA²

Una de las ciudades seleccionadas para implementar este proyecto es Lima, que junto a Accra (Ghana) y Beijing (China) forma parte del

tema 5: *Planificación ambiental y territorial del agua urbana y viene ejecutando el sub-tema 5.2: Uso de agua residual tratada 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. El subtema es coordinado por ETC Foundation.

IPES Promoción del Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento / Oficina de Medio Ambiente (Perú) tienen la responsabilidad de ejecutar el proyecto SWITCH en Lima Metropolitana y el Callao.

El Proyecto SWITCH Lima tiene por objetivo principal la formulación de Lineamientos políticos y operacionales para la promoción de sistemas de tratamiento y uso de aguas residuales tratadas en la agricultura urbana y periurbana y el enverdecimiento urbano.

La formulación de los lineamientos será realizada a través de un proceso de investigación-acción con el enfoque de Alianzas de Aprendizaje (Learning Alliances³).

² El proyecto es ejecutado en Lima Metropolitana y Callao; sin embargo a lo largo del texto se utilizan indistintamente los términos la ciudad o Lima como forma de simplificar su lectura.

³ Para mayor información sobre el Enfoque de Learning Alliances visite <http://www.switchurbanwater.eu/page/1347> (inglés) y <http://www.ipes.org/au/switch> (español).

LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

2.1 ORÍGENES

La ciudad de Lima fue fundada por Francisco Pizarro el 18 de Enero de 1535 como la muy Leal Ciudad de los Reyes del Perú, y se convirtió desde un inicio en el punto de partida de las expediciones colonizadoras hacia el interior del país y el continente. En 1543, debido a su importancia estratégica, fue nombrada Capital del Virreinato del Perú, un área política que comprendía la mayor parte de las posesiones españolas en América del Sur.

Durante esta época, Lima tuvo un desarrollo constante y pacífico, salvo por las incursiones de corsarios y piratas que, eventualmente, atacaban el puerto del Callao. Hasta inicios del siglo XIX, y pese al desarrollo de otras ciudades latinoamericanas, Lima siguió siendo la ciudad más importante y con mayor presencia e influencia del imperio español en el continente.

En 1821, el general José de San Martín proclamó la independencia del Perú y estableció en la ciudad la capital de la nueva nación. De esta forma, Lima fue la sede del gobierno y del primer congreso constituyente del país, que decidió que la nación se convirtiese en una República en el año 1822.

A inicios del siglo XX, la población de Lima todavía era reducida (Trujillo era la ciudad más poblada del país) pero ya se había iniciado la expansión urbana hacia los balnearios del sur. En esos años se inició la construcción de grandes avenidas que sirvieron como vías conectoras para el desarrollo de la ciudad, y se experimentó un crecimiento explosivo debido a las fuertes oleadas migratorias provenientes de zonas rurales conformadas, principalmente, por pobladores en búsqueda de mejores oportunidades laborales, educativas y sociales.

2.2 UBICACIÓN Y DATOS GENERALES

Lima Metropolitana es la capital de la República del Perú y se encuentra dividida administrativamente en 43 distritos. Cada distrito tiene un Alcalde y un Consejo Municipal elegidos democráticamente por la población del distrito. Asimismo Lima Metropolitana cuenta con un Alcalde y un Consejo Municipal Metropolitano con algunas funciones específicas. La Municipalidad Metropolitana de Lima también ejerce funciones de Gobierno Regional ya que no forma parte de ninguna región administrativa, de acuerdo al artículo 65º de la Ley 27867 de Gobiernos Regionales.

La Provincia Constitucional del Callao es otra de las provincias del Departamento de Lima y se encuentra dividida en 6 distritos y también forma una región: el Gobierno Regional del Callao.

El Perú cuenta con 24 departamentos y 26 Gobiernos Regionales (24 Gobiernos Regionales de los departamentos, mas el Gobierno Regional de Lima y el Gobierno Regional del Callao).

Lima Metropolitana y la provincia Constitucional del Callao tienen un área de 2,794 km² y una población de 7'765,151 habitantes (INEI 2005), distribuida en 49 distritos. El 51% de su población son mujeres, mientras que la tasa de crecimiento poblacional anual es de 2.1% (INEI, 2002).

Se encuentra ubicada en la parte central del Perú a orillas del Océano Pacífico. Aunque inicialmente fundada sobre un valle (río Rímac), hoy se extiende sobre otros valles aledaños (ríos Chillón y Lurín) y sobre extensas zonas desérticas. Debido a esta última característica, es considerada la ciudad más extensa en el mundo construida sobre un desierto, luego de El Cairo.

2.3 DATOS SOCIOECONÓMICOS

Lima es el centro financiero del país y concentra más del 75% de la producción industrial nacional. Sus principales rubros económicos son la industria, el comercio y los servicios y es posible encontrar en la ciudad sedes de importantes empresas transnacionales. Pese a los indicadores positivos de desarrollo económico del país, en Lima la pobreza aumentó pasando de 31,8% en el 2001 al 36,6% en el 2004, la PEA total limeña es de 3.761.351 de los cuales el 41% son mujeres y la tasa de desempleo absoluto es de 10.5%.

Lima refleja la gran diversidad étnica y cultural del país. Sus habitantes son producto de la migración rural de las últimas décadas, especialmente desde los años 60 del siglo XX. A principios de la independencia era habitada por la antigua población mestiza, española, amerindia y africana con que contaba desde la colonia. Con el inicio de la República la ciudad se convirtió en receptora de inmigrantes europeos (en su mayor parte italianos, franceses, alemanes y otros centro-europeos) y, a fines del siglo XIX, de inmigrantes asiáticos (en su mayor parte chinos y japoneses), aumentando la diversidad étnica con la que ya contaba la ciudad.

Antes de 1950, Lima tenía alrededor de 600.000 habitantes. Las olas migratorias entre 1960 y 1980 modificaron la forma de construir las ciudades, dado que los nuevos habitantes primero accedían al suelo (por posesión, invasión, tomas violentas

o pacíficas) para luego construir sus viviendas y gestionar sus servicios básicos. A diferencia de las formas tradicionales de urbanización, en los sectores populares los costos de construcción de la ciudad son asumidos por la población. Los nuevos Asentamientos Humanos se ubicaron en la periferia de la ciudad, dando lugar a los conos (sur, norte, este) como nuevas áreas de expansión urbana.

En relación a los años de violencia vividos en el país, inicialmente Lima se encontró, aparentemente, lejos de la violencia terrorista, sin embargo después del año 1985 y como parte de la estrategia político militar de Sendero Luminoso⁴ (llevar la lucha del campo a la ciudad), Lima fue duramente golpeada y los atentados terroristas se concentraron en la capital. Esta violencia ha sido la más larga y costosa en términos económicos y humanos en la historia republicana y afectó a los distritos consolidados y a los de sectores populares.

En términos económicos, la capital peruana concentra más del 75% de la producción industrial y es el centro financiero del país. Los principales rubros económicos son la industria, el comercio y los servicios. Adicionalmente, la ciudad es el centro político de la nación, pues concentra las sedes de los tres poderes del Estado (ejecutivo, legislativo y judicial), los Ministerios, y la mayor parte de las entidades gubernamentales.

2.4 RECURSOS HÍDRICOS

Como consecuencia de la casi nula precipitación que recibe (alrededor de 25 mm por año), sus principales fuentes de agua son el agua superficial y subterránea. Por este motivo el agua residual tratada y no tratada es vista como una importante fuente alternativa de agua para riego.

Agua Superficial. Proviene de los ríos Rímac, Chillón y Lurín. Su caudal promedio mensual histórico es de 39 m³/s, de los cuales el Rímac aporta 29.5 m³/s (SENAMHI, 2005), el Chillón 5.1 m³/s (SENAMHI, 2005) y el Lurín 4.5 m³/s (INRENA, 2005).

El 75% del agua disponible en Lima tiene como destino el consumo humano, seguido de la agricultura (22%), y las actividades industriales y mineras (INRENA, 2005).

⁴ Sendero Luminoso es el nombre del grupo guerrillero más importante del país que operó en Perú entre 1980 y 1992 cuando fue capturado su líder Abimael Guzmán. Sendero Luminoso, de orientación maoísta, es considerada por el gobierno peruano, por la Unión Europea y por otros gobiernos (Canadá, Estados Unidos, etc.) como una organización terrorista debido a la brutalidad de sus acciones que incluyeron tanto objetivos militares como la población civil, especialmente en los departamentos del sur del país. Actualmente mantiene actividad esporádica en el sur del país.



Mapa 1 - Lima Metropolitana y Callao
(Fuente: Moscoso y Alfaro, IPES 2007).

El agua utilizada para agricultura es distribuida por las Juntas de Usuarios⁵ de los tres ríos entre los agricultores asociados en diferentes Comisiones de Regantes⁶.

Este proceso se lleva a cabo en coordinación con la autoridad nacional (Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA) y local (Administración Técnica del Distrito de Riego Rímac Chillón Lurín) responsable del uso de agua para riego.

Agua Subterránea. Proviene de las filtraciones de los ríos Rímac, Lurín y Chillón. En la actualidad la extracción de agua subterránea es de 8.3 m³/s

5 La Junta de Usuarios es la organización representativa de todos los usuarios de agua del Distrito o Subdistrito de Riego y está constituida por uno o dos representantes de cada Junta Directiva de las Comisiones de Regantes que la integran, según lo indicado en el Artículo 60, por dos delegados a Asamblea General elegidos por cada Comisión de Regantes; por un delegado de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento y un delegado elegido por los usuarios de agua del sector energético, otro por los del sector minero y uno por otros usos, cuando corresponda. (Fuente Reglamento de Organización Administrativa del Agua, Decreto Supremo N° 057-2000-AG).

6 La Comisión de Regantes es la organización representativa de los usuarios de agua con fines agrarios: agrícola y pecuario de un Sector o Subsector de Riego. Su Junta Directiva es elegida por voto universal y secreto de los usuarios de agua hábiles. (Fuente Reglamento de Organización Administrativa del Agua, Decreto Supremo N° 057-2000-AG).

(SUNASS, 2002), destinada principalmente al consumo humano y la actividad industrial.

Aguas Residuales. El 85.4% de la población de la ciudad cuenta con acceso al sistema de alcantarillado (SEDAPAL, 2005), que recolecta 17.5 m³/s de aguas residuales. Si bien existen más de 40 experiencias de tratamiento y reuso de aguas residuales, el volumen de tratamiento (1.6 m³/s) representa sólo el 9.2% del total (SEDAPAL, 2006). Como consecuencia, la mayor parte de las aguas residuales (90.8%) son descargadas al río Rímac o al mar, originando problemas de contaminación tanto de los productos regados como de los recursos marítimos de consumo directo, elevando el riesgo de proliferación de enfermedades endémicas y alteración del equilibrio ambiental.

2.5 AGRICULTURA URBANA

"La agricultura urbana es la producción o transformación, en zonas intra y peri urbanas, en forma inocua, de productos agrícolas (hortalizas, frutales, plantas medicinales, ornamentales, etc.) y pecuarios (animales menores) para autoconsumo o comercialización (re) aprovechando eficiente y sosteniblemente recursos e insumos locales (suelo, agua, residuos, mano de obra, etc.), respetando los saberes y conocimientos locales y promoviendo la equidad de género a través del uso de tecnologías apropiadas (sociales, económicas, productivas, culturales, ambientales, etc.) y procesos participativos para la mejora de la calidad de vida de la población urbana (pobreza, nutrición, participación, generación de empleo e ingresos, etc.) y la gestión urbana social y ambientalmente sustentable de las ciudades". IPES/RUAF 2006.

Esta definición hace referencia a las dos áreas del territorio municipal en las que se desarrolla la agricultura urbana: las áreas periurbanas y las intraurbanas.

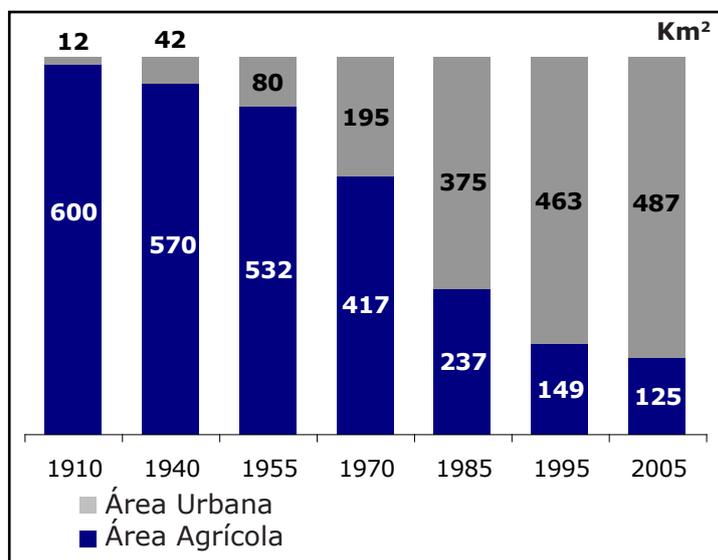


Gráfico 1 - Área Urbana y Rural de Lima Metropolitana y Callao



Foto 1 - Agricultura periurbana en Lima



Foto 2 - Agricultura intraurbana en Lima

Agricultura en áreas periurbanas. Desde inicios del siglo XX a la fecha, el área agrícola de Lima ha disminuido de 600 Km² (98% del área total) a 125 Km² (21% del área total), tal como se muestra en el gráfico 1. Cabe destacar que este crecimiento urbano se realizó inicialmente sobre tierras agrícolas de buena calidad y, en los últimos años, sobre los terrenos eriazos de la parte baja de las cuencas de los ríos Rímac, Lurín y Chillón.

Según los Padrones de Uso Agrícola de las Juntas de Usuarios de los ríos Chillón, Rímac y Lurín, actualmente se encuentran bajo riego en Lima Metropolitana 12,680 ha, pertenecientes a 7,601 agricultores organizados en 35 comisiones de regantes (ver Tabla 1).

Si bien las Juntas de Usuarios incluyen la mayor parte de las áreas agrícolas, también deben considerarse otras áreas agrícolas como las de Villa El Salvador (130 ha), San Juan de Miraflores (12 ha) y Ventanilla (50 ha), que son regadas exclusivamente con agua proveniente de plantas de tratamiento de aguas residuales como las de San Juan, Huáscar y Ventanilla.

Los cultivos más importantes en la cuenca del río Rímac son las hortalizas, y en menor escala, el gras americano y la chala. Por su parte, en la cuenca del río Lurín predominan los frutales, plantas ornamentales, maíz, chala, y hortalizas; mientras que en la cuenca del río Chillón predominan la chala, y en menor proporción las plantas aromáticas.

Agricultura en áreas intraurbanas. En relación a la agricultura desarrollada en áreas intraurbanas, cabe señalar que este tipo de práctica se inició como estrategia de la población para el acceso a alimentos y, en otros casos, para generación de ingresos y mejorar el entorno ambiental. Todo esto apoyado en las costumbres y tradiciones agrícolas y pecuarias de los nuevos habitantes de la ciudad provenientes de la zona rural del país.

El área de las experiencias es pequeña comparada con la de las áreas peri-urbanas, la mayor parte de las áreas comunitarias tienen menos de 1.000 m², y las de carácter familiar se encuentran entre los 4 y 50 m². Esta agricultura casi no utiliza químicos y su fuente principal de agua para riego es el agua potable.

Es importante destacar que esta practica viene siendo reconocida por Municipios Distritales de Lima que la están integrando en sus estrategias/políticas de combate a la pobreza y el hambre en zonas urbanas (Ej. Municipalidades de Villa María del Triunfo, Lurigancho-Chosica). El Municipio de Lima Metropolitana también ha manifestado su interés por esta practica y su rol en la gestión urbana de los distritos de la ciudad de Lima, el cual se ve reflejado en la organización del Encuentro "Agricultura Urbana y Peri-Urbana en Lima Metropolitana: una estrategia de lucha contra la pobreza y la inseguridad alimentaria" co-organizado por IPES y el Programa Global Cosecha Urbana del Centro Internacional de la Papa.

Tabla 1 – Área Bajo Riego en Lima Metropolitana

Organización	Nº de comisiones	Área bajo riego (ha)	Nº de usuarios
Junta de Usuarios del Río Rímac	11	3,958	1,922
Junta de Usuarios del Río Lurín	12	4,166	3,622
Junta de Usuarios del Río Chillón	12	4,556	2,057
Total	35	12,680	7,601

Fuente: Padrón de Uso Agrícola Junta de Usuarios Rímac (2006), PROFODUA (2004), Padrón de Uso Agrícola Junta de Usuarios Chillón (2006).

PANORAMA DE EXPERIENCIAS DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 OBJETIVO Y ALCANCE

El panorama busca identificar las principales experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales para agricultura urbana y enverdecimiento urbano en la Ciudad de Lima.

Tiene un carácter descriptivo e incluye las experiencias identificadas por la coordinación, el equipo de asesores y el equipo de investigación en el área de cobertura del proyecto.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 CONSTRUCCIÓN PARTICIPATIVA DE LA LISTA DE EXPERIENCIAS

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.

El panorama inicial incluye 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. También se incluyeron aquellas experiencias que usan agua residual **sin tratar**, por considerarse una práctica muy difundida en Lima y el resto del país, y que origina importantes riesgos ambientales y de salud.

Debido a que el énfasis de la investigación fue el reuso de aguas residuales (tratadas y no tratadas), el panorama no incluye experiencias de tratamiento que no reusan el efluente (i.e. aquellas cuyas aguas tratadas son arrojadas al río o mar).

Tabla 2 – Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales

Tipo de Tecnología	Descripción
Lagunas de estabilización	Lagunas que permiten la estabilización de materia orgánica y la reducción de bacterias de las aguas residuales.
Lagunas aireadas	Lagunas en las que se inyecta aire por acción mecánica o difusión de aire comprimido con sistemas artificiales de aireación.
Lodos activados	Unidades más compactas que las anteriores que también usan aireación artificial para la degradación aeróbica de la materia orgánica. Las células microbianas forman flóculos que sedimentan en un tanque de clarificación.
Humedales artificiales, biofiltros o Wetlands	Superficies de inundación periódica, con medios filtrantes de piedras de grava y arena, sembrados con vegetación nativa (carrizo, juncos, papiros, entre otros).
Filtros percoladores	Medio filtrante de piedra gruesa o material sintético, en donde se desarrolla una película de microorganismos que degrada la materia orgánica del agua residual.
Reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA)	Proceso anaerobio en donde el agua residual circula en forma ascendente y atraviesa un manto de lodos para la estabilización parcial de la materia orgánica.
Tanques Imhoff	Son tanques de sedimentación primaria que facilitan la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 ELABORACIÓN DEL PRIMER LISTADO DE EXPERIENCIAS

La lista fue organizada en una **matriz** que incluyó las siguientes características:

- **Ubicación geográfica**, para ubicarlas dentro del territorio de las zonas centro, norte, este y sur de Lima.
- **Ámbito de desarrollo**, para identificar si la actividad se realiza dentro o alrededor de la ciudad: intraurbana y periurbana, respectivamente.
- **Tamaño de la experiencia**, debido a que existen mayor cantidad de experiencias pequeñas de carácter experimental, y que las experiencias de mayor magnitud suelen tener mayor sostenibilidad y replicabilidad, se decidió clasificar las experiencias en tres categorías: pequeñas, medianas y grandes. La Tabla 3 muestra las dimensiones para cada categoría.
- **Caudal**, diferenciando entre el caudal destinado al reuso y el tratado en las plantas. Cabe resaltar que estos caudales no necesariamente tienen que ser iguales, ya que en muchos casos sólo se destina una parte de las aguas tratadas para el reuso, mientras que el resto es vertido en otros cuerpos de agua como ríos o el mar.

- **Actividad de reuso**, agrupadas en actividades productivas como la agricultura y acuicultura, y actividades recreativas y ambientales como las áreas verdes, campos deportivos y cementerios. Esta última categoría incluye el desarrollo forestal contemplado en los parques y avenidas.
- **Tecnología para el tratamiento de las aguas residuales**, que comprende las principales tecnologías identificadas en la tabla 2.
- **Tipo de actores**, que participan tanto en el tratamiento como en el reuso de aguas residuales, según la clasificación definida en la tabla 4.

3.3 RESULTADOS OBTENIDOS

La tabla 5 presenta las 37 experiencias identificadas y contiene información adicional

Tabla 3 – Tamaño de las experiencias

Clasificación	Tamaño (ha)
Pequeñas	Menor de 1
Medianas	Entre 1 y 20
Grandes	Mayor de 20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 – Tipos de actores involucrados con las aguas residuales

Tipo de organización	Descripción
Organizaciones de agricultores urbanos y productores	Son los agricultores del ámbito periurbano e intraurbano que están organizados bajo la modalidad de comisiones de regantes, redes de agricultores urbanos , etc.
Gobierno local	Son las municipalidades distritales y metropolitana. A través de sus diferentes instancias como gerencias, subgerencias.
Gobierno nacional y regional	Agrupar a los gobiernos regionales a los ministerios y órganos descentralizados como INRENA, FONCODES, INIEA, etc.
Organismos no gubernamentales (ONG) y Fundaciones	Comprende las asociaciones civiles sin fines de lucro, de promoción del desarrollo, fundaciones, etc.
Organizaciones Comunitarias de Base (OCB)	Son las organizaciones sociales y sectoriales de base, organizaciones vecinales, comunales, barriales, comedores, clubes de madres, movimientos ambientalistas, etc.
Organismos académicos y de investigación	Son las instituciones educativas primaria, secundaria, universidades, y organismos de investigación.
Sector privado	Son las instituciones privadas que realizan actividades comerciales como clubes de golf, cementerios, etc.
Organismos de Cooperación	Son las entidades que ofrecen cooperación técnica y económica a nivel nacional e internacional

Fuente: Elaboración propia

como ámbito de desarrollo, tamaño, tecnología de tratamiento, entre otros.

3.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El mapa 2 muestra la distribución territorial de las experiencias con respecto al ámbito geográfico de Lima.

Con respecto a la ubicación geográfica, la tabla 6 muestra que casi la mitad de las experiencias (17) se ubican en la zona Sur de Lima, en donde se realizó la primera experiencia de reuso desde 1968 y la disponibilidad de agua es más reducida que el resto de Lima. Estas experiencias 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 más pequeñas y orientadas al riego de áreas verdes.

3.3.2 ÁMBITO DE DESARROLLO

La tabla 7 muestra que más experiencias identificadas (54%) se desarrollan dentro del ámbito periurbano, principalmente ubicadas en la zona Norte y Sur de Lima. En el primer caso 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.

3.3.3 TAMAÑO DE LAS EXPERIENCIAS

Los 37 casos identificados se desarrollan sobre 985 ha y utilizan un caudal aproximado de 1,478 l/s de aguas residuales. A ello se deben añadir los 315 l/s que captan del río Rímac las experiencias de San Agustín y Huachipa.

Según la tabla 8, 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 79.2% del área destinada al reuso en Lima. Finalmente, las experiencias pequeñas (hasta 1 ha) y que representan el 11% de los casos apenas abarcan la milésima parte del área.

3.3.4 TIPO DE ACTIVIDAD DE REUSO

Como se puede observar en la tabla 9, las actividades productivas (agricultura y acuicultura) se desarrollan en el 77% del área actualmente irrigada con aguas residuales en Lima, aun cuando sólo representan el 44% de las experiencias existentes.

Tabla 5 – Panorama de Experiencias en Lima Metropolitana y Callao

Nombre	Institucionales y normativos			Técnico					
	Ambito	Resp. Tratamiento	Resp. Reuso	Área Reuso (Ha)	Reuso	Caudal Reuso (fs)	Caudal Tratada (fs)	Tecnología de Tratamiento	
Zona Norte de Lima									
1	Áreas verde 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 Jerusalem y Piedras Gordas	Periurbano	Ministerio de Defensa	Ministerio de 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	700	No hay
8	Verma central Av. Universitaria	Intraurbano	Mun. Lima	Mun. de Carabayllo	5	Áreas Verdes	4	4	Lodos activados
9	Universidad Nacional de Ingeniería (UNITRAR)	Intraurbano	UNI	Uni-Municipio	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	20	20	Lag. Aireadas
12	Áreas de Miraflores-Costa Verde	Intraurbano	Mun. Miraflores	Mun. Miraflores	4	Áreas Verdes, acuicultura	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	13	Áreas Verdes	15	15	Lag. Estabilización
Zona Este de Lima									
15	Áreas verdes colegio 1265	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. de 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	Jardinez de la Paz	Intraurbano	Jardinez de la Paz	Jardinez 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	20	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 Jose Galvez	Periurbano	SEDAPAL	Agricultores	10	Agricultura	35	53	Lag. Estabilización
26	Alameda de la Solidaridad Villa El Salvador (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	19	73	Lag. Aireadas-Maduración
29	Comité de regantes CP1-VES	Periurbano	SEDAPAL	SEDAPAL	30	Agricultura	30	*73	Lag. Aireadas
30	Comité de regantes CP2-VES	Periurbano	SEDAPAL	Comité de regantes	100	Agricultura	120	*424	Lag. Aireadas
31	Parque zonal Huascar	Periurbano	SEDAPAL	MVES/SERPAR	24	Áreas Verdes y agricultura	24	*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	Comité de regantes	20	Agricultura	17	17	Anaeróbico-Lag. Aireada
35	Zona agrícola Nuevo Lurín	Periurbano	SEDAPAL	Agricultores	3	Agricultura	5	5	Lag. Estabilización
36	Punta Hermoza	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

Fuente: Elaboración propia



Foto 3 - Area productiva en San Agustín

Tabla 6 – Distribución por Zonas Geográficas

Zonas	Cantidad	Porcentaje
Norte	9	24%
Centro	5	14%
Este	6	16%
Sur	17	26%
Total	37	100%

Fuente: Elaboración propia

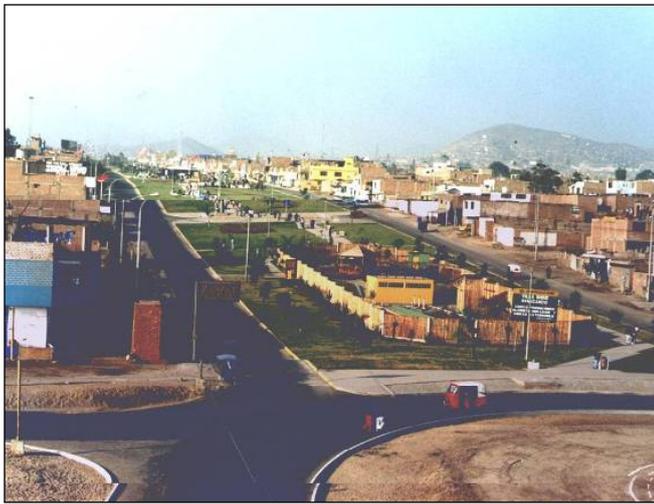
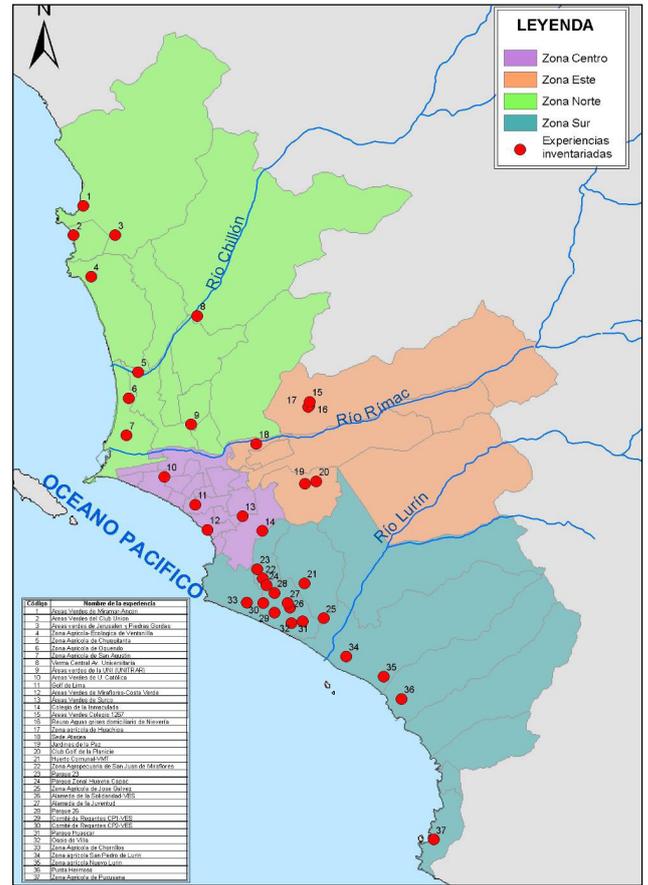


Foto 4 - Área recreativa en Villa El Salvador

Un número mayor de casos (56%) están dedicados al reuso en actividades recreativas como áreas verdes, campos deportivos y parques públicos, abarcando el 23% del área total irrigada con las aguas residuales.

Cabe señalar que algunas experiencias utilizan el agua residual para más de una actividad en forma paralela, como es el caso del Parque 26 que reusa las aguas en agricultura, acuicultura y áreas verdes (ver tabla 5).

De otro lado, el gráfico 2 muestra la marcada diferencia de ámbito entre las actividades de reuso productivas y recreativas. El 83% de los casos con actividad productiva se realiza en el ámbito periurbano, mientras que el 65% de las actividades recreativas se desarrollan en el ámbito intraurbano



Mapa 2 - Ubicación de las Experiencias Inventariadas

Queda claro que el uso de las aguas residuales está más difundido en el riego de cultivos agrícolas ubicados en zonas periurbanas, en donde es posible manejar este recurso con mayor facilidad y aceptación, incluso sin tratamiento. En cambio, en el ámbito intraurbano es más aceptable el uso de las aguas residuales en el riego de las áreas verdes que en la producción de alimentos.

3.5.5 TIPOS DE TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO

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 48% del área total regada con aguas residuales en Lima.

Tabla 7 – Ámbito de Desarrollo

Zonas	Cantidad	Porcentaje
Periurbano	20	54
Intraurbano	17	46
Total	37	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 – Tamaño de las Experiencias

Tamaño (ha)	No. Casos	Porcentaje	Ha	Porcentaje
Pequeñas (menor de 1 ha)	4	11	1	0.1
Medianas (entre 1 ha y 20 ha)	25	68	204	20.7
Grandes (mas de 20 ha)	8	21	780	79.2
Total	37	100	985	100.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 – Actividad de reuso

Tipo de actividad	No. Casos	Porcentaje	Ha	Porcentaje
Productivas (agricultura y acuicultura)	4	11	1	0.1
Recreativas (áreas verdes, campos deportivos y parques)	25	68	204	20.7
Total	37	100	985	100.0

Fuente: Elaboración propia

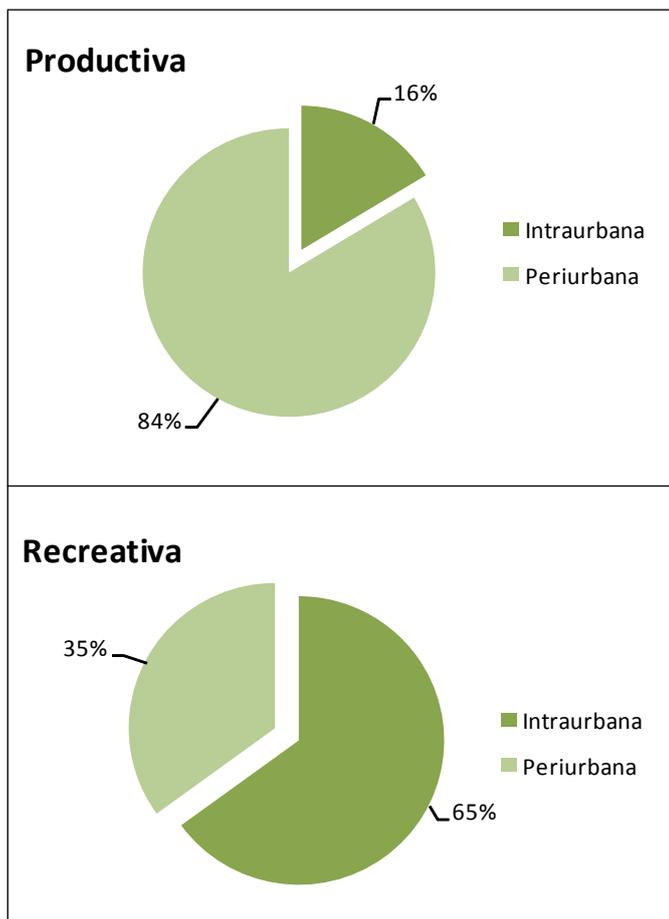


Gráfico 2 - Tipo de actividades de reuso según el ámbito

Los tipos de tecnología empleada se han agrupado en 5 categorías: lagunas de estabilización, lagunas aireadas, lodos activados, humedales artificiales y filtros percoladores.

La tabla 10 muestra el número de plantas y las áreas regadas con las tecnologías identificadas. Las lagunas de estabilización y las lagunas aireadas son utilizadas en el 58.8% de las experiencias (10 en cada caso) y riegan el 74.9% 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



Foto 5 - Planta de lagunas aireadas de Huascar

Tabla 10 – Tecnología de Tratamiento

Tecnología	Cantidad	Porcentaje	Ha	Porcentaje
Laguna de estabilización	10	29.4	111	21.5
Laguna aireada	10	29.4	276	53.4
Lodos activados	8	23.5	115	22.2
Humedal artificial	4	11.8	3	0.6
Filtro percolador	2	5.9	12	2.3
Total	34	100	517	100

Fuente: Elaboración propia

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 22.2% de la superficie total irrigada con aguas residuales. Los humedales artificiales se encuentran 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.

Se debe resaltar que el tratamiento en algunas experiencias se realiza con más de un tipo de tecnología como se puede apreciar en la tabla 5. Por ejemplo, las plantas de San Juan y Huáscar combinan lagunas aireadas, de sedimentación y de maduración. Otro caso interesante es la planta de la UNI constituida por un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) seguido por lagunas de estabilización. También se menciona el caso de Huachipa que utiliza un tanque Imhoff como tratamiento primario y luego un reservorio para el tratamiento final.

3.5.6 ACTORES RESPONSABLES DEL TRATAMIENTO

La tabla 11 muestra que 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.

Existe una importante diferencia entre los responsables del tratamiento de las aguas residuales en los ámbitos intra y periurbano. En el 88% de los casos desarrollados en el ámbito periurbano, el tratamiento es mayoritariamente asumido por el gobierno nacional, representado por SEDAPAL. Existen otros dos tipos de actores adicionales: las Organizaciones Comunitarias de



Foto 6 - Planta de lodos activados de VES

Base (OCB) y las organizaciones de agricultores y productores urbanos.

En el ámbito intraurbano la responsabilidad del tratamiento no se encuentra tan concentrada en un solo actor, ya que se han identificado 5 tipos de actores responsables: gobierno local (43% de los casos), el sector privado y los organismos académicos (19% de los casos cada uno), el gobierno nacional/regional (13%), y finalmente las OCB (6%).

Como se mostró en la tabla 11, SEDAPAL trata el agua residual que se usa para regar casi el 70% de las 514 hectáreas de reuso en Lima. En principio es SEDAPAL la institución responsable del tratamiento de las aguas residuales domésticas de Lima, por tanto la mayoría de las experiencias de reuso se han desarrollados alrededor de estas plantas ubicadas principalmente en el ámbito periurbano. Sin embargo frente a la necesidad de utilizar las aguas residuales para el riego de áreas verdes en el ámbito intraurbano, tanto los municipios como el sector privado se ha visto obligado a implementar plantas de tratamiento compactas para satisfacer sus requerimientos y sustituir el uso generalizado de aguas potable para estos fines, que significa un ahorro económico importante.

Tabla 11 – Actores responsables del tratamiento

Actor	Cantidad	Porcentaje
SEDAPAL	17	50
Municipios	7	20
Sector Privado	4	12
Otros (centros educativos, organizaciones comunitarias y agricultores)	6	18
Total	37	100

Fuente: Elaboración propia

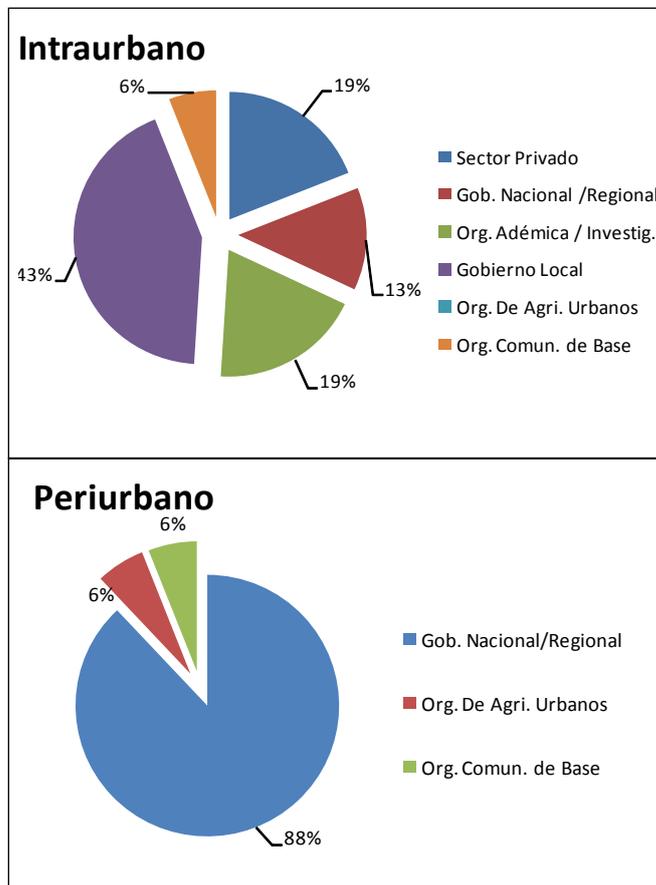


Gráfico 3 - Actores responsables del tratamiento según el ámbito

3.5.7 ACTORES RESPONSABLES DEL REUSO

En el gráfico 4 se enumeran los principales actores responsables del reuso en los ámbitos intra y peri-urbano.

Al igual que en el caso de los responsables del tratamiento, el ámbito periurbano concentra esta labor en un número reducido de actores. Con respecto a este ámbito, las organizaciones de agricultores urbanos y productores son responsables del reuso en el 65% de los casos. Por su parte, el gobierno local y nacional representan el 30% (ambos con 15%) con una mínima presencia del sector privado, con apenas una experiencia (5%).

En el ámbito intraurbano, la presencia de los actores es menos diferenciada. El gobierno local es el que mayor representatividad tiene con el 39% de los casos, cuyo reuso es destinado mayormente al riego de áreas verdes. Es importante resaltar la presencia que tienen los organismos académicos y el sector privado, ambos con 4 experiencias que abarcan el 44%, y finalmente las OCB con el 17%.

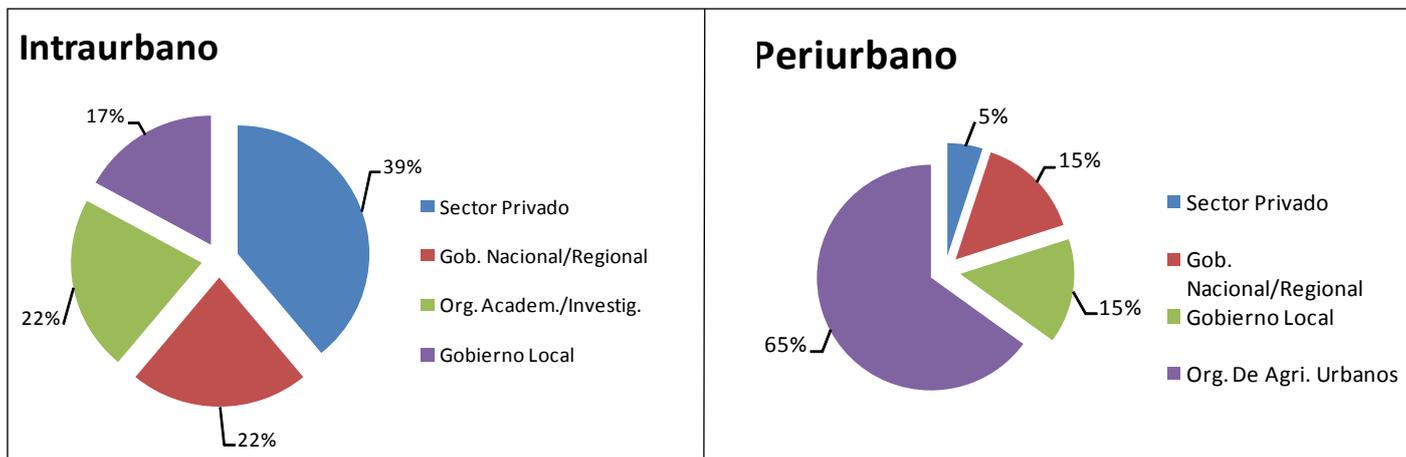


Gráfico 4 - Actores responsables del reuso según el ámbito

CARACTERIZACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS SELECCIONADAS DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES

4.1 OBJETIVO Y ALCANCE

Caracterizar los principales sistemas de tratamiento y uso de aguas residuales para agricultura urbana y enverdecimiento urbano en la Ciudad de Lima a fin de elaborar una tipología de esta práctica, para una posterior sensibilización y fortalecimiento de las capacidades de los actores involucrados.

La caracterización tiene un carácter analítico e incluye solamente las experiencias seleccionadas por la coordinación, el equipo de asesores y el equipo de investigación en el área de cobertura del proyecto, y que responden a un criterio de representatividad.

4.2 METODOLOGÍA

Etapa 1. Diseño participativo de los instrumentos para la caracterización de experiencias

Paso 1. Definición participativa de los criterios e indicadores

Se elaboró un listado de criterios e indicadores para evaluar las experiencias, que fueron discutidos con los equipos de asesores y de investigación del proyecto.

Luego se incorporaron las conclusiones emanadas de dicha discusión, y elaboró una lista definitiva de criterios e indicadores a tomar en cuenta en la evaluación de las experiencias del panorama (Ver Anexo 1).

Paso 2. Diseño participativo de la ficha para las entrevistas

Se elaboró una ficha preliminar para las entrevistas de las experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales, que contempló la evaluación de los siguientes aspectos:

- **Institucionales:** ámbito de ubicación, integración del tratamiento y el reuso, participación de actores en el tratamiento y el reuso, y capacidad de gestión y sostenibilidad.
- **Técnicos:** tamaño de la experiencia de reuso, tecnología de tratamiento del agua residual, orientación del reuso del agua residual y uso del agua tratada.
- **Ambientales y de salud:** calidad del agua reusada, riesgos y ventajas ambientales y sanitarias del reuso.
- **Económicos:** rentabilidad del sistema, capacidad económica del sistema y comercialización de los productos generados.

La ficha preliminar fue ajustada en las reuniones de trabajo con los asesores, investigadores y la coordinación hasta obtener una ficha definitiva que fue aplicada en las entrevistas (Ver Anexo 2).

Etapas 2. Selección de las experiencias

Paso 1. Selección de experiencias a ser evaluadas

Se analizó la composición del panorama inicial de experiencias (ver Tabla 5) en función a su ubicación geográfica, ámbito de desarrollo, tamaño, actividad principal de reuso, tipo de tratamiento de las aguas residuales y entidades responsables del tratamiento y el reuso.

Esta composición permitió seleccionar las experiencias más representativas que fueron evaluadas mediante entrevistas.

Paso 2. Contacto con los actores

Un primer contacto se dio a través de la comunicación telefónica con los actores responsables del tratamiento y/o reuso de las aguas residuales. Cuando fue requerido, se elaboraron cartas oficiales a las instituciones para solicitar una entrevista y/o información.

Etapas 3. Evaluación de las experiencias seleccionadas

Paso 1. Aplicación de la ficha

El equipo de investigación aplicó la ficha de evaluación por medio de **entrevistas** realizadas a las personas clave en las instituciones listadas.

La ficha fue completada (aunque es posible que algunos campos quedasen en blanco) con **información secundaria** proveniente de la revisión bibliográfica (publicaciones, folletos institucionales, etc.) y de una búsqueda específica en Internet.

Paso 2. Revisión de las fichas usadas en las entrevistas

Se revisó las fichas llenadas en las entrevistas, a fin de apreciar la consistencia y suficiencia de la información. Posteriormente, se discutieron las apreciaciones con el equipo de investigación, para aclarar o ajustar información.

Cuando no fue posible completar una parte importante de la información, se propuso una nueva entrevista con otras instituciones que pudiesen complementar la información tomada en la primera entrevista.

Paso 3. Digitalización de la información

Se digitalizó en una matriz Excel la información relevada en el trabajo de campo, conteniendo el número de experiencias evaluadas y todas las respuestas a las preguntas formuladas en la ficha de entrevista.

Paso 4. Caracterización de las experiencias

Se realizó una primera caracterización de las experiencias evaluadas. En reuniones de trabajo, se analizó la información relevada y se discutió y ajustó la metodología, el procesamiento, los resultados, las conclusiones y las recomendaciones de este informe.

Finalmente se consolidó un panorama de experiencias de tratamiento y reuso de aguas residuales para la agricultura urbana y el enverdecimiento urbano en Lima.

4.3 RESULTADOS OBTENIDOS

4.3.1 LISTA DE EXPERIENCIAS SELECCIONADAS

Tomando como base el panorama inicial presentado en el capítulo anterior, se seleccionaron 19 experiencias atendiendo una distribución balanceada en las cuatro zonas en las que se divide Lima. En la selección se consideró el ámbito de desarrollo y las actividades de reuso. La tabla 12 presenta las 19 experiencias seleccionadas.

4.3.2 UBICACIÓN DE LOS CASOS SELECCIONADOS

La ubicación geográfica de las experiencias seleccionadas se aprecia en el mapa 3 que incluye tres experiencias en la zona Centro, cuatro en la

Tabla 12 – Experiencias Seleccionadas

Nombre de la Experiencia
Áreas Verdes de Ancón
Zona Agrícola-Ecológica de Ventanilla
Zona agrícola de Oquendo regada con aguas residuales
Zona Agrícola de San Agustín
Áreas verdes UNITRAR
Áreas Verdes de Miraflores-Costa Verde
Áreas Verdes de Surco
Reuso Aguas grises domiciliario de Nievería
Zona agrícola de Huachipa regada con aguas residuales
Cementerio Jardines de la Paz
Club de Golf de la Planicie
Zona Agropecuaria de San Juan de Miraflores
Alameda de la Solidaridad
Comité de Regantes CP1 de Villa El Salvador
Comité de Regantes CP2 de Villa El Salvador
Parque Zonal Huáscar
Áreas verdes Oasis de Villa
Zona Agrícola de Pucusana
Biohuertos en Comedores Populares en 7 Zonas de VMT

Fuente: Elaboración propia

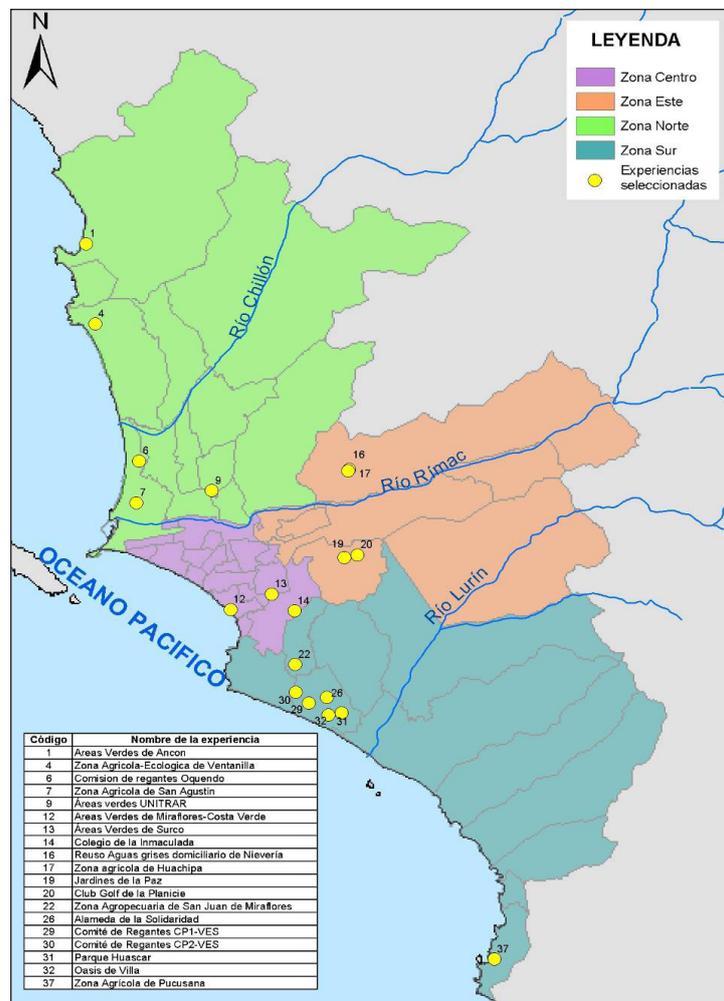
zona Este, cinco en la zona Norte y siete en la zona Sur.

4.3.3 ASPECTOS INSTITUCIONALES Y SOCIALES

Ámbito y localización de las experiencias

Como se mencionó en la tabla 7, el ámbito periurbano concentra un mayor número de experiencias que abarcan 818 ha que equivalen al 83% del total de áreas regadas con aguas residuales.

Las experiencias desarrolladas en la zona sur de Lima son producto de la disponibilidad de agua residual tratada en las Lagunas de San Juan de Miraflores que desde 1964 se descargaba en una zona árida y sin uso. Pobladores de esa zona con tradición agrícola se posesionaron en las tierras alledañas e iniciaron una importante



Mapa 3 - Ubicación de las Experiencias Seleccionadas

experiencia de agricultura regada con aguas residuales tratadas. Esta experiencia se extendió posteriormente a 600 ha de bosques y agricultura en San Juan de Miraflores y Villa El Salvador con el apoyo técnico del Programa de Protección Ambiental y Ecología Urbana del Ministerio de Vivienda y Construcción. Este reuso también abarcó el desarrollo de parques zonales como Huayna Cápac y Huáscar, que actualmente permiten una zona de esparcimiento para la población del sur de Lima.

En el caso de la zona norte, se trata de una agricultura tradicional que se desarrolló en los ex-fundos de San Agustín, Oquendo y Chuquitanta entre otros. Estas zonas agrícolas fueron progresivamente rodeadas por la ciudad y desprovistas del abastecimiento regular de agua de los ríos Rímac y Chillón, especialmente en la época de estiaje (mayo a octubre). Esta situación obligó a los agricultores a utilizar agua de río contaminada con aguas residuales (Chuquitanta y Oquendo), e incluso de los desagües de la ciudad sin tratamiento (San Agustín), especialmente en la época de estiaje. Por lo tanto es necesario implementar sistemas de tratamiento de las aguas residuales que atienda toda la demanda de esta zona con un agua de mejor calidad.

El uso de las aguas residuales en el ámbito intraurbano es más reciente y está orientado principalmente al riego de áreas verdes. Se ha estimado que actualmente se riegan 164 ha, que equivalen al 17% del área total atendida con aguas residuales.

Propósito de la experiencia

Las encuestas realizadas sobre los 19 casos seleccionados indican que el 44% de estas experiencias tienen un propósito ambiental, promovidos por las municipalidades distritales de Lima y el sector privado. La actividad más común es la generación y mantenimiento de áreas verdes como parques, jardines, bermas centrales de avenidas, campos deportivos y cementerios, entre otros. Es importante resaltar las experiencias privadas para reemplazar el riego con agua potable en áreas verdes como clubes de golf, cementerios y centros educativos, con el propósito de reducir el costo del agua que utilizan en estas áreas.

Sin embargo, el 28% de los casos manifestaron que el propósito del reuso es la generación de ingresos, vinculándose a una actividad productiva (agricultura y acuicultura).

El resto de casos (27%) fueron generados con un propósito de seguridad alimentaria y educativa. En el primer caso se trata de pequeñas experiencias de agricultura intraurbana de autoconsumo, y, en el segundo, de actividades de investigación y educativas para promover el uso eficiente del agua.

Por otro lado, también es importante indicar que el 60% de las experiencias forman parte de un **programa mayor** de los gobiernos nacional y locales para promover el uso sanitario de las aguas residuales en zonas áridas como Lima. Mientras que el resto de casos son experiencias aisladas, producto de las iniciativas espontáneas de la población y los agricultores, o promovidas por algunas instituciones privadas y ONG.

Antigüedad de la experiencia

El 74% de los casos evaluados tienen más 5 años de antigüedad, indicador de sostenibilidad de los proyectos de uso de aguas residuales en Lima. Incluso en la zona sur hay casos que datan desde 1964 y que siguen vigentes en condiciones favorables. Es importante mencionar que las primeras experiencias, como es el caso del proyecto de San Juan de Miraflores, permitieron validar los sistemas aplicados para el tratamiento y el reuso de las aguas residuales, que luego han sido promovidos en muchos países de América Latina y el resto del mundo.

Los casos más recientes (24%) 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.

Tenencia de la tierra

Los 19 casos evaluados indican que la mayor parte de las áreas utilizadas para el reuso tienen una condición de propiedad privada o comunal/municipal. En cuatro casos se tiene una situación de cesión en uso o alquiler temporal (para los casos de áreas agrícolas).

Existe un solo caso de beneficiarios del reuso que tienen una situación especial (San Agustín), en donde recibieron las tierras de una antigua hacienda en el proceso de Reforma Agraria. A ello se añade un requerimiento de expropiación para la construcción de una segunda pista de aterrizaje del aeropuerto Internacional de Lima. Por tanto es incierta la tenencia de estas tierras y si se seguirán utilizando para la agricultura en el futuro.

Actores indirectos

a. *Entidades promotoras del reuso.* Las experiencias de reuso fueron promovidas principalmente por programas del Estado, gobiernos locales y directamente por las organizaciones de agricultores. Recientemente algunas instituciones académicas y ONG's también están promoviendo esta actividad en Lima y otras partes del país.

b. *Entidades financieras del tratamiento y reuso.* Los sistemas de reuso han sido financiados directamente por las organizaciones de agricultores para los casos de actividades productivas y por los gobiernos nacional y locales para las actividades recreativas. En todos los casos el financiamiento del reuso ha contado por lo menos con la contraparte de las



Foto 7 - Área de reuso en San Juan de Miraflores

organizaciones comunales de base y agricultores usuarios. El financiamiento de los casos del sector privado han sido asumidos totalmente por las mismas empresas beneficiarias (clubes, colegios y cementerios).

La mayor parte de sistemas de tratamiento fueron financiados principalmente por el Estado, SEDAPAL y los gobiernos locales. Solo algunos casos fueron asumidos por el sector privado, como los clubes de golf, colegios y cementerios antes mencionados. Las tres grandes plantas de tratamiento del Sur de Lima fueron construidas con un préstamo japonés asumido como deuda nacional por el Estado. Proyectos de menor envergadura han sido financiados por ONG, organismos de cooperación y entidades académicas.

c. *Otros actores indirectos.* La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud es el principal actor indirecto identificado, por su función de autorización y vigilancia del uso de las aguas residuales a nivel nacional. Los gobiernos locales también tienen ingerencia indirecta en las experiencias de reuso privadas o comunales, ya que intervienen en el otorgamiento de permisos y supervisión de obras.

En los casos de las plantas de tratamiento operadas por los gobiernos locales e instituciones privadas, SEDAPAL se convierte en un actor indirecto para fines de supervisión de dicho tratamiento, al ser la empresa responsable del manejo de las aguas residuales domésticas en Lima.

Existen otros actores indirectos como los gobiernos regionales y juntas de riego que apoyan el mantenimiento de la infraestructura de riego, y las comisiones de regantes, que actúan como entes de distribución del agua de riego. SERPAR se encuentra involucrado con las áreas verdes de los parques de Lima Metropolitana.

Adicionalmente se puede citar a los comités ambientales, conformados por los pobladores vecinos a ciertas experiencias puntuales de reuso en áreas verdes (Villa El Salvador), que colaboran con el municipio en las actividades de riego y mantenimiento de dichas áreas.

Acuerdos Institucionales

Los principales acuerdos institucionales que sustentan la mayor parte de las experiencias de reuso evaluadas están relacionados con SEDAPAL y refieren a la autorización de la dotación del agua residual; y con los gobiernos regionales y locales para la ejecución de obras y riego de parques. También se identificaron algunos acuerdos con

las juntas de riego para el mantenimiento de la infraestructura de riego.

Sólo un caso evaluado reporta una autorización de DIGESA, aún cuando todos deberían de contar con este requisito. La mayor parte de las plantas de SEDAPAL tampoco cuentan con esta autorización sanitaria.

Conflictos existentes

El 68% de las experiencias evaluadas manifiestan que no tienen problemas de conflictos o litigios con terceros. Sólo un caso cita conflictos entre los usuarios por los turnos para el uso de agua y otros dos reportan el reclamo de los vecinos por el problema de olores desagradables en la zona.

También se menciona que la ejecución de obras públicas en las zonas urbanas aledañas a las parcelas agrícolas causa molestias a los agricultores, tales como la interrupción de los canales de riego. En otros casos los agricultores reciben multas injustificadas por eventuales accidentes de aniegos de calles durante el riego. También se reportaron problemas de robo y pandillaje de las poblaciones vecinas, que atentan contra la seguridad y rendimiento de las actividades agrícolas.

Problemas de manejo

Algunas experiencias de reuso evaluadas han reportado problemas de manejo, como la deficiencia en la operación de las plantas de tratamiento que generan un efluente de baja calidad sanitaria. Un caso extremo lo constituye la zona agrícola de San Agustín, en donde los agricultores se ven obligados a utilizar aguas residuales sin tratar, por la falta de agua en el río Rímac durante la época de estiaje.

Un reporte sobre el humedal artificial piloto implementado en la zona agrícola de Oquendo, indica que actualmente este sistema no se encuentra operativo, ya que no ha permitido generar el caudal necesario para el riego de las parcelas durante el turno de agua asignado. Los agricultores manifiestan que el humedal no les permite tratar el volumen necesario para el riego de todas sus parcelas. Tampoco se tienen información si la calidad sanitaria del efluente tratado es apropiada para el tipo de cultivos que riegan.

Problemas legales

Aún cuando el 79% de los casos mencionan no tener ningún problema legal, es importante mencionar que la mayor parte de las experiencias se mantienen en una situación informal, ya que la legislación nacional cuenta con una

normatividad muy limitada en este tema. Por esa misma razón la mayor parte de las experiencias tampoco cuentan con la autorización sanitaria de DIGESA.

Otro tema que merece una mención especial es el conflicto legal por tierras que ocurre en dos casos. Los agricultores de San Agustín mantienen actualmente un litigio judicial con los antiguos propietarios de la ex- hacienda con riesgo a una expropiación gubernamental para la ampliación del aeropuerto. Otro caso es el intento de venta fraudulenta de tierras agrícolas para fines urbanos, por individuos que no tienen ingerencia en esas propiedades.

4.3.4 ASPECTOS SOCIO-CULTURALES

Beneficiarios directos

Ocho casos de actividades productivas encuestados reportan una población de 314 agricultores que utilizan las aguas residuales en 653 ha agrícolas, lo que equivale a una persona por cada dos hectáreas. Este índice permite proyectar que las zonas productivas que actualmente riegan con aguas residuales en Lima benefician directamente a casi 400 agricultores, población urbana que no tendría sustento económico sin el reuso. Lo que si preocupa es que más de la mitad de estos agricultores usan el agua residuales sin tratamiento, por tanto ellos y sus familias están expuestos a un alto riesgo de infecciones gastrointestinales.

En el caso del uso de las aguas residuales en las actividades recreativas, personas involucradas directamente con la actividad, principalmente

se trata de los trabajadores encargados de los sistemas de tratamiento y el riego de las áreas verdes, sólo han reportado cinco experiencias de este tipo. Un total de 40 ha verdes son atendidas por 18 empleados, que también equivale a una persona por cada dos hectáreas. Una proyección indica que actualmente unas 115 personas trabajan directamente en el uso de las aguas residuales para el riego de parques y jardines. Si en los próximos años se lograra desarrollar en la Ciudad de Lima 2,800 ha verdes regadas exclusivamente con aguas residuales tratadas en Lima, este reuso podría generar 1,400 puestos de trabajo.

Beneficiarios indirectos

Es difícil proyectar el número de beneficiarios indirectos del uso de las aguas residuales en actividades productivas y recreativas, pues no se cuenta con información muy confiable al respecto.

En el caso de las zonas agrícolas es posible estimar que cerca de 2,000 habitantes que conforman las familias de los agricultores serían los principales beneficiados por los ingresos de esta actividad productiva. A esta cifra se debe sumar cerca de dos millones de habitantes que se benefician con el consumo de los productos generados en la actividad productiva y que representan el 20% de la población de Lima, siempre que se garantice la calidad sanitaria con el uso de un agua tratada adecuadamente.

Aceptación de los productos regados con aguas residuales

La aceptabilidad de los productos regados con aguas residuales por parte de la población consumidora no se ha podido evaluar a través de las encuestas, ya que fueron los propios productores quienes manifestaron no haber tenido ningún rechazo de sus productos en el mercado.

Probablemente esta aceptación no pueda ser manifiesta por el público consumidor debido a que la mayor parte desconoce la procedencia de los productos que compran. Sin embargo, sabemos que el mercado mayorista y especialmente los supermercados no aceptan las hortalizas provenientes de zonas agrícolas como San Agustín porque utilizan aguas residuales no tratadas. Por esa razón estos productores han cambiado sus canales de comercialización y el tipo de cultivos y que proponen la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en sus propias tierras.

4.3.5 ASPECTOS TÉCNICOS

En el reuso:

Tamaño de la experiencia y tipo de actividad

Los 37 casos identificados se desarrollan sobre 985 ha que utilizan un caudal aproximado de 1,478 l/s, equivalente al 10% de los



Foto 8 - Zona agrícola de San Agustín vecina al aeropuerto internacional de Lima

desagües recolectados en Lima, identificándose experiencias de tres tamaños:

a. *Experiencias grandes (más de 20 ha)*. Aun cuando representan solo el 21% de los casos inventariados, abarcan 780 ha que equivalen al 79.2% del área de reuso en Lima. La mayor parte de estos casos son áreas agrícolas ubicadas en el ámbito peri-urbano. Solo los casos de las Áreas verdes de Surco (50 ha) y el Club de Golf de Lima (30 ha) han implementado plantas de tratamiento exclusivamente para regar sus áreas verdes.

b. *Experiencias medianas (de 1 a 20 ha)*. Constituyen el 68% de los casos inventariados y abarcan más de 200 ha (21% del área de reuso). Dieciocho casos corresponden a las áreas verdes ubicadas dentro de la ciudad y que abarcan 124 ha, mientras que otros 10 casos están dedicados a la agricultura que ocupa el 40% restante de las tierras utilizadas para experiencias medianas que se ubican en áreas periurbanas.

c. *Experiencias pequeñas (hasta 1 ha)*. Son 4 casos que representan el 11% de los inventariados y apenas abarcan una hectárea entre todas. Se trata de experiencias piloto para el desarrollo de áreas verdes vecinales, con excepción del caso de Huachipa, que dedica 6,500 m² a la producción de gras para venta en campos.

Principales cultivos y crianzas

Como se mencionó en la tabla 9, las actividades productivas (agricultura y acuicultura) se desarrollan en 756 ha, que equivalen al 77% del área actualmente irrigada con aguas residuales en Lima.

Entre los 10 casos de reuso productivo evaluados se han identificado una variedad importante de cultivos, que pueden ser agrupados en:

- **Hortalizas:** 466 ha de apio, cebolla, rabanito, poro, tomate, camote y zapallo entre otros.
- **Forrajes:** 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.
- **Hierbas aromáticas:** dos hectáreas de toronjil, hierba luisa, culantro, perejil, hierba buena, etc.

Además, se pueden citar otros cultivos importantes como la Ponciana con 10 ha, el croto con 5 ha, el gras americano con 0.65 ha y la tilapia con 2 ha. Por último también se puede considerar como un producto comercial la misma agua residual tratada que es vendida por UNITRAR para el riego de áreas verdes municipales.

Entre los casos evaluados se encontró solo dos que reportan el cultivo de hortalizas, pero

que abarcan el 60% del área productiva total, siendo San Agustín el principal, con 456 ha de hortalizas regadas con aguas sin tratamiento previo. Estas condiciones de alto riesgo para la salud deberían cambiar en forma inmediata con la implementación de un sistema adecuado de tratamiento. Entre los cultivos más importantes figuran apio, cebolla, poro, rabanito, tomate y zapallo. La cebolla y el tomate se producen solo en el verano, mientras que los otros durante todo el año.

Cinco experiencias cultivan 148 ha de forrajes destinados principalmente al ganado vacuno que se cría en los mismos lugares. Parte de la producción obtenida en las zonas agrícolas del Sur de Lima es destinada a la alimentación de toros de lidia, caballos de paso y de pura sangre. El principal forraje es la chala y le siguen el camote forrajero y la alfalfa. Estos cultivos se producen todo el año.

Otras experiencias productivas son las zonas agrícolas de San Juan de Miraflores y Villa El Salvador Baja (CP2), que además de forrajes han desarrollado en 27 ha cultivos de plantas ornamentales regadas con aguas residuales tratadas. El caso de Oquendo ha reportado el cultivo en dos hectáreas de plantas aromáticas que son cultivadas todo el año. Otro caso interesante es el Colegio La Inmaculada, que cultiva árboles frutales como olivos, pecanos, chirimoyos, paltos, cítricos y lúcumos. La experiencia de la UNI incluye además de un vivero de plantas ornamentales para la venta, el cultivo de peces de la especie tilapia del Nilo, en estanques alimentados con los efluentes de la planta de tratamiento.

Finalmente, 10 experiencias que constituyen el 56% de casos dedicados al reuso en actividades recreativas como áreas verdes, campos deportivos y parques públicos abarcan el 23% del área total irrigada con aguas residuales. Estas experiencias manejan 116 ha de gras para jardines y otras 54



Foto 9 - Viveros en San Juan de Miraflores

ha de bosques con árboles ornamentales, tales como eucaliptos, poncianas, guarangos y molles entre los principales.

Productividad de los cultivos

La mayor parte de los casos no proporcionaron información sobre los rendimientos obtenidos en la producción de sus cultivos. Los casos de San Agustín y Oquendo indicaron los rendimientos que figuran en la tabla 13.

Es importante recalcar que estos rendimientos son en todos los casos superiores a los reportados para los mismos cultivos manejados en forma convencional con agua de río y fertilización química. Como puede apreciarse, el rendimiento del poro llega a mejorarse en un 356%. El cultivo con menor mejora de productividad es la cebolla, pero aun así tiene 36% de incremento respecto al convencional.

De otro lado, las experiencias de San Juan de Miraflores y Villa El Salvador (CP2) muestran altos rendimientos en plantas ornamentales como figuran en la tabla 14.

Es importante señalar que las zonas agrícolas del Sur antes mencionadas se encuentran en un proceso de reconversión de cultivos, ya que años atrás se dedicaban casi exclusivamente a la producción de forrajes, y ahora la tendencia es trabajar con plantas ornamentales que tienen un mejor precio en el mercado que los cultivos tradicionales. Aun cuando ambos casos riegan con aguas residuales tratadas, la opción de producir plantas ornamentales es más aceptable que productos de consumo humano.

Tipo de riego

La tabla 14 muestra el tipo de riego utilizados en los 19 casos analizada, seis de ellos con más de un tipo de riego.

Los 37 casos se desarrollan sobre 985 ha que utilizan un caudal aproximado de 1,478 l/s, aplicándose 1.50 l/s.ha de agua residual. Este

Cultivo	TM/ha	Mejora
Apio	50	336%
Poro	48	356%
Cebolla	35	136%
Tomate	50	207%
Rabanito	18	141%

Fuente: Elaboración propia

gasto excesivo está directamente relacionado con la alta disponibilidad de las aguas residuales tratadas o sin tratar, que finalmente favorece un riego por gravedad por inundación (melgas) o por surcos.

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 1 l/s, por tanto el caudal disponible de aguas residuales podría abastecer un 50% más de área actualmente regada, si se hiciera un uso más eficiente del agua. Aun mas, el uso de riego tecnificado por gravedad con multicompuertas, en etapa de prueba actualmente, permitiría reducir el gastos al 50%. Los 10 casos con riego tecnificado por aspersión y goteo principalmente en áreas verdes, permiten reducir al 35 y 20% del gasto usado por inundación. Estas últimas alternativas están siendo utilizadas recién en los últimos años, como consecuencia de las mayores limitaciones de agua disponible en la zona sur de Lima.

Si bien el 60% de los casos cuentan con agua suficiente, otros cuatro manifiestan que les falta agua y, por tanto, están optando por tipos de riegos más eficientes. Solo dos casos reportan que les sobra el agua, lo que hace suponer que seguirán usando tipos de riego por gravedad.

En el tratamiento:

Caudal de aguas residuales tratadas

Como se mencionó en el punto anterior, los 37 casos inventariados utilizan un caudal aproximado de 1,478 l/s de aguas residuales domésticas, equivalente a solo el 8% de los desagües recolectados y que provienen de alrededor de 575,000 habitantes y algo más de 115,000 viviendas de Lima Metropolitana y Callao.

Tabla 14 – Rendimiento de los principales cultivos ornamentales para venta

Cultivo	Unid/ha
Florida rosada	288,000
Clavelina	252,000
Sanguinaria amarilla	234,000
Hiedra rellena	180,000
Lantano	180,000
Ornamentales mezclados	200,000
Ponciana	5,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 – Principales tipos de riego

Cultivo	TM/ha	Mejora
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: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que 716 l/s de aguas residuales son usadas sin tratamiento, las aguas tratadas que actualmente se utilizan en Lima equivalen a 762 l/s. Sin embargo, las plantas de tratamiento que operan en la ciudad reportan un caudal de efluentes de 1,670 l/s, que comprende las plantas inventariadas para el reuso con 1,131 l/s (tabla 5) y las plantas de Carapongo y J.C. Tello que aportan 539 l/s más pero que no son reusados. Por tanto, se puede deducir que sólo el 45.6% del agua tratada se reusa, mientras que el resto se descarga al mar y los ríos. En suma, la cobertura de tratamiento en Lima apenas llega al 9% de las aguas residuales domésticas recolectadas.

Esta situación de cobertura es paradójica con el hecho de que más de 400 ha de áreas verdes en Lima son regadas con agua potable o agua de río contaminada, cuando actualmente la ciudad no abastece de agua potable a cerca de un millón de habitantes, además de tener una pobre cobertura de áreas verdes de solo 1.75 m² por habitante.

Nivel y tecnología de tratamiento

El 99% de los 1,131 l/s de agua residual tiene un tratamiento secundario. Solo dos casos de los 34 casos analizados tienen un nivel de tratamiento primario, ya que utilizan filtros percoladores para tratar 11.5 l/s, equivalentes apenas al 1% del volumen total tratado.

Los **tipos de tecnología** más empleados se han agrupado en las cinco categorías siguientes:

a. *Lagunas de estabilización.* Diez plantas con lagunas facultativas primarias y secundarias tratan 387 l/s (34% del agua tratada). Es la tecnología más antigua utilizada en Lima y que se sustenta en la excavación de lagunas de tierra sin un revestimiento especial en la mayoría de los casos. Todos estos sistemas se mantienen

operativos, aun cuando algunos tienen más de 30 años y trabajan con cargas por encima de la capacidad de diseño. Estas lagunas no utilizan equipos mecánicos de aireación ni procesos de desinfección.

Seis de estas plantas son operadas por SEDAPAL y otras cuatro por el Ministerio de Defensa, el Colegio La Inmaculada, el Centro Poblado de Nievería en Huachipa y la Universidad de Ingeniería. En este último caso se trata de un sistema combinado formado por un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAPA) seguido por dos lagunas facultativas en serie.

b. *Lagunas aireadas.* Cinco plantas construidas en los últimos 10 años tratan casi la mitad de las aguas residuales actualmente tratadas en Lima (550 l/s). En realidad consiste en un sistema combinado de lagunas aireadas iniciales, seguidas por otras lagunas de maduración. Los sistemas de aireación instalados en las primeras lagunas permiten acelerar el proceso biológico de degradación para lograr manejar un mayor caudal de agua. La mayor parte cuenta con un sistema de desinfección final, que normalmente no es activado.

Dos de las plantas fueron construidas por SEDAPAL en San Juan de Miraflores y Villa El Salvador (Huascar), en reemplazo de las antiguas lagunas de estabilización existentes. Estas plantas tratan casi 500 l/s y abastecen 10 experiencias de reuso del Cono Sur. Una planta menor de 17 l/s es operada también por SEDAPAL en San Pedro de Lurín.

Otras plantas de lagunas aireadas privadas son las instaladas en los clubes de Golf de Lima y La Planicie, que tienen una primera laguna aireada seguida por una o dos facultativas o de acabado. Se trata de un sistema de lagunas de estabilización mejorado por la aireación artificial de la primera laguna.

Existen otras dos plantas más de lagunas aireadas que no se incluyeron porque aún no están integradas al reuso. La primera ubicada en San Bartolo todavía no opera por problemas técnicos (aunque fue construida junto con las anteriores) y es la más grande de Lima por su capacidad para tratar 1,700 l/s. La otra es la planta de Carapongo que trata 515 l/s, pero sus efluentes no son reusados disponiéndose en el río Rímac.

c. *Lodos activados.* Ocho plantas fueron implementadas en Lima para tratar 178 l/s, (16% del agua residual tratada) y regar principalmente las áreas verdes dentro de la ciudad. Sin embargo, la más grande y reciente es la Planta de Puente de Piedra, operada por SEDAPAL para tratar 137 l/s que son utilizados parcialmente en el riego de 60 ha de la zona agrícola baja de Chuquitanta y



Foto 10 - Lagunas del Club de Golf La Planicie

el resto del caudal descargado al río Chillón. Otra planta muy compacta es operada también por SEDAPAL para tratar apenas un litro por segundo y regar parte de los jardines de la Sede Central de esa Empresa. También la Municipalidad de Villa María del Triunfo instaló una pequeña planta compacta que trata 2 l/s para atender la necesidad de agua de un bio-huerto comunal.

La primera planta de lodos activados fue implementada hace más de 15 años por el sector privado, para tratar 5.25 l/s que son utilizados en el riego de 10 ha de los Jardines de la Paz (cementerio).

Otra planta más reciente es la de Surco, implementada hace 9 años por la Municipalidad del mismo nombre para el riego de 50 ha de parques y jardines del distrito. Esta planta tiene la particularidad de tratar aguas del Canal Surco proveniente del río Rímac, que no son precisamente aguas residuales domésticas, pero que llegan con un nivel de contaminación fecal similar, por el arrojado de basura y descargas informales de desagües en su trayecto.

Merecen especial mención tres pequeñas plantas de lodos activados que fueron instaladas recientemente por municipalidades y que juntas tratan 15 l/s para regar las vermas centrales de



Foto 11 - Planta de lodos activados de Puente Piedra

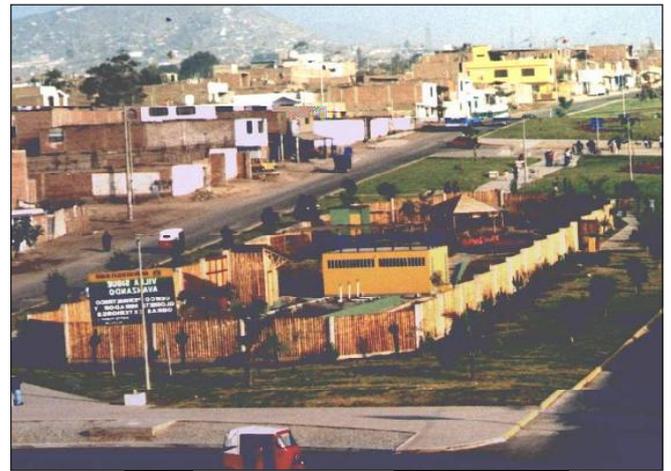


Foto 12 - Planta de la Alameda de la Solidaridad

importantes avenidas. Dos de ellas operan en Villa El Salvador en las denominadas Alamedas de la Solidaridad y la Juventud, mientras que la tercera riega un tramo de 5 ha de la verma central de la Avenida Universitaria en Carabaillo.

d. *Humedales artificiales.* Tres sistemas típicos de esta tecnología y un cuarto similar tratan 5.45 l/s para regar campos agrícolas y áreas verdes. El primero fue instalado como piloto para regar 2 ha de la zona agrícola de Oquendo y actualmente se encuentra sin uso por problemas de manejo del efluente en las parcelas. Una segunda experiencia está tratando los desagües del Colegio Estatal 1267 y su efluente es utilizado parcialmente en el riego de jardines internos del local. La tercera experiencia de mayor envergadura es la implementada por el Asentamiento Humano Oasis de Villa, que trata 3 l/s para regar su parque y campo deportivo.

El cuarto caso es un sistema de Saneamiento Ecológico implementado en un grupo de viviendas del Centro poblado de Nievería. Se trata de una tecnología conocida como ECOSAN y que promueve la separación de excretas, orina y aguas grises. Estas aguas son derivadas en cada vivienda a un lecho filtrante con plantas ornamentales que aprovecha los nutrientes a manera de micro humedales artificiales.

e. *Filtros percoladores.* Solo dos casos inventariados utilizan filtros percoladores para tratar 11.5 l/s y regar 12 ha de áreas verdes. Desde hace 15 años la Municipalidad de Miraflores implementó este sistema para regar 4 ha de los bordes del acantilado litoral de la Costa Verde, en donde antiguamente había una vegetación natural que desapareció por el descenso de la napa freática. Este proyecto ha permitido enverdecer nuevamente una franja del citado acantilado, acción que ahora otros municipios han imitado en nuevas zonas pero regadas con agua potable. La otra experiencia con filtro percolador es privada y operada por el Club de Playa La Unión para regar 8 ha de jardines con un caudal tratado de 10 l/s en el balneario de Santa Rosa.

En suma, las lagunas de estabilización y aireadas son utilizadas en el 58.8% de las experiencias y riegan el 74.9% de la superficie registrada en Lima Metropolitana y Callao.

Tamaño de las plantas

El tamaño de cada planta depende del caudal tratado, la calidad final del efluente y la tecnología utilizada. Las plantas más compactas con procesos acelerados por aireación y cortos periodos de retención normalmente requieren de menor espacio (Juanico, 2002). La tabla 15 muestra los tamaños reportados para las 14 plantas evaluadas y los requerimientos de terreno por unidad de caudal y por habitante servido.

Las cinco plantas de lagunas de estabilización reportan un total de 15.21 ha de terreno para tratar 310 l/s, lo que equivale en promedio a 1.25 m²/habitante. Este requerimiento de área fluctúa entre 0.49 y 5.09 m²/habitante, variación muy grande para sistemas similares implementados en una zona con las mismas condiciones ambientales. Por tanto, se puede asumir que el bajo requerimiento de área mostrado por las plantas de Ancón y Ventanilla se debe a que reciben un caudal mayor a su capacidad (sobrecarga) que generan un efluente de baja calidad sanitaria. Asimismo, el aparente requerimiento excesivo de terreno en la planta de Pucusana podría estar relacionado con un caudal en época de invierno cuando el balneario reduce significativamente su población que principalmente son veraneantes, o incluso que la capacidad del sistema esté proyectada para una población futura mayor.

Las tres plantas de lagunas aireadas que tratan 512 l/s abarcan 38.5 ha, por lo que estarían demandando en promedio 1.91 m²/habitante. Estas plantas muestran un requerimiento mayor que las lagunas de estabilización, lo cual no es muy lógico (Rolim, 2000). Sin embargo se debe tener en cuenta que las lagunas del Golf de La Planicie son tan extensas que podrían trabajar sin aireación artificial, pero este proceso ha sido de todas formas instalado para evitar riesgos de olores desagradables en esa zona urbana muy exclusiva.

Por otro lado, las dos plantas de San Juan de Miraflores y Huáscar operadas por SEDAPAL cuentan con extensos terrenos que no son ocupados por la misma planta, sino que están desocupados o constituyen grandes áreas verdes de separación con el entorno urbano vecino.

Las tres plantas de lodos activados reportan el uso de 1.81 ha para tratar 29 l/s, valores que establecen un promedio de 1.61 m²/habitante. También en este caso el requerimiento promedio se ha inflado por la Planta de los Jardines de la Paz, que si bien tiene una hectárea asignada para el sistema de tratamiento, en la práctica sólo

ocupa la décima parte, con lo cual se reduciría este requerimiento promedio a menos de 0.6 m²/habitante.

En el caso de los humedales artificiales se habla de 120 m² para tratar 5 l/s, lo que permitiría estimar un requerimiento de terreno de solo 0.06 m²/habitante y el más bajo de todas las tecnologías. Sin embargo, debemos entender que las experiencias locales son sistemas pilotos que aun no han validado bien sus capacidades de tratamiento, por lo que asumimos que tendrían que trabajar con caudales muy menores a los actuales para alcanzar una calidad sanitaria aceptable. Las experiencias en otros países indican que normalmente los humedales artificiales demandan más espacio que las lagunas de estabilización (CSIC, 2004). EPA recomienda que se necesita 5 m² por habitante.

Los filtros percoladores normalmente requieren poca área porque solo realizan un tratamiento primario, por tanto es aceptable el valor estimado de menos de 0.5 m²/habitante (Norma OS.090).

En suma, la información recopilada sobre las plantas de tratamiento existentes en Lima reporta que la demanda de espacio es mayor en las plantas de lagunas aireadas, seguidas por los lodos activados y en tercer lugar las lagunas de estabilización. Estos valores no son acordes con los reportados en la literatura, ya que esta atribuye una mayor demanda de espacio a las lagunas de estabilización y menor a los lodos activados, quedando las lagunas aireadas en una posición intermedia.

Parámetros de control de calidad usados

Sólo la mitad de las 19 experiencias analizadas reportan monitoreo de calidad sanitaria del agua residual que tratan. Los parámetros más evaluados son los coliformes fecales y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el 80 y 70% respectivamente de los casos que realizan controles. La mitad de estos casos también incluyen los parámetros de oxígeno disuelto y pH. Solo dos casos evalúan la presencia de parásitos humanos, aun cuando estos constituyen el principal riesgo a la salud pública.

El caudal de las aguas residuales tratadas sólo es medido en dos de los casos evaluados, información que resulta elemental para estimar la eficiencia de remoción de contaminantes en el proceso de tratamiento.

De otro lado, el 70% de los casos evaluados indican que los controles sanitarios se realizan en forma mensual. Solo dos casos reportan hacerlos cada cuatro y seis meses. Un caso manifiesta que la frecuencia es variable según el parámetro de medición, lo cual es aceptable considerando que algunos pueden y deben ser medidos con mayor frecuencia.

Tabla 16 – Tamaño de las plantas evaluadas y requerimiento de terreno

Tecnología/planta	Tamaño(m²)	Caudal (l/s)	m²/l.s	m²/hab.
Lagunas de estabilización	152,100	310.00	491	1.25
Ancón	11,500	60.00	192	0.49
UNITRAR	11,200	10.00	1,120	2.85
Ventanilla	109,400	220.00	497	1.27
Colegio Inmaculada	10,000	15.00	667	1.70
Pucusana	10,000	5.00	2,000	5.09
Lagunas aireadas	385,000	512.00	752	1.91
Golf La Planicie	20,000	15,00	1,333	3.40
San Juan de Miraflores	320,000	424.00	755	1.92
Huáscar	45,000	73.00	616	1.57
Lodos activados	18,000	29.00	631	1.61
Jardines de la Paz	10,000	5.25	1,905	4.85
Surco	8,000	17.50	457	1.16
Alameda de la Solidaridad	132	6.00	22	0.06
Humedales artificiales	120	5.00	24	0.06
Oquendo	20	2.00	10	0.03
Oasis de Villa	100	3.00	33	0.08
Filtros percoladores	200	1.50	133	0.34
Costa Verde-Miraflores	200	1.50	133	0.34

Fuente: Elaboración propia

4.3.6 ASPECTOS AMBIENTALES

Tipo de suelos

Más de la mitad de las experiencias analizadas se han desarrollado sobre suelos arenosos, típicos de zonas desérticas y cercanas al mar como las existentes en el Sur de Lima. Es importante indicar que estos suelos, normalmente muy escasos en materia orgánica, son favorecidos por el riego con aguas residuales abundantes en nutrientes básicos. Por esa razón, es evidente que durante los años transcurridos en experiencias como San Juan de Miraflores se observe un cambio importante de la textura del suelo y un incremento notable de su fertilidad, que como se discutió antes mejora la productividad agrícola muy baja en este tipo de suelos.

También se muestran cinco casos con una gama de suelos francos con un ligero predominio de arena, limo y arcilla. Estos casos se ubican en las terrazas pluviales de los ríos Rímac y Chillón. Se trata de suelos mejor conformados y más productivos, que pueden ser empobrecidos por el manejo agrícola intensivo que soportan. En ese

sentido, las aguas residuales también cumplen con proporcionar materia orgánica y nutrientes para mantener su buena fertilidad.

Tres casos (Costa Verde, Nievería y Pucusana) muestran suelos arenosos, rocosos y cascajosos, debido a que están ubicados en zonas muy cercanas a los cerros. Se trata de suelos muy limitados en fertilidad y que, por lo tanto, son favorecidos en forma significativa por el riego con aguas residuales.

Fuentes de agua

Los 37 casos inventariados utilizan un caudal aproximado de 1,793 l/s de agua, del que el 92.5% proviene de las aguas residuales domésticas. Sólo dos casos reportan el uso adicional de 315 l/s de aguas provenientes del río Rímac.

Uno de esos casos es la zona agrícola de San Agustín que utiliza en promedio un caudal de 1,000 l/s, volumen que hasta hace 40 años era captado directamente del río Rímac. Esta situación fue cambiando progresivamente por la creciente captación de agua de la Planta de Agua Potable de la Atarjea, que actualmente

deja sin agua el tramo final del río durante la época de estiaje. Por tanto, los agricultores de San Agustín captan los 1,000 l/s exclusivamente de un colector aguas residuales en época de estiaje y reemplazan 300 l/s con agua del río solo durante la época de avenida.

El caso de Surco es muy especial, ya que aun cuando se abastece de las aguas del río Rímac que llegan a ese distrito por el canal de regadío, estas llegan con un nivel de contaminación fecal similar al de las aguas residuales recolectadas por el sistema de alcantarillado, debido al vertimiento de gran cantidad de basura y desagües domésticos e industriales clandestinos en el trayecto de dicho canal. Por ello, para fines prácticos incluimos esta agua como parte de las aguas residuales que son tratadas en Lima.

Por otro lado, si bien los 19 casos evaluados reportan que los efluentes de las plantas de tratamiento de las aguas residuales domésticas son utilizadas en el riego agrícola y de áreas verdes, dos de ellos (10%) indican que una parte de estas aguas tratadas se descargan en el río y mar. Además, la Norma OS.090 establece que las plantas tengan por obligación un sistema de descarga de las aguas tratadas a un cuerpo receptor, para un adecuado manejo de los excedentes no reusados.

La cobertura de tratamiento en Lima y Callao llega apenas al 6% de las aguas residuales recolectadas, ocasionando la contaminación fecal del 70% de las verduras producidas en las zonas agrícolas periurbanas que se comercializan en Lima y de las principales playas frente a la ciudad (OPS, 2005). A ello se suman los 716 l/s de aguas residuales sin tratamiento que en la actualidad se usan directamente en el riego de hortalizas en las zonas agrícolas de San Agustín y Chorrillos (OPS, 2002).

Nivel de contaminación de los desagües domésticos

Los principales parámetros de contaminación fecal en las aguas residuales domésticas son los coliformes fecales y los parásitos humanos, debido a su alto riesgo para la salud pública por la diseminación de enfermedades entéricas.

Aun cuando sólo se ha logrado obtener información de la mitad de los casos analizados, es posible indicar que los desagües domésticos de la ciudad superan los 10 millones de coliformes fecales por 100 ml, llegando en algunos casos hasta los 200 millones. Sólo dos casos cuentan con valores menores a un millón, debido a que se generan en zonas donde se diluye el agua o se separan parcialmente las excretas.

Sólo dos casos muestran presencia de parásitos humanos, ya que es un parámetro que no se está

evaluando hasta el momento en forma obligatoria, pero los reportes históricos de diferentes partes de la ciudad indican que las aguas residuales domésticas presentan cantidades importantes de parásitos como Áscaris, Hymenoleptis nana, Giardia y Entamoeba coli (OPS, 2003). Incluso en las aguas del río Rímac contaminadas con desagües domésticos se han detectado recientemente niveles de hasta 50 parásitos por litro, cantidad que obviamente es superior en los desagües crudos (CIP, 2007).

Uno de los parámetros de contaminación muy utilizados es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), como indicador de la carga orgánica de las aguas residuales. La mitad de los casos analizados han reportado este parámetro, resaltando en los datos una diferencia muy marcada entre los desagües de la zona sur con alrededor de 500 mg/l y el resto de la ciudad con 250 mg/l. Las referencias recibidas de SEDAPAL indican que los desagües del Sur que llegan a sus plantas de tratamiento de San Juan de Miraflores y Huascar con altas concentraciones de residuos sólidos provenientes de las zonas comerciales locales, lo que ha ocasionado que se traten caudales muy por debajo de los contemplados en el diseño inicial.

Calidad sanitaria del agua residual tratada

Al igual que en el punto anterior sólo se cuenta con información sobre la calidad sanitaria de los efluentes de las plantas de tratamiento para la mitad de los casos evaluados, obtenida de fuentes secundarias (Internet, memorias de DIGESA e INEI). Desafortunadamente se trata de una información de difícil acceso porque el control de calidad es limitado o se evita hacer públicas las deficiencias de los sistemas de tratamiento. La tabla 17 muestra los niveles de coliformes fecales de los efluentes usados para riego provenientes de algunas plantas de tratamiento.

Solo las dos primeras plantas reportan 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 alcanzan niveles superiores y por tanto tendrían un uso restringido para algunos cultivos. En principio, los casos de UNITRAR y Ancón no podrían ser utilizados para el riego de áreas verdes. Se asume que el caso de Nievería con 160,000 CF/100 ml no constituye mayor riesgo por tratarse de un riego sub-superficial. En los casos de Villa El Salvador (CP2), San Juan de Miraflores, Huachipa y Ventanilla, la baja calidad de sus efluentes no afecta la calidad de los cultivos de forrajes, gras y plantas ornamentales que se realizan en dichos lugares.

Esta información permitiría asumir que el orden de eficiencia de las tecnologías utilizadas para

remover coliformes fecales sería: humedales, lodos activados, lagunas aireadas y en último lugar las lagunas de estabilización. Sin embargo, la tabla 17 no ha sido ordenada por tecnologías ya que las cifras reportadas son muy aleatorias y 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, cuando se sabe que precisamente estos sistemas poseen una alta capacidad de remoción de patógenos (Saenz, 2002). Es por lo tanto evidente que unas plantas trabajan adecuadamente, mientras que otras operan con serias deficiencias como sobrecargas y mal mantenimiento entre otras. En suma, la información disponible de ninguna manera permite comparar con propiedad la eficiencia de las tecnologías utilizadas en Lima para remover patógenos y menos aun recomendar una de ellas.

El DBO es un parámetro que debe ser tomado con mucho cuidado cuando se disponen las aguas residuales tratadas en ambientes naturales, pero no necesariamente cuando se reusan en agricultura y áreas verdes. Sin embargo, los datos reportados mantienen este parámetro como el más importante en todos los casos evaluados. Estos datos indican que el 86% de las plantas logran efluentes con menos de 100 mg/l de DBO, condición que las haría más aceptables para disponer sus aguas en cuerpos receptores. Solo el caso de la planta de Huascar reporta un DBO de 120 mg/l que como antes se ha comentado lejos de afectar beneficia las actividades de reuso.

En las experiencias evaluadas no queda muy claro que el tratamiento de las aguas residuales domésticas destinadas al reuso debe tener como objetivo principal la remoción de gérmenes patógenos humanos, representados por los coliformes fecales y helmintos, para evitar la diseminación de enfermedades de origen hídrico, y no así la remoción de la materia orgánica y los nutrientes que pueden ser aprovechados cuando se riegan las áreas verdes y agrícolas. En tal sentido, es necesario elegir aquellas tecnologías que son más eficientes para alcanzar tal objetivo, así como mantener una buena operación de las plantas para lograr los niveles de calidad requeridos según el tipo de reuso. Para ello la Organización Mundial de la Salud viene promoviendo desde 1989 las directrices para el uso de aguas residuales en agricultura, acuicultura y áreas verdes.

Impactos positivos del reuso

Las 19 experiencias analizadas indican que los impactos positivos del uso de las aguas residuales más valorados por los usuarios son los siguientes:

- 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)

Es interesante analizar que la principal percepción de los agricultores al usar aguas residuales es la reducción de fertilizantes químicos, que constituye un importante beneficio económico, ya que este rubro puede conformar hasta el 40% del costo de producción. A ello se suma que tres grupos reconocen además que las aguas residuales les permiten incrementar su productividad y por tanto obtener mayores ingresos. En seis casos los productores también entienden que la disponibilidad de agua residual les permite mantener activas las áreas agrícolas periurbanas.

Tabla 17 – Niveles de Coliformes fecales en los efluentes reusados de algunas plantas de tratamiento de Lima

Nombre de la experiencia	C. 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: Elaboración propia

Directrices Sanitarias de la OMS para Reuso

Reuso	Nemátodos	C. Fecales
Rirego Restringido - Forestación - Cereales - Industriales - Frutales y - Forrajes	< 1 Huevo/ litro	Sin aplicación
Riego Irrestringido - Cultivos de consumo crudo - Piscicultura - Campos deportivos - Parques públicos	< 1 huevo/ litro	= <1000/ 100 ml

En cambio, la mejora de la calidad sanitaria del agua residual lograda por un tratamiento previo todavía no constituye un aspecto importante para ellos, aun cuando repercute directamente en la calidad de sus productos. Solo los agricultores de San Agustín han sido emplazados a utilizar aguas tratadas para que sus productos sean aceptados con mejores precios en el mercado.

Por otro lado, las comunidades involucradas en 13 casos reconocen muy claramente el beneficio de usar las aguas residuales tratadas para poder incorporar nuevas áreas verdes, situación que es más difícil cuando se propone el riego con agua potable normalmente escasa y costosa en la ciudad.

Impactos negativos del reuso

La evacuación de los 19 casos también ha permitido conocer algunos de los impactos negativos que logran reconocer los usuarios de las aguas residuales, aun cuando el 68% manifiesta que no existen estos impactos por defender el reuso que practican. En cinco casos se consiguió reconocer que el principal impacto es el olor desagradable de las aguas residuales, especialmente en las plantas de tratamiento con deficiencias operativas y de mantenimiento. Solo dos casos reportan la presencia de vectores, tales como zancudos y roedores.

4.3.7 ASPECTOS ECONÓMICOS

En muchos casos evaluados las personas entrevistadas no tenían acceso a la información económica o esta simplemente no estaba registrada, por tanto podemos decir que el levantamiento de información sobre los aspectos económicos ha sido difícil y poco confiable. Aun así se presentan los resultados encontrados con la intención de que puedan ilustrar con algunas metodologías de evaluación y tendencias para promover la discusión sobre el tema y los aparentes vacíos de información existentes.

Valor económico del reuso

Teniendo en cuenta los principales grupos de cultivos descritos en el punto 3.2, se ha elaborado la tabla 18 con los promedios ponderados de productividad, costo de producción, precios de venta e ingresos por hectárea obtenidos en las encuestas. La tabla incluye también otros cultivos especiales como gras americano, poncianas, tilapia y la misma agua residual tratada que se comercializa en UNITRAR.

Los costos de producción más bajos corresponden a los cultivos de forrajes y plantas aromáticas, ya que se trata de experiencias que desde hace mucho tiempo descubrieron que las aguas residuales aportan suficientes nutrientes para los cultivos "verdes" y por tanto no tienen que aplicar fertilizantes químicos. En cambio, en lugares como San Agustín se mantiene costos de producción altos porque siembran hortalizas en forma tradicional, utilizando gran cantidad de fertilizantes químicos para lograr la máxima productividad. El costo de producción de las plantas ornamentales es más alto, debido a que estos cultivos se trabajan en viveros y se manejan por unidades. También es importante mencionar que el costo de producción de la tilapia es muy bajo, en comparación con las granjas convencionales, porque en este caso no se utiliza alimento artificial que representa el 70% del costo.

Los productos con los precios más bajos en el mercado local siguen siendo los forrajes, razón por la que los productores están migrando a otros cultivos de mejor beneficio como las plantas ornamentales y especialmente las poncianas. El gras americano no es un cultivo muy difundido en la zonas de reuso, salvo el caso de Huachipa. El producto de mayor precio es la tilapia, pero no necesariamente es un cultivo muy difundido porque implica una inversión en la construcción de estanques.

Los forrajes son los cultivos con más baja relación costo/beneficio (1.24), pero aun así son los más trabajados con aguas residuales porque implican una inversión mínima para la buena productividad que se obtiene. Sin embargo, algunos productores están sustituyendo estos cultivos por otros más rentables, ya que existen algunos productos como el gras y las hierbas aromáticas que tienen una relación costo/beneficio bastante elevada. Las hortalizas mantienen en general una buena rentabilidad de 3 a 1 pero desafortunadamente son cultivadas con aguas residuales de mala calidad o no tratadas, por lo que se asume que en un futuro serán erradicados a menos que se implementen sistemas de tratamiento. En estas circunstancias la tilapia puede aprovechar los reservorios de tratamiento que se instalen y lograr un interesante rendimiento económico adicional (2.8). Las poncianas también es un

Tabla 18 – Evaluación económica del reuso productivo de las aguas residuales en Lima

Grupos de cultivos	Productividad (kg ó und./ha)	Costo prod. (US\$/ha)	Precio (US\$/kg o und.)	Ingresos (US\$/ha)	Relación B/C
Hortalizas	41,000	1,800	0.14	5,740	3.19
Forrajes (chala)	28,000	410	0.02	510	1.24
Ornamentales	210,000	14,000	0.12	25,200	1.80
Hierbas aromáticas	14,000	300	0.14	1,960	6.53
Gras americano (m ²)	8,000	800	0.78	6,240	7.80
Poncianas	5,000	2,350	0.92	4,600	1.96
Tilapia	4,200	2,400	1.60	6,720	2.80
Agua tratada (m ³)	121,000	9,680	0.32	38,720	4.00

Fuente: Elaboración propia

cultivo que esta creciendo rápidamente en el Sur porque logra un beneficio de 2 a 1 sin invertir demasiado, como ocurre con los cultivos de plantas ornamentales.

Por último, tanto SEDAPAL como los demás operadores de plantas de tratamiento deben reflexionar sobre la posibilidad de vender el agua residual tratada a las municipalidades, ya que puede constituir una opción económica interesante toda vez que permite una relación costo/beneficio de 4 y que puede ser mayor dependiendo de la tecnología aplicada para el tratamiento.

En el tratamiento:

Costo de Inversión para el tratamiento de las aguas residuales

Si bien se analizaron 19 experiencias sólo se logró obtener información sobre el costo total de inversión en 11 de ellas. De estos datos se ha deducido el costo de inversión por habitante que se muestra en la tabla 19.

Según la tabla 19, el mayor costo de inversión para tratar las aguas residuales domésticas ha sido de US\$ 246/habitante y corresponde a la Planta de Tratamiento de Huascar en Villa El Salvador. Le sigue de cerca la Planta de San Juan de Miraflores con US\$ 182/hab, ambas implementadas con la misma tecnología de lagunas aireadas. 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 cerca de US\$ 1,500 millones.

En contraposición se ha estimado que las lagunas de estabilización constituyen la tecnología de más bajo costo, aun cuando requieran mayor área de terreno. La misma tabla cita el caso del Colegio La Inmaculada que ha logrado un costo de inversión de apenas US\$ 6/habitante.

Otras plantas como UNITRAR, que combina las lagunas con un reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA) han elevado el costo de inversión a US\$ 43/habitante, valores que son similares al de las plantas de lodos activados que luego comentaremos. Asumiendo para lagunas de estabilización un costo promedio de US\$ 19/habitante, la inversión de SEDAPAL para tratar todas las aguas de Lima sería de US\$ 150 millones, monto que sólo re presentaría el 10% 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 más alejadas de la ciudad, como es el caso de San Bartolo.

Los sistemas de lodos activados evaluadas reportan costos de inversión que fluctúan entre US\$ 34 y 88/habitante en los casos de las plantas municipales de la Alameda de la Solidaridad y de Surco respectivamente. Estas cifras permiten confirmar que están dentro del promedio de US\$ 70/habitante reportado por la literatura internacional (Arceivala, 1981) . Aplicando esta alternativa tecnológica SEDAPAL requeriría una inversión de US\$ 560 millones para tratar las aguas de la ciudad, un tercio de 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.

Es importante indicar que los casos de filtro percolador y humedal artificial también han reportado costos de inversión tan bajos como US\$ 13 y 10/habitante para los casos de Costa Verde y Oasis de Villa respectivamente. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los filtros percoladores permiten un tratamiento sólo

Tabla 19 – Costo de inversión de algunas plantas de tratamiento de Lima

Tecnología/planta	Caudal tratados (l/s)	Población de aporte	Inversión (US\$)	Costo inv. (US\$/hab)
Lagunas de estabilización	23.10	9,257	175,000	19
Colegio Inmaculada	15.00	5,838	36,000	6
Huachipa (Imhoff+reserv.)	0.60	500	14,000	28
UNITRAR (RAFA+lagunas)	7.50	2,919	125,000	43
Lagunas aireadas	497.00	193,427	37,000,000	191
San Juan de Miraflores	424.00	165,016	30,000,000	182
Huáscar	73.00	28411	7,000,000	246
Lodos activados	28.75	11,189	780,000	70
Alameda de la Solidaridad	6.00	2,335	80,000	34
Jardines de la Paz	5,25	2,043	100,000	49
Surco	15.50	6,811	600,000	88
Humedales artificiales	3.20	1,468	50,300	34
Oasis de Villa	3.00	1,168	11,900	10
Nievería (Acuasan)	0.20	300	38,400	128
Filtros percoladores	2.00	778	10,000	13
Costa Verde-Miraflores	2.00	778	10,000	13

Fuente: Elaboración propia

primario y 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. Es el caso de Costa Verde que riega el acantilado, pero no del campo deportivo del Oasis de Villa.

Llama la atención el alto costo de inversión de US\$ 128/habitante reportado para la implementación del sistema ACUASAN en Nievería. Asumimos que este alto costo está relacionado con experiencias pilotos en proceso que demandan gastos especiales de evaluación.

Costo de tratamiento (US\$/m³)

Los costos de tratamiento son estimados principalmente de los gastos anuales de operación y mantenimiento de las plantas, por tanto se requiere obtener una información muy precisa para evaluar con confianza la situación que actualmente existe en Lima. Desafortunadamente se ha tenido mucha dificultad para obtener toda la información. Asimismo, existe una cultura de descuido en la operación y mantenimiento de los sistemas, que podría arrojar una cifra de bajo costo falsa. De todas formas se quiere hacer un ejercicio preliminar con los datos que se muestran en la tabla 19.

Los costos de tratamiento de las plantas analizadas fluctúan entre US\$ 0.01 y 0.14 por metro cúbico de agua residual, gran diferencia que bien podría

atribuirse al tipo de tecnología utilizada, pero que en la práctica está mejor explicada por la falta de incorporación de algunos costos básicos, ya que en general muchas de las cifras reportadas son bajas, como el caso de Nievería en donde no se contabiliza el costo de operación que realizan los propios usuarios.

En el caso de las lagunas de estabilización del Colegio La Inmaculada se reporta un costo de tratamiento de US\$ 0.04/m³. De igual forma citamos el costo de US\$ 0.14/m³ de la Planta de lodos activados de los Jardines de la Paz, en donde sabemos que la energía, mantenimiento de los equipos de aireación y el sistema de desinfección adicional eleva significativamente estos costos.

Valor del agua residual tratada

En el Perú el Ministerio de Agricultura es quien establece las tarifas y recaba el pago por el agua utilizada en la agricultura, a través de los Distritos de Riego y las Juntas de Usuarios existentes en cada zona de producción agraria. Esta tarifa incluye exclusivamente los gastos de operación y mantenimiento de los sistemas de irrigación y si bien varía según el lugar, en general es una cuota muy baja. Por ejemplo, los agricultores de Huachipa pagan una tarifa de US\$ 72/ha/año para un gasto estimado de 2,000 m³ por año.

Tabla 20 – Costo de tratamiento en algunas plantas de Lima

Tecnología/planta	L/s tratados	Población de aporte	Operación y mantenim. (US\$/año)	Costo de tratamiento (US\$/m ³)
Lagunas de estabilización	23.10	9,257	36,650	0.05
Colegio Inmaculada	15.00	5,838	16,800	0.04
Huachipa (Imhoff+reserv.)	0.60	500	1,100	0.06
UNITRAR (RAFA+lagunas)	7.50	2,919	18,750	0.08
Lagunas aireadas	497.00	193,427	780,000	0.05
San Juan de Miraflores	424.00	165,016	640,000	0.05
Huáscar	73.00	28411	140,000	0.06
Lodos activados	28.75	11,189	34,440	0.10
Alameda de la Solidaridad	6.00	2,335	11,440	0.06
Jardines de la Paz	5,25	2,043	23,000	0.14
Humedales artificiales	5.20	2,246	3,567	0.02
Oquendo	2.00	778	1,450	0.02
Oasis de Villa	3.00	1,168	2,063	0.02
Nievería (Acuasan)	0.20	300	54(*)	0.01
Filtros percoladores	2.00	778	7,500	0.12
Costa Verde-Miraflores	2.00	778	7,500	0.12

Fuente: Elaboración propia. (*)la O&M son asumidos por los propias familias

En aquellos lugares donde se utilizan las aguas residuales nunca se han incluido los costos de tratamiento en la tarifa establecida para los agricultores, aun cuando la calidad de sus productos depende de la buena operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento a cargo de las empresas de agua o las municipalidades. Por tanto, aún no se puede afirmar que en el país exista un precio del agua residual para la agricultura.

Teniendo como única referencia el precio del agua residual tratada de US\$ 0.16/m³ que cobra UNITRAR a las municipalidades, es posible estimar una relación costo/beneficio del agua residual tratada en algunas plantas de Lima y que se muestran en la tabla 21.

El bajo costo de tratamiento logrado en la Planta de lagunas de estabilización del Colegio La Inmaculada ha permitido que esa experiencia muestre la relación beneficio/costo más alta de todas las experiencias analizadas (4.5). En cambio, la planta de lodos activados de los Jardines de la Paz apenas alcanza un valor de 1.15, que puede no ser considerada interesante para el negocio de vender el agua tratada, pero que les permite el auto sostenimiento del sistema. En general, las lagunas de estabilización y las aireadas reportan una relación costo/

beneficio superior a 3, mientras que este valor en las plantas de lodos activados es de 1.65 por sus mayores costos de energía e insumos requeridos. Preferimos no hacer comentarios sobre los aparentemente altos valores deducidos para los humedales artificiales, ya que se trata de una tecnología en proceso de evaluación que aun no tiene definidos sus costos de operación y mantenimiento.

Otra forma de evaluar los beneficios económicos del uso de las aguas residuales tratadas es a través del ahorro por reemplazar el agua potable, comúnmente usada para el riego de las áreas verdes urbanas de Lima. Existe una tarifa diferencial que cobra SEDAPAL a las municipalidades, entidades privadas y viviendas particulares que riegan sus áreas verdes. En los dos últimos casos el costo es más alto que el otorgado a los municipios, ya que están sujetos a una escala de tarifas ascendentes cuanto mayor es el gasto mensual de agua. Por esa razón muchas instituciones privadas como clubes de golf, colegios y cementerios han optado por tratar y usar las aguas residuales locales para reducir sus costos de agua para riego. La tabla 21 muestra el ahorro que tienen diversas municipalidades, dependencias públicas y entidades privadas al haber reemplazado el agua potable por agua residual tratada para el riego de sus áreas verdes. La tarifa de agua potable

Tabla 21 – Relación beneficio/costo del agua residual tratada en algunas plantas de Lima

Tecnología/planta	Costo de tratamiento (US\$/m ³)	Precio * (US\$/m ²)	Relación B/C	Utilidad potencial (US\$/año)
Lagunas de estabilización	0.05	0.16	3.18	
Colegio Inmaculada	0.04	0.16	4.51	58,666
Huachipa (Imhoff+reserv.)	0.06	0.16	2.75	1,927
UNITRAR (RAFA+lagunas)	0.08	0.16	2.02	19,093
Lagunas aireadas	0.05	0.16	3.22	
San Juan de Miraflores	0.05	0.16	3.34	1,499,402
Huáscar	0.06	0.16	2.63	228,340
Lodos activados	0.10	0.16	1.65	
Alameda de la Solidaridad	0.06	0.16	2.65	18,835
Jardines de la Paz	0.14	0.16	1.15	3,490
Humedales artificiales	0.02	0.16	7.36	
Oquendo	0.02	0.16	6.96	8,642
Oasis de Villa	0.02	0.16	7.34	13,074
Nievería (Acuasan)	0.01	0.16	18.69	955
Filtros percoladores	0.12	0.16	1.35	
Costa Verde-Miraflores	0.12	0.16	1.35	2,592

Fuente: Elaboración propia. (*) Precio de referencia de US\$ 0.16 en UNITRAR

Tabla 22 – Ahorro por uso de aguas residuales

Área de reuso	Gasto de agua (m ³ /año)	Pago anterior agua potable (US\$/año)	Costo actual (US\$/año)	Ahorro (US\$/año)	
Colegio Inmaculada (*)	473,000	305,187	16,800	288,387	94%
UNITRAR (RAFA+lagunas)	237,000	76,297	18,750	57,547	75%
Parque Huayna Capac	631,000	203,458	30,189	173,269	85%
Parque Huáscar	757,000	244,150	46,027	198,122	81%
Alameda de la Solidaridad	189,000	61,037	11,440	49,597	81%
Jardines de la Paz (*)	166,000	106,815	23,000	83,815	78%
Oasis de Villa	95,000	30,519	2,063	28,456	93%
Costa Verde-Miraflores	63,000	20,346	7,500	12,846	63%

Fuente: Elaboración propia. (*) Tarifa comercial = US\$ 0.64/m³

asumida para los municipios es de US\$ 0.32/m³, cifra que se ha duplicado para las instituciones comerciales privadas.

Como se puede observar en la tabla 22, el ahorro por costo de agua fluctúa entre el 63 y 94% según la tecnología utilizada para el tratamiento y la tarifa diferencial de agua potable que se pagaba antes de usar las aguas residuales. Nuevamente la planta del colegio La Inmaculada muestra que el gasto actual es solo el 6% del que tenía esa institución cuando utilizaba agua potable.

En el caso de la planta de lodos activados de los Jardines de la Paz, si bien se discutió en el punto anterior que no sería tan interesante como negocio de venta de agua, con este análisis se demuestra que su mayor beneficio es reducir el costo de riego de sus áreas verdes al 63% de lo que hubiese gastado utilizando agua potable.

COMENTARIOS FINALES

Entre los principales comentarios se pueden citar los siguientes:

- Los 37 casos analizados en Lima Metropolitana y Callao se desarrollan sobre 985 ha que utilizan un caudal aproximado de 1,478 l/s, equivalente a solo el 8% de los desagües recolectados y que provienen de alrededor de 575,000 habitantes y algo más de 115,000 viviendas de Lima y Callao.
- El 54% de las experiencias identificadas se desarrollan dentro del ámbito periurbano y abarcan 818 ha que equivalen al 83% de las áreas regadas con aguas residuales. En este ámbito es posible manejar este recurso con mayor facilidad y aceptación, incluso sin tratamiento. En cambio, en el ámbito intraurbano es más aceptable el uso de las aguas residuales en el riego de las áreas verdes que en la producción de alimentos. 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.
- Casi la mitad de las experiencias (17) se ubican en la zona Sur de Lima, en donde se realizó la primera experiencia de reuso iniciado en 1964 y que luego se extendió a 600 ha de bosques y agricultura en San Juan de Miraflores y Villa El Salvador, incluyendo los parques zonales de Huayna Cápac y Huáscar. Estas experiencias se han extendido luego en la zona Norte (9) en áreas agrícolas tradicionales que fueron rodeadas por la ciudad y desprovistas del abastecimiento regular de agua de río, requerimiento que fue parcialmente reemplazado por las aguas residuales. Recientemente las zonas Este y Centro de Lima han incorporado 6 y 5 experiencias respectivamente, que por limitaciones de espacio son más pequeñas y orientadas al riego de áreas verdes.
- 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. El resto de plantas de tratamiento son manejadas por los gobiernos locales (20%), el sector privado (12%) y los centros educativos y organizaciones comunitarias de pobladores y agricultores (18%). Los responsables del tratamiento en el ámbito periurbano son principalmente las organizaciones de agricultores urbanos y productores, mientras que en el ámbito intraurbano los gobiernos locales tienen mayor representatividad. La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio

de Salud es el principal actor indirecto por su función de autorización y vigilancia del uso de las aguas residuales a nivel nacional.

- En el caso de las zonas agrícolas es posible estimar que cerca de 2,000 habitantes que conforman las familias de los agricultores serían los principales beneficiados por los ingresos de esta actividad productiva. A esta cifra se debe sumar cerca de dos millones de habitantes que se benefician con el consumo de los productos generados en la actividad productiva y que representan el 20% de la población de Lima, siempre que se garantice la calidad sanitaria con el uso de un agua tratada adecuadamente.
- 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. Se han identificado una variedad importante de cultivos, que pueden ser agrupados en hortalizas, forrajes, plantas ornamentales, árboles frutales y hierbas aromáticas. Además también se pueden citar otros cultivos importantes como ponciana, croto, gras americano y tilapia. Por último también se puede considerar como un producto comercial la misma agua residual tratada que es vendida para el riego de áreas verdes municipales. Un número mayor de casos (59%) están dedicados al reuso en actividades recreativas como áreas verdes, campos deportivos y parques públicos, que sólo abarcan el 20% del área total irrigada con las aguas residuales.
- Los forrajes son los cultivos con más baja relación costo/beneficio (1.24), pero aun así son los más trabajados con aguas residuales porque implican una inversión mínima para la buena productividad que se obtiene. Sin embargo, algunos productores están sustituyendo estos cultivos por otros más rentables, ya que existen algunos productos como el gras y las hierbas aromáticas que tienen una relación beneficio/costo bastante elevada. Las hortalizas mantienen en general una buena rentabilidad de 3 a 1 pero desafortunadamente son cultivadas con aguas residuales de mala calidad o no tratadas, por lo que se asume que en un futuro serán erradicados a menos que se implementen sistemas de tratamiento. En estas circunstancias la tilapia puede aprovechar los reservorios de tratamiento que se instalen y lograr un rendimiento económico adicional interesante (2.8). Las poncianas también es un cultivo que está creciendo rápidamente en el Sur porque logra un beneficio de 2 a 1 sin invertir demasiado, a diferencia de los cultivos de plantas ornamentales que muestran menor beneficio (1.8).
- De las 37 experiencias analizadas, tres casos riegan hortalizas con 716 l/s de agua sin tratar en el 40% del área total regada con aguas residuales en Lima. Los otros 34 reusan 762 l/s de agua residual con algún tipo de tratamiento. Sin embargo, las plantas de tratamiento que operan en la ciudad reportan un caudal de efluentes de 1,670 l/s, por tanto se puede deducir que el 65.6% del agua tratada se reusa, y el resto se descarga al mar y los ríos. En suma, la cobertura de tratamiento en Lima apenas llega al 9% de las aguas residuales domésticas recolectadas.
- De estas cifras también se deduce que actualmente se aplica 1.50 l/s/ha, que puede ser considerado como un gasto excesivo favorecido por la alta disponibilidad de las aguas residuales tratadas o sin tratar para aplicar un riego por gravedad por inundación (melgas) o surcos. 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 50% más de área actualmente regada, si se hiciera un uso más eficiente del agua.
- 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 información recopilada sobre las plantas de tratamiento existentes en Lima muestra que la demanda de espacio es mayor en las plantas de lagunas aireadas (1.91 m²/habitante), seguidas por los lodos activados (1.61 m²/habitante) y las lagunas de estabilización en tercer lugar (1.25 m²/habitante). Estos valores no son acordes con los reportados en la literatura, ya que esta atribuye una mayor demanda de espacio a las lagunas de estabilización y menor a los lodos activados, quedando las lagunas aireadas en una posición intermedia. Por tanto,

se recomienda recabar una información más precisa sobre las características de las plantas para hacer una evaluación más confiable.

- El mayor costo de inversión para tratar las aguas residuales domésticas en Lima ha sido de US\$ 191/habitante y corresponde a las plantas de tratamiento de lagunas aireadas de San Juan de Miraflores y Huascar construidas al Sur de Lima, por lo que se deduce que SEDAPAL requeriría invertir cerca de US\$ 1,500 millones para tratar las aguas residuales de todo Lima con esta tecnología. En contraposición se ha estimado que las lagunas de estabilización constituyen la tecnología de más bajo costo (US\$ 19/habitante), por lo que en este caso la inversión de SEDAPAL sería de US\$ 150 millones, monto que sólo representaría el 10% de la alternativa anterior. Sin embargo es necesario reconocer que sería difícil encontrar la cantidad de terreno requerido, a menos que se decida invertir para trasladar las aguas a zonas desérticas cercanas a la ciudad. Los sistemas de lodos activados reportan costos de inversión de US\$ 70/habitante, por lo que

aplicando esta alternativa tecnológica SEDAPAL requeriría una inversión de US\$ 560 millones para tratar las aguas de la ciudad, un tercio de 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.

- Sólo se ha logrado información sobre la calidad sanitaria de los efluentes de las plantas de tratamiento en la mitad de los casos evaluados, datos que además fueron obtenidos de fuentes secundarias. Sólo dos de las plantas evaluadas reportaron 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 alcanzan niveles superiores y por tanto tendrían un uso restringido para algunos cultivos en el caso de las zonas agrícolas, y al público en el caso de las áreas verdes.

ANEXOS

Anexo 1. Criterios e indicadores para la evaluación de experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales

No	Aspectos y criterios generales	Indicador para la tipología	Indicador para el panorama	
1.0	Institucionales			
1.1	Ámbito de ubicación del sistema	Intraurbano	Ubicación dentro o fuera de la zona urbana	
		Periurbano		
		Responsables del sistema		Responsable del tratamiento
		Promotor y financista		Responsable del reuso
1.2	Participación de actores en el tratamiento y el reuso	Mapa de actores	Relación de actores directos e indirectos	
		Conflictos existentes	Relación de conflictos y actores involucrados	
		Acuerdos y alianzas	Lista de acuerdos y actores	
1.3	Capacidad de gestión y sostenibilidad	Propósito del proyecto	Ambiental, generación de ingresos, seguridad alimentaria, educación, etc.	
		Respaldo institucional	¿Es parte de un programa de mayor envergadura?	
		Situación tenencia de la tierra	Precarios, concesionarios, propietarios, en trámite	
		Modalidad organizativa	empresa, asociación, etc.	
		Antigüedad	Fecha de inicio	
		Problemas legales	Formalidad, cultivos prohibidos, calidad, etc.	
		Problemas de sostenibilidad	Factores legales, sociales económicos	
		Capacidad de crecimiento	Planes y recursos	
2.0	Técnicos			
2.1	Tamaño de la experiencia de reuso	Extensión del terreno disponible	Número de hectáreas usadas y disponibles	
		Población involucrada	Viviendas con desagüe	
2.2	Tecnología de tratamiento del agua residual	Idoneidad de la tecnología de tratamiento	Personas que reusan	
2.3	Orientación del reuso del agua residual	Actividades del reuso	Tratamiento primario, lagunas de estabilización, lodos activados, desinfección.	
		Capacidad de uso del suelo	Agricultura, acuicultura, forestación, áreas verdes	
		Efectos de la estacionalidad	Tipo de suelo eriazo, agrícola, arenoso, etc.	
		Productividad agrícola	Cultivos en épocas de frío y calor	
2.4	Uso eficiente del agua tratada	Disponibilidad de agua	Cultivos y rendimientos	
			Caudal actual y potencial de agua residual	
			Otras fuentes de agua: de río o subterránea	
		Demanda de agua	Falta o sobra agua en función a cultivo y área	
		Tipo de riego	Tipo de riego por gravedad o tecnificado	

3.0	Económicos		
3.1	Rentabilidad del sistema	Costo del tratamiento	Costo por m3 de agua tratada
		Productividad del reuso	Volumen, costos e ingresos por cultivos
		Rentabilidad del sistema	VAN, TIR y B/C
		Otros beneficios del reuso	Disponibilidad de agua, aporte de fertilizante, mayor producción
3.2	Capacidad económica del sistema	Presupuesto operativo	Presupuesto asignado
		Participación en el costo del agua	Quiénes pagan el costo de tratamiento
3.3	Comercialización de los productos generados	Aceptabilidad de los productos	Productos, mercados y precios comparativos
4.0	Ambientales y salud		
4.1	Calidad del agua reusada	Niveles de contaminación	Niveles de CF, parásitos, sólidos y DBO
		Control de la calidad	Programa de monitoreo: parámetros y frecuencia
4.2	Riesgos ambientales y sanitarios del reuso	Impactos negativos	Riesgos de contaminación al agua, suelo y productos
4.3	Ventajas ambientales y sanitarias del reuso	Impactos positivos	Reducción de la descarga de desagües
		Balance de impactos	Cuantificación de impactos positivos vs. Negativos

Anexo 2. Criterios e indicadores para la evaluación de experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales

1	NOMBRE DEL PROYECTO				Fecha de Inicio					
2	FUENTE DE INFORMACIÓN									
	Funcionario				Entidad					
3	UBICACIÓN									
	Dirección									
	Teléfono									
	Ámbito		Intraurbano			Periurbano				
	Tenencia de Tierra		Precario		Concesionario		Propietario		En trámite	
4	TAMAÑO Y PROPÓSITO DEL PROYECTO DE REHUSO									
	No. de hectáreas totales:									
	No. de hectáreas actualmente usadas:									
	No. de hectáreas NO usadas actualmente:									
	No. de personas que participan en el reuso									
	Mejora Ambiental		Generación de ingresos		Seguridad Alimentaria		Educación		Otro	
	¿El Proyecto forma parte de una experiencia mayor?									
5	TIPO DE SUELO: (% de arcilloso, limoso, arenoso, pedregoso, franco)									
					%				%	

6	DEMANDA DE AGUA							
	¿Falta agua?:		Caudal (L/s):		¿Sobra agua?:		Caudal (L/s):	
7	AGUA RESIDUAL							
	¿Se trata el agua antes de reusarla?:							
	Caudal actual (L/s):		Caudal futuro (L/s):		Año:			
8	OTRAS FUENTES DE AGUA							
	De río:		Caudal (L/s):		Subterránea:		Caudal (L/s):	Otra:
9	TIPO DE RIEGO							
	Por gravedad:		Por melgas		Por surcos			
	Tecnificado		Aspersión		Por goteo			
10	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES							
	No. de viviendas con desagüe recolectado por el sistema:							
	Nivel de tratamiento:		Primario			Secundario		
	Lag de estabilización		Lagunas aireadas		Lodos activados		Desinfección	Otro
	No. de hectáreas usadas actualmente para el tratamiento:							
	Inversión realizada para el tratamiento (S/.):							
	Presupuesto operativo anual (S/.):				¿Quién lo asume?			
	Costo del tratamiento (S./m ³):				¿Se paga el reuso?			
11	CALIDAD DEL AGUA							
	Del crudo:	DBO:		Coliformes fecales/100 ml		Parásitos/l		
	Del efluente:	DBO:		Coliformes fecales/100 ml		Parásitos/l		
	¿Qué parámetros se controlan?:			¿Con qué frecuencia?:				
12	IMPACTOS AMBIENTALES							
	¿Qué problema ambiental ha generado el proyecto?							
	¿Hay problemas de contaminación?		Suelo		Agua de Pozo		Cultivos	
	¿Qué problema de salud ha generado el proyecto?							
	¿Qué beneficio ambiental se ha logrado con el proyecto?							
	Se ha logrado	Reducir los fertilizantes		Incrementar la producción		Otro		
13	ACTIVIDADES DE REUSO							
	Agricultura		Forestación		Acuicultura		Áreas verdes	

14	CULTIVOS, RENDIMIENTOS Y COSTOS DE PRODUCCIÓN:								E	
	Cultivo:		Has:		TM/ha:		Soles/TM:			
	Cultivo:		Has:		TM/ha:		Soles/TM:			
	Cultivo:		Has:		TM/ha:		Soles/TM:			
	Cultivo:		Has:		TM/ha:		Soles/TM:			
	Cultivo:		Has:		TM/ha:		Soles/TM:			
Estación: (I) invierno (V) verano										
15	COMERCIALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS									
	Producto		Soles/kg:		Kg vendidos:					
	Producto		Soles/kg:		Kg vendidos:					
	Producto		Soles/kg:		Kg vendidos:					
	Producto		Soles/kg:		Kg vendidos:					
	Producto		Soles/kg:		Kg vendidos:					
¿Algunas veces son rechazados los productos?	Sí		No		¿Por qué?					
16	RESPONSABLES DEL SISTEMA									
	Del tratamiento:	Funcionario		Entidad		Tipo (*)				
	Del reuso	Funcionario		Entidad		Tipo (*)				
	(*) : (1)entidad pública, (2)empresa privada, (3)asociación, (4) ONG, (5) otra (indique):									
	Entidad promotora									
	Entidad financiera:									
17	INSTALACIONES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS									
	Institución:		Dependencia:		Trat.		Reuso		Ambos	
	Institución:		Dependencia:		Trat.		Reuso		Ambos	
	Institución:		Dependencia:		Trat.		Reuso		Ambos	
18	Conflictos existentes: (indicar el caso y los actores involucrados)									
19	Acuerdos existentes: (indicar el caso y los actores involucrados)									
20	Problemas legales existentes: (mencionar los más importantes)									
21	Problemas de sostenibilidad: (mencionar los más importantes)									
22	Planes de crecimiento y recursos disponibles: (mencionar los más importantes)									
22	¿Alguna observación adicional? :									

Serie Cuadernos de Agricultura Urbana

Nº1 Porcicultura Urbana y Periurbana en Ciudades de América Latina y el Caribe

Nº2 Organizaciones de agricultores urbanos en América Latina y Europa

Nº3 Equidad de Género y Agricultura Urbana en ciudades de ALC

Nº4 Panorama de la Agricultura Urbana y Periurbana en Brasil y Directrices Políticas para su Promoción

Nº5 Panorama de Experiencias de Agricultura Urbana en Lima Metropolitana y Callao

Nº6 Panorama de Experiencias de Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao

Serie Guías Metodológicas ¿Cómo Hacerlo?

Nº1 Identificación participativa y análisis de actores

Nº2 Identificación y análisis participativo de los sistemas de agricultura urbana

Nº3 Identificación y mapeo de espacios disponibles

Nº4 Planificación estratégica participativa (En Producción)

Serie Guías Prácticas ¿Cómo Hacerlo?

Nº1 Huertos Orgánicos Urbanos en Zonas Desérticas

Nº2 Huertos Orgánicos Urbanos en Terrazas, Azoteas y Patios Traseros

Otras publicaciones

- Villa María Sembrando para la Vida: Situación, limitaciones, potenciales y actores de la agricultura urbana en Villa María del Triunfo
- Plan Estratégicos de Agricultura Urbana de Villa María del Triunfo (2007-2011)
- Belo Horizonte Cultivando o Futuro
- Agricultura Urbana en Bogotá: situación, perspectivas y retos
- Recetario La Huerta Urbana a su Mesa

Estas y otras publicaciones de interés pueden encontrarse en formato digital en el sitio web de IPES Agricultura Urbana: www.ipes.org/au



IPES es una organización referente en la promoción del desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe que busca impulsar la construcción de sociedades equitativas, solidarias y sostenibles implementando procesos participativos con equidad de género, fortaleciendo las capacidades y gestionando conocimiento en Gestión Ambiental, Agricultura Urbana y Desarrollo Económico Local.



La Fundación RUAF es una organización de carácter global que tiene como misión contribuir con la reducción de la pobreza, la generación de empleo, la mejora de la seguridad alimentaria y del ambiente, y el estímulo a la gobernabilidad participativa, a través de la creación e condiciones favorables para el empoderamiento de los agricultores urbanos y periurbanos; facilitando la integración de la agricultura urbana en las políticas y programas de acción de gobiernos locales, de organizaciones de la sociedad civil y del sector privado.

Cada vez son más las instituciones y organizaciones de países América Latina y El Caribe (ALC) que desarrollan acciones en Agricultura Urbana y Periurbana (AUP) buscando mejorar la seguridad alimentaria y nutricional, los ingresos y el empleo, la calidad del ambiente y la inclusión social de sus pobladores, en especial de los más vulnerables.

Por este motivo y como parte de su estrategia de gestión del conocimiento, IPES – Promoción del Desarrollo Sostenible (Perú) y la Fundación RUAF (Países Bajos) ponen en circulación la **Serie Cuadernos de Agricultura Urbana** dirigida a tomadores de decisión, técnicos gubernamentales y de organizaciones no gubernamentales, investigadores, líderes de organizaciones sociales, agricultores urbanos y público en general interesado en esta temática.

La serie busca sistematizar, capitalizar y diseminar experiencias innovadoras, investigaciones o estudios, marcos legales y normativos o políticas elaboradas en América Latina y El Caribe valorando el conocimiento local y facilitando el acceso de públicos amplios a estos materiales que constituyan aportes al conocimiento práctico, metodológico, teórico y/o científico en temas vinculados a la Agricultura Urbana y Periurbana (AUP) de la región.

Panorama de experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales en Lima Metropolitana y Callao

Al ubicarse en una zona desértica, Lima Metropolitana y Callao cuentan con diversas experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales. Sin embargo, en muchos casos las aguas tratadas son vertidas al mar, desperdiciando un recurso que podría ser utilizado para el enverdecimiento urbano y la agricultura intra y periurbana.

El presente Cuaderno muestra los resultados de una investigación desarrollada en el marco del Proyecto Switch, cuyas actividades en Lima han sido coordinadas por IPES – Promoción del Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, con apoyo de ETC Foundation y el IRC Internacional Water and Sanitation Centre de los Países Bajos. El trabajo analiza, en forma general, 37 experiencias y profundiza con mayor detalle 19 en las que se investigan aspectos institucionales, sociales, técnicos y económicos. Se describen brevemente y analizan diversas tecnologías como las lagunas de estabilización, lagunas aireadas, lodos activados, humedales artificiales y filtros percoladores.

El análisis incluye, entre los aspectos institucionales y sociales, el ámbito de localización, el propósito y la antigüedad, la tenencia de la tierra, los acuerdos institucionales, los problemas legales y de manejo y los conflictos existentes. Entre los aspectos socio-culturales se analizan los beneficiarios directos e indirectos y la aceptación de los productos regados con aguas residuales. Como parte de los aspectos técnicos vinculados al reuso se analiza el tamaño de las experiencias regadas, los principales cultivos, la productividad y el tipo de riego. Entre los vinculados al tratamiento se incluye el caudal de las aguas residuales tratadas, la tecnología de tratamiento, el tamaño de las plantas y los parámetros de control de calidad utilizados. Entre los aspectos ambientales se consideran las fuentes de agua, el nivel de contaminación de los desagües y la calidad sanitaria de las aguas residuales tratadas. Y finalmente entre los aspectos económicos se analizan el valor económico del reuso, los costos de inversión y tratamiento y el valor del agua residual tratada.

ISBN: 978-9972-668-25-8



Calle Audiencia 194 San Isidro,
Lima 27, Perú
Telefax: (511) 4406099 / 4219722
ipes@ipes.org.pe
www.ipes.org



P.O. Box 64, 3830 AB Leusden,
The Netherlands
Teléfonos: (3133) 4326039 / 4940791
ruaf@etcnl.nl
www.ruaf.org



Ministerio
de Vivienda,
Construcción
y Saneamiento

Paseo de la República 3361 San Isidro
Lima 27, Perú
Teléfono : (511) 211 7930
<http://www.vivienda.gob.pe/>
webmaster@vivienda.gob.pe



P O Box 3015, 2601 DA Delft
The Netherlands
Teléfonos: (31-15) 152151771 / 152122921
www.unesco-ihe.org/switch
switch@unesco-ihe.org