

Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura

Medidas de protección de la salud pública

Preparadas por
Duncan Mara
Universidad de Leeds,
Leeds, Inglaterra

y
Sandy Cairncross
Escuela de Higiene y Medicina Tropical de Londres
Londres, Inglaterra



Organización Mundial de la Salud
Ginebra 1990

1 Introducción

1.1 Objetivos

Estas directrices persiguen el objetivo general de fomentar la utilización sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y en acuicultura, de tal forma que permita proteger a un tiempo la salud de los trabajadores de esos sectores y la del público en general. En el sentido en que se emplean estas directrices, por "aguas residuales" se entiende las aguas servidas de origen doméstico y de la red municipal de alcantarillado que no contienen cantidades apreciables de efluentes industriales; por "excretas" se entiende no solamente las aguas negras y deyecciones humanas, sino también los productos derivados de las excretas, como los fangos y el producto del vaciado de las fosas sépticas.¹ La protección de la salud exigirá por lo general que esos residuos se utilicen tras haber recibido alguna forma de tratamiento destinado a eliminar los microorganismos patógenos. También se toma en consideración otros métodos de protección de la salud, por ejemplo, las restricciones en la producción agrícola, las técnicas apropiadas de uso de desechos y la lucha contra la contaminación con excretas.

Estas directrices están ante todo destinadas al personal profesional superior de los distintos sectores relacionados con la reutilización de los residuos: la planificación, la salud pública, la ingeniería sanitaria, los recursos hidráulicos, la agricultura y la pesca. La orientación dada en ellas tiende a prevenir la propagación de algunas enfermedades transmisibles y al mismo tiempo a conservar y reutilizar al máximo los recursos. Se hace pues hincapié más en combatir la contaminación microbiológica que en evitar los riesgos sanitarios causados por los contaminantes químicos, ya que éstos tienen poca importancia en lo que hace a la reutilización de los residuos domésticos y que, en cualquier caso, de ellos se trata adecuadamente en otras publicaciones.² Del mismo modo, las cuestiones puramente agrícolas sólo se tienen en cuenta en la medida en que están relacionadas con la protección de la salud.

¹ Véase una definición de estos y otros términos técnicos en el Glosario, página 209

² Véase la Bibliografía, página 208

Los recientes adelantos de la epidemiología han mostrado que las antiguas normas de higiene aplicadas a la reutilización de los residuos, basadas solamente en la posible supervivencia de gérmenes patógenos, son más estrictas de lo necesario para evitar riesgos a la salud. En una reunión de ingenieros sanitarios, epidemiólogos y especialistas en ciencias sociales convocada por la Organización Mundial de la Salud, el Banco Mundial y el Centro Internacional de Referencia sobre Evacuación de Desechos, celebrada en Engelberg, Suiza, en 1985, se propuso un criterio más objetivo para utilizar las aguas residuales y las excretas tratadas, fundándose en los mejores y más recientes datos epidemiológicos, como lo han comentado ampliamente Shuval y sus colaboradores (1986) y Blum y Feachem (1985). Las recomendaciones del Informe de Engelberg (IRCWD, 1985) forman la base del método general adoptado en estas directrices para la protección de la salud pública.

1.2 Alcance

En las Secciones 2 y 3 de las Directrices se da una visión de conjunto de los antecedentes y las ventajas de la reutilización de residuos, junto con algunos ejemplos de las prácticas seguidas hoy día en distintas partes del mundo. En la Sección 4 se exponen los aspectos de salud pública, incluidas las consecuencias prácticas de los recientes adelantos epidemiológicos; y acerca de los factores socioculturales se trata en la Sección 5. En la sección 6 se reseñan la protección y el mejoramiento del medio ambiente con la reutilización de los residuos.

En la Sección 7 hay una amplia descripción de las medidas factibles y apropiadas de control para proteger la salud pública. En la Sección 8 se trata de los aspectos institucionales, jurídicos y financieros de la planificación y ejecución de proyectos, habida cuenta de las diversas medidas requeridas para conseguir que se aprovechen al máximo los residuos humanos en agricultura y acuicultura sin riesgos para la salud pública.

2

Los residuos de origen humano como recursos

Los residuos procedentes del ser humano se consideran como recursos útiles en muchas partes del mundo y se usan para muy variados propósitos (Cuadro 2.1). En estas Directrices se destacan las tres siguientes prácticas de reutilización, que son las más frecuentes:

- uso de aguas residuales en agricultura (riego de cultivos);
- uso de excretas en agricultura (fertilización del suelo), y
- uso de aguas residuales y excretas en acuicultura (piscicultura, producción acuática de macrófitos).

2.1 Uso de aguas residuales en agricultura

Al adoptarse el sistema de conducción de aguas para las aguas residuales de origen doméstico a mediados del siglo XIX, muchas ciudades europeas y norteamericanas recurrieron al riego de los cultivos como medio de evacuación de esas aguas. Las granjas de aguas residuales, como entonces se denominaron, se crearon en el Reino Unido desde 1865, en los Estados Unidos de América en 1871, en Francia en 1872, en Alemania en 1876, en la India en 1877, en Australia en 1893 y en México en 1904. En la mayoría de esos países, lo que impulsó esta forma de aprovechamiento agrícola de las aguas residuales fue el afán de impedir la contaminación de los ríos, más que el de aumentar las cosechas; en el Reino Unido solía decirse: "las aguas residuales a la tierra, la lluvia a los ríos". Pero a medida que crecieron las ciudades y aumentó la proporción de habitantes que disponían de una red de alcantarillado, resultó demasiado grande la extensión de tierras requeridas para esa práctica. Además, este sistema perdió aceptación y, con el desarrollo de procedimientos modernos de tratamiento de las aguas residuales, como la biofiltración y los fangos activados, durante los dos primeros decenios del presente siglo, desapareció del todo en mu-

Cuadro 2.1 Ejemplos de prácticas de reutilización de residuos de origen humano

Práctica de reutilización	Unidad social responsable	Ejemplos
Fertilización del suelo con abonos cloacales sin tratar	Familia o comunidad	China, India, Japón, Tailandia
Recolección y preparación de abonos humanos como abono para uso en agricultura	Comunidad o autoridad local	China, India
Excretas cloacales como pienso animal	Familia	Africa, Melanesia
Uso de abonos preparados con el producto de las letrinas	Familia	Guatemala, República Unida de Tanzania, Vietnam
Producción de biogás	Familia o comunidad	China, India
Fertilización de estanques de piscicultura con excretas humanas tratadas o sin tratar	Familia o comunidad	China, Indonesia, Malasia
Piscicultura en estanques de estabilización	Familia (ilegal) o agricultor comerciante	India, Israel, Kenya
Producción de plantas acuáticas en estanques	Familia, comunidad o autoridad local	Sudeste Asiático, Vietnam
Uso agrícola de aguas residuales	Autoridad local o agricultor comerciante	Véase el Cuadro 2.2
Uso agrícola de los fangos de aguas residuales	Autoridad local o agricultor comerciante	Estados Unidos de América, Kenya, Reino Unido
Riego con efluentes de estanques de estabilización	Autoridad local o agricultor comerciante	India, Israel, Perú
Producción de algas en estanques de estabilización	Autoridad local	Israel, Japón, México

Fuente: Strauss (1985)

chos países poco después de la Primera Guerra Mundial, pues fácilmente se podían verter aguas residuales en las de superficie sin originar una contaminación apreciable. Notables excepciones de esta tendencia fueron las granjas de aguas residuales de Werribee (Melbourne, Australia) y de la Ciudad de México, que siguen funcionando unos 80 a 90 años después de sus comienzos. Sin embar-

Cuadro 2.2 Datos sobre riego con aguas residuales en el mundo

País y ciudad	Superficie regada (en hectáreas)
Arabia Saudita, Riad	2 850
Argentina, Mendoza	3 700
Australia, Melbourne	10 000
Bahrein, Tubli	800
Chile, Santiago	16 000
China, todas las ciudades	1 330 000
Estados Unidos de América, Chandler, Arizona	2 800
Bakersfield, California	2 250
Fresno, California	1 625
Santa Rosa, California	1 600
Lubbock, Texas	3 000
Muskegon, Michigan	2 200
India, Calcuta	12 500
Todas las ciudades	73 000
Israel, varias ciudades	8 800
Kuwait, varias ciudades ^a	12 000
México, Ciudad de México	90 000
Todas las ciudades ^a	250 000
Perú, Lima ^a	6 800
República Federal de Alemania, Braunschweig	3 000
Otras ciudades	2 500
Sudáfrica, Johannesburgo	1 800
Sudán, Jartún	2 800
Túnez, Túnez ^a	4 450
Otras ciudades ^a	2 900

^a Incluye la ampliación prevista de la reutilización ya iniciada.

Fuente: Bartone y Arlosoroff (1987)

go, la reutilización indirecta —es decir, el uso de aguas procedentes de ríos que reciben efluentes de aguas residuales— sigue registrándose en el mundo entero y es en la actualidad el método más común de utilizar los efluentes no sólo para el riego sino también, previo tratamiento apropiado, para el suministro de agua potable.

En los dos últimos decenios ha habido un gran incremento en la utilización de aguas residuales para regadíos (Cuadro 2.2), especialmente en zonas semiáridas de países desarrollados o en desarrollo (Figura 2.1). Este hecho se debe a varios factores, a saber:

- la escasez de aguas de otra procedencia para el riego;
- el costo elevado de los abonos artificiales;

Figura 2.1 Irrigación con aguas residuales tratadas en Arabia Saudita
Los campos de regadío ofrecen un marcado contraste con las áridas tierras circundantes.



- la demostración de que los riesgos para la salud y los daños para el suelo son mínimos si se adoptan las precauciones necesarias;
- el alto costo de las instalaciones modernas de tratamiento de aguas residuales;
- la aceptación sociocultural de esta práctica, y
- el reconocimiento de su utilidad por los encargados de planificar los recursos hidráulicos.

Las aguas residuales domésticas son el producto de viviendas que poseen una tecnología de saneamiento que también genera

Recuadro 2.1. El riego con aguas residuales aumenta la producción agrícola

Según muchos informes por donde se ha dado el riego de riego de las cosechas pum... pero si... al riego con aguas residuales... experimentos en el terreno de... sobre Ingeniería Ambiental de... muestran que el riego de intensidad media con aguas residuales permite obtener una producción mayor que el riego... con dosis normales de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) como puede verse en el cuadro siguiente.

Agua para regar	Cosecha (toneladas anuales por hectárea)				
	Trigo (8)	Frijol (5)	maíz (7)	Arroz (6)	Algodón (3)
Aguas residuales sin tratar	3,34	0,7	2,9	2,1	2,5
Aguas residuales reposadas	3,45	0,7	2,9	2,8	2,3
Efluentes de estanques de estabilización	3,45	0,7	2,9	2,81	2,4
Agua limpia + NPK	2,7	0,7	2,0	2,6	1,7

* La producción media se calcula en cosechas...

Fuente: Shende (1985)

rios grifos y retretes con depósito de agua conectados a una red de alcantarillado en la que se vierten también todas las demás aguas servidas (albañal) de la vivienda. En los países en desarrollo, en general, son pocas las viviendas que producen aguas residuales, porque el alcantarillado es una técnica de saneamiento demasiado costosa; la mayoría producen por separado excretas (deyecciones, abono cloacal) y aguas residuales. En cambio, en muchas zonas urbanas, hay bastantes viviendas conectadas con una red de alcantarillado para que el uso de aguas servidas en la agricultura resulte un atractivo desde el punto de vista económico: los cultivos son a un tiempo regados y fertilizados por el agua y los nutrientes de las aguas residuales. De nuevo, se evita la excreción de... de esos excrementos... evitamos... entre el

medio ambiente. Con una gestión apropiada se aumentan las cosechas (Recuadro 2.1), sin provocar efectos adversos para la salud. En la práctica actual, el riego de cultivos con aguas residuales produce un exceso de enfermedades relacionadas con las excretas entre los trabajadores agrícolas y los consumidores de los productos cosechados, pero ello se debe enteramente al empleo de técnicas inapropiadas. Hoy día es posible diseñar y poner en práctica sistemas de uso de aguas residuales que permiten evitar la transmisión de infecciones relacionadas con las excretas y, por tanto, los posibles riesgos para la salud, en la actualidad totalmente evitables (Sección 4) ya no deben considerarse motivo suficiente para dejar de usar y extender esta práctica, por lo demás muy beneficiosa.

Como es lógico, algunos gobiernos se han mostrado muy prudentes en cuanto a fomentar activamente el uso de aguas residuales, tanto más cuanto que no ha habido hasta hace poco tiempo ni una evaluación objetiva de los riesgos sanitarios implícitos, ni directrices razonadas sobre el tratamiento de las aguas residuales antes de su uso. Pero en la práctica no muestran esa cautela quienes emplean las aguas residuales, es decir, los campesinos y los horticultores; en todo el mundo en desarrollo suelen usarse las aguas residuales sin tratar para el riego en agricultura y horticultura. Aún más, en muchos lugares, las aguas servidas se consideran tan valiosas que la gente llega a romper las alcantarillas y a desviar la corriente de aguas residuales hacia los campos de cultivo. Semejante práctica, nada excepcional y por supuesto ilegal, acarrea riesgos para la salud y demuestra claramente cuánto aprecia la gente las ventajas de la utilización de aguas residuales. No es nada seguro que puedan eliminarse jamás semejantes prácticas, a no ser que los gobiernos preparen y adopten una estrategia nacional aplicable al uso de esas aguas. Aplicar medidas apropiadas para reducir al mínimo los riesgos sanitarios y conseguir una distribución equitativa de las aguas residuales para el riego es la única forma de sacar el máximo partido de las posibles ventajas económicas del uso de esas aguas y de eliminar los riesgos que entraña para la salud.

Agua

Las aguas residuales están formadas por un 99,9 % de agua y un 0,1 % de otros materiales (sólidos en suspensión, coloidales o disueltos). En las zonas áridas y semiáridas, los recursos hidráulicos son tan escasos que se registra con frecuencia un grave conflicto

entre la demanda urbana (doméstica e industrial) y la agrícola. Este conflicto se puede resolver en general solamente mediante el uso de las aguas residuales en agricultura: las ciudades deben usar el agua limpia primero y, previo tratamiento adecuado (Sección 7) utilizar después las aguas residuales urbanas para regar los campos. Si no se sigue este orden para utilizar los recursos de agua, se corre el riesgo de restringir seriamente el desarrollo tanto urbano como agrícola, con los consiguientes efectos adversos sobre el desarrollo económico nacional.

La producción de aguas residuales suele ser de 80 a 200 litros por persona y por día, o sea unos 30 a 70 m³ por persona al año. Así, en zonas semiáridas donde la demanda de agua es, por ejemplo, de 2 m al año (variando normalmente entre 1,5 y 3 m al año), las aguas residuales procedentes de una persona pueden servir para regar de 15 a 35 m² de tierras. En otras palabras, una ciudad de un millón de habitantes producirá suficientes aguas servidas para regar aproximadamente de 1500 a 3500 ha.

Nutrientes

Los sólidos en suspensión, coloidales o disueltos presentes en las aguas residuales contienen los principales nutrientes de las plantas (nitrógeno, fósforo y potasio) y también micronutrientes (como cobre, hierro y cinc). Las concentraciones totales de nitrógeno y fósforo en las aguas residuales sin tratar suelen variar entre 10 y 100 mg/litro y 5-25 mg/litro respectivamente, y las de potasio entre 10 y 40 mg/litro. Las aguas servidas tratadas contendrán normalmente menos nitrógeno y fósforo, pero aproximadamente la misma cantidad de potasio, según sea el proceso de tratamiento empleado. Para una tasa de riego de 2 m al año, que es lo normalmente requerido en climas semiáridos, unas concentraciones de 15 a 3 mg/litro de nitrógeno total y fósforo total, respectivamente, en aguas residuales domésticas sometidas a un buen tratamiento (como el que normalmente se aplica al efluente final de una serie bien concebida de estanques de estabilización de residuos) corresponden a unas tasas de utilización anual de nitrógeno y de fósforo de 300 a 60 kg/ha, respectivamente. De este modo pueden reducirse las necesidades suplementarias de fertilizantes, o incluso eliminarse estos productos, mediante el riego con aguas residuales.

Contaminantes y toxinas

Además de esos nutrientes beneficiosos, las aguas servidas contienen también contaminantes y toxinas. Los contaminantes son los

gérmenes patógenos excretados —virus, bacterias, protozoos y helmintos causantes de enfermedades— que se encuentran en cantidad variable en todas las aguas residuales. En Europa, por ejemplo, las aguas residuales de origen doméstico contienen con frecuencia unos 10^4 salmonelas por litro; en los países en desarrollo, la cantidad y la diversidad de los agentes patógenos son mucho mayores. De los riesgos sanitarios planteados por estos gérmenes patógenos se trata en la Sección 4; los procedimientos de tratamiento destinados a suprimirlos antes del riego se describen en la Sección 7.

Las aguas servidas, particularmente si llevan una proporción apreciable de efluentes industriales, pueden contener compuestos que son tóxicos tanto para los seres humanos como para las plantas. Un buen ejemplo de esto son los metales pesados, pero el boro (derivado de los detergentes sintéticos) es una sustancia fitotóxica importante, especialmente para los cítricos. Si la calidad de las aguas residuales se ajusta a lo recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en cuanto a aguas de riego (Ayers y Westcot, 1984), pueden usarse sin riesgo alguno para regar los campos. Las aguas residuales de origen doméstico y de las redes municipales normales suelen tener una calidad fisicoquímica adecuada para el riego de cultivos y solamente requiere especial atención la sensibilidad al boro de las plantas regadas.

Tasa de aplicación

A pesar de la gran cantidad de trabajos en que se exponen los éxitos del cultivo de peces y de macrófitos acuáticos en estanques fertilizados con excretas y aguas residuales, no hay prácticamente datos relativos a las tasas de aplicación de las excretas y aguas residuales. Los estanques de piscicultura de Munich, República Federal de Alemania, que son fertilizados con aguas residuales estabilizadas, reciben por término medio una carga orgánica anual de 33 a 77 kilogramos de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) por hectárea al día (Edwards, 1985). Partiendo de un diseño de base para una carga de 50 kilogramos de DBO por hectárea al día y de una aportación de DBO por persona de 25 gramos al día (para aguas residuales estabilizadas o para aguas negras sin tratar), esto equivale a una hectárea de estanques piscícolas por cada 2000 habitantes. Ahora bien, en China las excretas de origen humano y el estiércol de los animales se aplican a los estanques de piscicultura en una proporción anual hasta de 40 000 kg/ha, equivalente a una

hectárea de superficie de estanques por cada 45 cerdos o 115 personas, aproximadamente (Tapiador y cols. 1977). Acerca de las operaciones de cría de peces en pequeña escala puede consultarse la obra de Edwards y Kaewpaitoon (1984), pero es evidente que hacen falta otras investigaciones encaminadas a establecer directrices más racionales para cargar estanques piscícolas con residuos de origen humano.

2.2 Uso de excretas en agricultura

La aplicación de excretas a los cultivos como abono (Figura 2.2) es algo frecuente en China y Vietnam, por ejemplo, y lo era también hasta hace poco tiempo en el Japón. Es la única opción que queda para el uso de esos residuos en agricultura en las zonas desprovistas de un sistema de alcantarillado y, como quiera que la mayoría de viviendas carecen de ese sistema (situación que probablemente persistirá durante por lo menos el futuro previsible), la utilización de excretas en agricultura ha sido mayor que la de aguas residuales. Por eso, hay que orientarse especialmente hacia la aplicación de técnicas de saneamiento propias de cada lugar que permitan utilizar fácilmente las excretas almacenadas, por ejemplo, alternando las letrinas de pozos gemelos o de sifón y las de formación de abono, como las que se usan por ejemplo en Vietnam y en Guatemala.

Históricamente, la importancia del uso de excretas en la agricultura puede apreciarse por la experiencia adquirida en China, donde gracias a esta práctica se ha mantenido durante miles de años la fertilidad del suelo (véase el Recuadro 2.2). En 1965, por ejemplo, el 90 %, aproximadamente, de todas las excretas humanas producidas en China se utilizó como fertilizante, lo que equivalía al 22 % de todos los nutrientes de plantas empleados, incluidos los derivados de los abonos químicos; otro 25 % procedía del empleo de estiércol animal (Chao, 1970). Además de suministrar nutrientes, las excretas son muy valiosas para aumentar el contenido en humus del suelo, lo que a su vez mejora apreciablemente la estructura del suelo y su capacidad para retener el agua. A pesar de las evidentes ventajas que tiene para la agricultura y la horticultura, el uso de excretas en estas actividades suscita en muchas sociedades una fuerte aversión sociocultural (véase la Sección 5), si bien el empleo de algunos productos derivados de las excretas es frecuente y socialmente aceptable. En el Reino Unido, por ejemplo, el 47 % de todos los fangos de aguas residuales se aplica a la tierra (Water Authorities Association, 1985).