

VALORACIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO ENTERRADO PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN CANARIAS

Este artículo es un adelanto de los resultados de la Tesis Doctoral que está realizando la autora y la que es dirigida por la Dra. M^a del Pino Palacios Díaz, del departamento de Patología animal, Producción animal, Bromatología y Tecnología de los alimentos.

La finalidad del presente estudio es comprobar la viabilidad de un sistema de riego enterrado que incremente la seguridad sanitaria en el reuso de aguas depuradas para la producción de forraje en Canarias, disminuya el consumo de este recurso y facilite las operaciones de cultivo en las zonas regadas. Los datos que se presentan a continuación son los correspondientes a una fase de puesta en marcha del sistema. Ha sido financiado con una beca INNOVA dentro de un proyecto bajo convenio entre el Consejo Insular de Aguas y la Granja Agrícola Experimental de GC y la ULPGC

Vanessa Mendoza Grimón

M^a del Pino Palacios Díaz

This paper is an advance of the former results for the PhD studies conducted by the author. This work is coordinated by Dr. M^a del Pino Palacios Díaz, (Department of Animal Pathology, Animal Production..., Faculty of Veterinary, University of Las Palmas de Gran Canaria). The object of this research is to check the viability of the subsurface drip irrigation, increasing the sanitary guarantee and to determinate the best management practices in the re-use of reclaimed water for the forage production in Canary Island.

PRESENTACIÓN

En este estudio se valora la viabilidad técnica y económica de instalar un sistema de riego enterrado que permita la reutilización de aguas en la producción de forrajes con la calidad y garantía sanitaria necesarias para su consumo animal. Unido a este objetivo se determinan las prácticas de manejo que optimicen el uso del agua depurada (profundidad óptima de instalación, distancia entre líneas de riego y entre goteros, dosis y frecuencias de riego, lavado de filtros y aplicación de abonos, etc.), así como, la capacidad productiva de unas especies forrajeras utilizando tierras marginales abandonadas y recursos hídricos no convencionales en las condiciones agroclimáticas de Canarias.

INTRODUCCIÓN

Las características semiáridas del archipiélago canario (precipitación media anual de 300 mm), y su elevado consumo de agua debido a las altas temperaturas y su nivel de desarrollo (147,5 hm³/año), producen un desequilibrio en el balance hidrológico del mismo (se extraen anualmente 82 hm³/año del acuífero, siendo tan sólo 47 hm³/año el aporte por aguas subterráneas renovables, lo que supone un desequilibrio extracción-recarga de 35 hm³/año (Plan Hidrológico de Gran Canaria, 1998).

A esta situación se le une el elevado precio del agua y una necesidad del sector agrario de competir con el sector terciario por el uso de

La escasez de aguas en Canarias es un problema que ha llevado al abandono de las tierras marginales

El cultivo de especies forrajeras regadas con AD es una de las producciones agrícolas que mejor aprovecha las ventajas de los sistemas de riego enterrado.

la misma. La escasez de aguas en Canarias es un problema que ha llevado al abandono de las tierras marginales, ya que en ellas no se rentabiliza el cultivo de las especies especulativas dedicadas a la exportación. Este abandono lleva consigo problemas de erosión, despoblamiento rural y degradación del paisaje. Por otro lado existe un déficit tradicional de forraje que suministre un alimento de volumen para el ganado y las explotaciones agropecuarias se ven obligadas a su importación. El cultivo de forrajes en las propias explotaciones es una alternativa que posibilita producir forrajes frescos y a bajo coste, lo que permite reducir los costos dedicados al capítulo de la alimentación animal, que supone alrededor de un tercio de los costes totales.

La competencia por el uso del agua a medida que se incrementa el desarrollo de un país o región, ha puesto de manifiesto la necesidad de diversificar los recursos del agua, utilizándose cada vez más en el sector agrario fuentes de aguas no convencionales, fundamentalmente: reutilización de agua depurada (AD) y desalación de aguas salobres o marinas. (Bole *et al*, 1985; WHO, 1989; Crook, 1991; Asano y Mujeriego, 1994; Armon *et al*, 1994).

Con este sistema la infiltración del agua es de abajo hacia arriba, permitiendo que el agua se reparta por igual en todos los capilares.

Los sistemas de riego enterrado (SDI) presentan numerosas ventajas agronómicas (disminuyen la evaporación del suelo, permiten un mejor control del agua, evitan los problemas de las arcillas expansibles, fertirrigación localizada, evitan encharcamientos y escorrentías etc.) y sanitarias (evitan contacto agua-planta posibilitando la ausencia de patógenos), lo que los hace más indicados para la reutilización de AD.

(<http://www.metzerplas.com/spanish/tamunspa.html>)

Actualmente los problemas que presentaban las antiguas instalaciones de riego enterrado han sido su-

perados mediante una mejora de los materiales utilizados para estos sistemas y las recomendaciones sobre el manejo del agua. Además, los costes de estas instalaciones han disminuido considerablemente, pudiendo rentabilizarse en parcelas dedicadas al cultivo de forrajeras. El cultivo de especies para alimentación animal regadas con aguas depuradas es una de las producciones agrícolas que mejor aprovecha las ventajas de los sistemas enterrados. Así, con este sistema de riego se posibilita el uso de las aguas no convencionales de bajo precio, manteniendo las garantías sanitarias, condición exigible a cualquier recurso forrajero consumido en su parte verde y sin sufrir ningún proceso de elaboración previa.

Con el SDI se consigue una buena uniformidad de riego y con ello se favorece una mejora en la producción, ya que los cultivos producen en función de la cantidad de agua que reciben.

La exigencia del uso de mejor calidad de agua por parte de los sistemas de riego localizado, así como por una mayor conciencia de su posible impacto ambiental ha multiplicado los estudios sobre calidad de agua (Sharpley y Halvorson, 1994). Los modernos sistemas de riego enterrado (Subsurface Drip Irrigation SDI) están generalizándose para el cultivo de la alfalfa, como lo demuestran numerosas referencias. (Hutmacher *et al*, 1992; Mead *et al*, 1992; Mc Gill y Hutmacher, 1993; Vogt, 1993; Hutmacher *et al*, 1996).

A las ventajas de mejor control del agua y abonos aplicados mediante este sistema, se unen otras específicas para la producción de forraje: la mayor facilidad para realizar las operaciones de cultivo cuando se riega con este sistema, permitiendo la entrada sin limitaciones de los animales en las parcelas.

En los suelos de arcillas expansibles, se produce un flujo preferen-

cial que puede producir pérdidas de aguas y de nutrientes. Este flujo puede ser el responsable de la contaminación de aguas profundas. Con los riegos enterrados el efecto de los ciclos de desecación/humectación disminuye, evitándose la formación de estos canales preferenciales, al mantenerse el suelo con un estado de humedad menos variable. Además, como el riego se produce en la zona subsuperficial que coincide con el horizonte explorado por las raíces, la superficie puede quedar seca, disminuyendo las pérdidas por evaporación.

Con el riego enterrado se favorece la aireación del suelo, ya que el aire ocupa los espacios vacíos dejados por el agua. Con este sistema la infiltración del agua es de abajo hacia arriba, por lo que será una infiltración muy lenta, permitiendo que el agua se reparta por igual en todos los capilares (evitando la creación de bolsas de aire). Al extraer las raíces el agua de los capilares del suelo se crea un vacío que empuja el aire de la atmósfera hacia el interior de los capilares más finos. Estos capilares son los que facilitan la respiración de las raíces, ya que es donde se produce el intercambio celular.

El manejo adecuado del AD aplicado con unos sistemas de riego más eficientes cierra el ciclo del agua, optimizando su uso agrícola y minimizando el impacto ambiental que supone su reutilización.

MATERIAL Y MÉTODO

La parcela a estudiar se encuentra situada en los terrenos de la Granja Agrícola Experimental del Cabildo, sobre un acantilado en la costa noroeste de la isla de Gran Canaria, en la zona denominada Bañaderos (municipio de Arucas). Sus principales características son unas precipitaciones bajas (243mm/año) y unas temperaturas suaves (la media anual es de 19.5°C). Sus atributos fitológicos



Vista general de la parcela.

(según metodología Walter, Allue-Andrade, 1990) son: clima mediterráneo, infra-arbóreo y subdesértico-tropical. En el análisis físico del suelo nos encontramos con:

Arcilla%	27.60
Limo%	29.42
Arena gruesa	10.00
Arena fina	32.02

Por tanto, la textura de nuestra parcela es franco-arcillo-arenoso.

La analítica de determinación del suelo nos da los siguientes parámetros:

Conductividad 1:5 (dS/m)	1,134	Calcio meq/100gr	12
Conductividad E.S (dS/m)	5,020	Magnesio meq/100gr	7.9
pH	7.87	Fósforo ppm	41
Caliza (%)	4.62	Nitrato ppm	2230
Carbono (%)	0.56	Hierro ppm	0.96
Mat. Orgánica (%)	0.96	Manganeso ppm	17.9
Potasio (meq/100gr)	4	Zinc ppm	0.25
Sodio (meq/100gr)	10.1	Cobre ppm	0.46

Tabla 1. Principales parámetros de caracterización del suelo.

Para poder llevar a cabo esta experiencia comenzamos con el replanteo inicial de la parcela con una superficie cultivada de 2880 m². Tras esto, se procedió al despedregado del terreno seguido de la preparación del lecho de siembra, labor crítica para la implantación de los cultivos forrajeros. Conviene que las raíces se extiendan libremente en anchura y profundidad, sin encontrar obstáculos y que tengan fácil

El terreno se dividió en dos partes, una se riega con agua depurada (AD) y la otra con agua de riego (AR)

acceso al oxígeno. Este ha de llegar a través de los poros siendo la estructura una propiedad crítica.

El terreno se dividió en dos partes, una se riega con agua depurada (AD) y la otra con agua de riego (AR). Se estudian ocho tratamientos que salen como resultado de la combinación de las diferentes variables que nos planteamos en esta experiencia: tipo de material utilizado (2 tecnologías diferentes según la marca comercial: T1 a T4, frente a T5 a T8), distancia entre las líneas de los portagoteros (0,5 y 1 m) y las distancias entre los goteros (0,5 y 0,75 m). La zona regada con AD se dividió en tres bloques en los que se aplican cada uno de los 8 tratamientos. En la zona regada con AR se estudia también la profundidad de enterrado (20 y 30 cm). El caudal nominal de los goteros autocompensantes es de 2,2 y 2,3 l/hora.

Suministro de agua: para la puesta en marcha de este proyecto fue necesaria la construcción de una balsa que almacenara el agua depurada. Esta agua proviene del secundario de la depuradora de Cardones, típica de un municipio rural pequeño.



Vista del embalse.

El agua blanca es un agua agrícola tradicional de la zona, suministrada por la Granja Agrícola Experimental del Cabildo de Gran Canaria, entidad colaboradora en este trabajo.

El agua pasa por el cabezal de riego que suministra la parcela, ubicado en una edificación que, una vez rehabilitada, además de alojar el cabezal de riego también sirve de establo para los animales de la segunda fase de la experiencia.

Cabezal de riego: consiste en los equipos de bombeo, sistema de filtrados, instrumentos de control (electroválvulas), programadores, tanques de fertilización e inyector de fertilizantes. En este cabezal de riego ambas calidades de agua son filtradas mediante filtros de arena y filtros de malla (uno para cada calidad de agua utilizada para evitar la mezcla en el sistema). La fertilización se realiza mediante un inyector dosificador. El concentrado de abono es preparado en un tanque para todos los tratamientos de cada calidad de agua y se incorpora a la conducción principal.

La aplicación de riegos se realiza mediante los programadores (cada calidad de agua tiene uno propio). Cada tratamiento tiene un tiempo de prerriego (agua sin fertilizante), un riego con fertilizante (variable según época del año y estado del cultivo) y un tiempo de postriego para lavar el sistema.

A los diferentes tratamientos el agua llega mediante las tuberías principales y secundarias. Estas alimentarán a los portagoteros que se encuentran enterrados en cada parcela. Existen unas tuberías de drenaje, por lo que la instalación forma un circuito cerrado. Dichas tuberías permiten la limpieza del sistema, como se describirá en resultados.

A la entrada de cada parcela se encuentra una arqueta enterrada a 50 cm, dentro de la cual se encuentran un caudalímetro, un regulador de presión y un manómetro. La información de estos sensores alojados en la arqueta se recoge tras cada riego.

Siembra: cada parcela se siebra con alfalfa a voleo (*Medicago sativa*) en subparcelas de 5*12m² en dosis de 2gr/m², y con pasto del Sudán (*Sorghum bicolor* híbrido) en subparcelas de 3*12m² en líneas (a 60cm) y una dosis de 5gr/m². Se utilizó semilla peletizada con carbonato cálcico y goma arábiga para mejorar la nascencia.

Una vez iniciado el riego y tras germinar gran cantidad de malas hierbas se pulverizó un herbicida total de baja persistencia. Pasados tres días se realizó la siembra.

Emergencia: Para comprobar la emergencia del cultivo se hizo un conteo de plantas mediante el tiro aleatorio de un aro para la alfalfa (diez lanzamientos por parcela y contando el número de plantas dentro del aro) y un conteo de nº de plantas emergidas para el pasto. (fotos 1 y 2: emergencia de la alfalfa y del pasto de Sudán).



Foto 1. Emergencia de la alfalfa.



Foto 2. Emergencia del pasto de Sudán.

Calidad de agua: Se realizan analíticas periódicas de la calidad de agua empleada, presentándose el estudio estadístico descriptivo de los parámetros en la tabla nº1.

Mantenimiento y programación del riego: se controlaron los sensores de cada subparcela para comprobar el buen funcionamiento de los riegos.



Foto 3. Bulbos en superficie.



Foto 4. Bulbo húmedo.



Foto 5. Detalle tubería enterrada.

Se empieza a suministrar agua para preparar el terreno para la siembra. Se comprueba el ascenso del agua hasta la superficie, lo que garantiza la germinación. (Fotografías 3, 4 y 5: bulbos húmedos formados tras el riego).

En la fotos 4 y 5 se puede observar el movimiento del agua formando el bulbo, tanto en movimiento la-

teral, ascendente como descendente del agua. En la foto 3 se aprecia el agua ya en superficie.

Todo el material fue lavado, previo al inicio del riego, utilizando las líneas de drenaje. También se realiza la limpieza de los filtros, tanto el de arena como el de malla.

La dosis media de riego aplicada es de 3 mm/día (variable en función de la evapotranspiración), programándose tiempos diversos para cada tratamiento y riego.

Calidad microbiológica de los cultivos: para estudiar la garantía sanitaria de los productos se realizó un conteo de indicadores de contaminación y de patógenos. Para ello tomaron 100 gramos de planta, realizando los recuentos bacterianos en el laboratorio con protocolos generalmente admitidos. En las parcelas regadas con AD se tomaron tres muestras compuestas, dos de ellas de alfalfa (una sobre gotero y la otra a 1 metro entre líneas de goteros), y la tercera para el pasto del Sudán (sobre gotero). En las parcelas regadas con AR, se tomó una muestra compuesta de alfalfa sobre gotero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presenta el estudio estadístico descriptivo de los parámetros obtenidos en el laboratorio para la caracterización del agua utilizada. El almacenamiento en el estanque y la abundancia de nutrientes propician el crecimiento de organismos fotosintéticos (probables responsables de los incrementos de DBO₅, nitrógeno total y sólidos en suspensión obtenidos. El agua control resulta significativamente inferior al AD en todos los parámetros estudiados.

Como se comprueba en la tabla 1, el AD contiene diversas sustancias tanto disueltas como en suspensión, que pueden afectar al normal funcionamiento de los sistemas

de riego localizado. En la bibliografía se cita que existen diversas causas de obturación de goteros cuyo origen puede ser físico, químico, microbiológico o, más frecuentemente, una combinación de varios de estos factores (Ford and Tucker, 1975; Ayers and Wescot, 1985; Pitts *et al.*, 1985; Nakayama and Bucks, 1986; Haman *et al.*, 1987; Boswell, 1990).

		Media	Desv.	Intervalo de confianza		Mín	Máx
				Límite inf	Límite sup		
CE (uS/cm)	1	148,01	142,75	74,621	221,414	78,1	535,0
	2	2243,8	745,86	1948,799	2538,905	1059	4360,
SS (mg/L)	1	3,0275	3,4022	,8658	5,1892	,75	13,00
	2	13,728	17,292	3,7440	23,7131	1,80	68,00
pH	1	7,1476	1,0128	6,6269	7,6684	6,29	9,43
	2	7,7600	,56082	7,5381	7,9819	6,85	8,74
Ca (mg/L)	1	11,975	2,3974	10,78313	13,16754	8,20	17,94
	2	77,232	24,776	67,62561	86,84025	43,4	149,3
Mg (mg/L)	1	2,4207	2,2689	1,29244	3,54911	,830	8,159
	2	59,945	26,111	49,82018	70,06990	18,7	110,7
Na (mg/L)	1	12,806	20,987	2,36973	23,24305	2,24	71,50
	2	334,63	137,20	281,4374	387,84002	132,	809,9
K (mg/L)	1	7,6700	3,1301	6,11348	9,22663	5,77	16,48
	2	54,671	17,858	47,74635	61,59608	24,8	112,0
CO ₃ (mg/L)	1	2,3665	7,3053	-1,26635	5,99935	,000	28,39
	2	14,706	20,299	6,83466	22,57756	,000	47,33
O ₃ H (mg/L)	1	67,553	59,785	36,81525	98,29263	39,0	293,5
	2	550,85	136,78	496,7424	604,96343	298,	871,0
Cl (mg/L)	1	20,773	39,929	,91722	40,62989	,000	145,0
	2	429,44	193,57	354,3852	504,50765	,000	1079,
S (mg/L)	1	2,8454	3,7270	,99204	4,69885	,464	11,70
	2	60,801	24,435	51,32655	70,27680	25,9	140,8
NO ₃ (mg/L)	1	,64200	,88608	,18642	1,09758	,000	3,060
	2	55,575	80,390	23,77469	87,37717	,000	350,0
NH ₄ (mg/L)	1	,22753	,24680	,10063	,35443	,000	,656
	2	13,786	14,500	8,04979	19,52251	,000	51,42
total (mg/L)	1	,04461	,07532	,00715	,08207	,000	,305
	2	4,2100	2,9379	3,07087	5,34928	1,17	15,69
B (mg/L)	1	,02822	,01920	,01867	,03777	,000	,077
	2	2,0007	,61855	1,76094	2,24064	,678	3,432
Cu (µg/L)	1	7,1111	12,082	1,10262	13,11960	,000	54,00
	2	179,71	121,33	132,6641	226,76444	2,00	379,0
Fe (µg/L)	1	29,777	60,318	-,2178	59,7734	,00	234,0
	2	437,46	1330,4	-78,4405	953,3690	25,0	7017,
Zn (µg/L)	1	20,777	20,308	10,6788	30,8768	,00	68,00
	2	219,21	250,42	122,1100	316,3186	18,0	878,0
Mn (µg/L)	1	7,8333	17,044	-,6425	16,3091	,00	69,00
	2	38,428	68,784	11,7566	65,1006	,00	358,0
Ba (µg/L)	1	14,588	11,874	8,4829	20,6936	,00	39,00
	2	38,000	20,324	29,9600	46,0400	12,0	111,0
Mo (µg/L)	1	1,1194	3,6623	-,7636	3,0024	,00	15,03
	2	1,7037	4,4705	-,0648	3,4722	,00	20,00
Co (µg/L)	1	1,0588	1,0880	,4994	1,6182	,00	3,00
	2	4,4444	3,5662	3,0337	5,8552	-1,00	12,00
Al (µg/L)	1	67,750	32,340	40,7124	94,7876	19,0	121,0
	2	61,505	29,140	37,1434	85,8671	11,4	94,00
Cr (µg/L)	1	2,9412	9,9024	-,21502	8,0326	,00	41,00
	2	3,9630	3,9853	2,3864	5,5395	,00	15,00
Ni (µg/L)	1	1,9411	3,6309	,07431	3,80804	,000	12,00
	2	39,518	31,485	27,06327	51,97376	5,00	130,0
Pb (µg/L)	1	,0588	,24254	-,0659	,1835	,00	1,00
	2	3,5185	8,2898	,2392	6,7979	,00	36,00
Sn (µg/L)	1	2,9412	4,2788	,7412	5,1412	,00	13,00
	2	23,481	29,606	11,7694	35,1936	,00	97,00
As (µg/L)	1	3,0000	4,9117	,4746	5,5254	,00	15,00
	2	24,518	29,470	12,8605	36,1765	,00	88,00

Tabla 1. Descripción estadística de los parámetros analizados en las diferentes calidades de agua durante la fase experimental (las unidades se expresan en las tablas), siendo CE: Conductividad Eléctrica; 1: Agua de Riego convencional; 2: Agua Depurada.

Se demuestra que con esta calidad de agua se potencian todos estos factores desfavorables para el sistema de riego, debido a una mayor presencia de sólidos en suspensión, pH básico (que favorece la formación de precipitados), materia orgánica biodegradable, etc. Existen recomendaciones generales para evitar que se produzcan problemas (Ford, 1979; Haman *et al.*, 1990, Pitts *et al.*, 1990; Clark y Smajstrla, 1992) pero éstas deben adaptarse a la calidad de agua disponible, a la programación del riego y abonado, así como a las características de los materiales empleados para el riego.

Comparando los caudales teóricos (caudal nominal por tiempo y nº goteros) con las lecturas de los caudalímetros (caudal realmente aplicado) se calcula un ratio de eficiencia (teórico menos real dividido teórico), que nos informa sobre el funcionamiento del sistema. En el gráfico 1 se presenta un ejemplo de los valores de dicho ratio para los tratamientos del bloque 3. Los valores altos indican la necesidad de limpieza del sistema. La diferencia de presiones entre los manómetros de los filtros de arena aconseja su limpieza. Dichos filtros se limpiaron para que las diferencias nunca fueran superiores a 0,4 kPa.

que coincide con una concentración de los sólidos en suspensión del AD. El sistema de riego responde a la limpieza de las líneas, lo que se demuestra en una mejora del coeficiente (bajadas de las líneas de colores). Se observa que el material correspondiente a los tratamientos 1 a T4 se ensucia menos (valores negativos del coeficiente calculado) que el otro material (T5 a T8, valores positivos). En los periodos de lluvias no se regó, lo que también se refleja en el gráfico. Las lecturas de los manómetros indicaron que siempre se regó en el intervalo de auto-compensación de los goteros. Con este manejo del agua el sistema de riego no presenta problemas.

La emergencia de ambas especies fue muy buena, siendo favorecida por las lluvias de diciembre (fotografías 1 y 2). No se utilizó ningún otro sistema de riego de apoyo. En el gráfico 2 se presenta la evolución en el tiempo de la producción de los 7 primeros cortes (primer año productivo) del pasto del Sudán regado con AD para los ocho tratamientos, expresándola como kg² de materia fresca por m² de superficie de cultivo.

En el pasto del Sudán se observaron daños por frío que se traduje-

se demuestra que con esta calidad de agua se potencian todos estos factores desfavorables para el sistema de riego

con este manejo del agua el sistema de riego no presenta problemas.

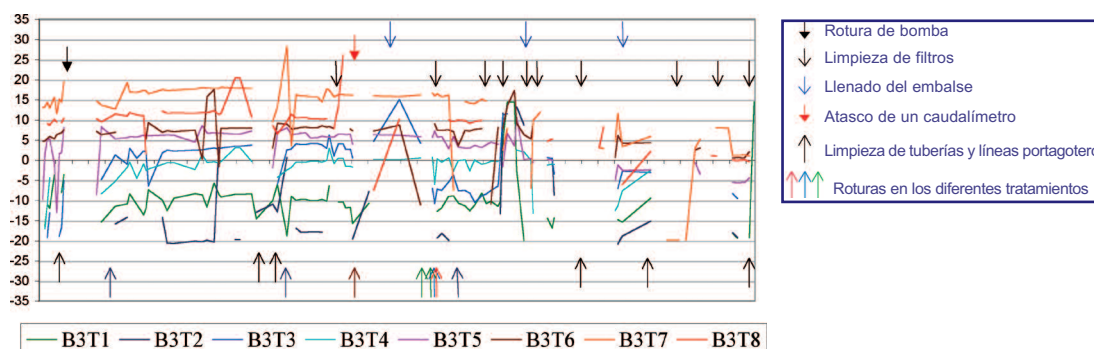


Gráfico 1. Valores obtenidos en el bloque 3 para el ratio de eficiencia de riego, calculado como teórico menos real dividido teórico.

Se observa que la frecuencia de limpieza de filtros (flechas negras apuntando hacia abajo) se incrementa cuando el depósito está casi vacío (llenado flechas azules), lo

ron en la quemadura de los extremos terminales de la hoja más joven. De hecho, se observa en el gráfico 2 que la producción invernal es inferior. Una vez pasado el frío crece en per-

el beneficio puede estimarse en 8700€/ha y año, lo que justifica sobradamente la rentabilidad del sistema propuesto.

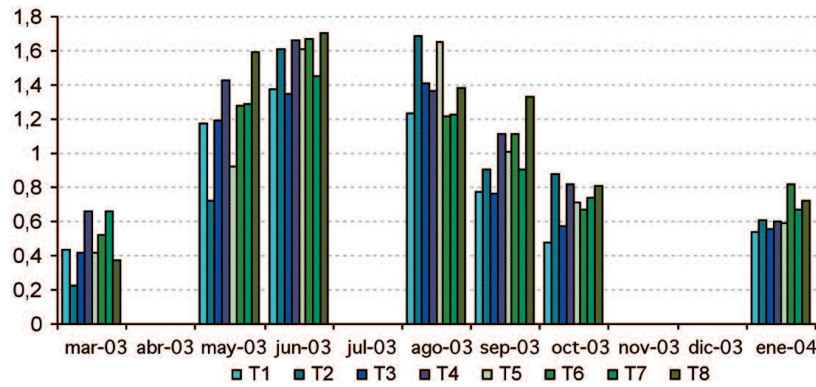


Gráfico 2. Evolución de la producción en el tiempo de los diferentes cortes del pasto del Sudán regado con Agua Depurada para los ocho tratamientos, expresándola como kg de materia fresca por m² de superficie de cultivo.

fectas condiciones. La producción media acumulada (anual) es de 7 kg/m². Tomando un precio estimado de venta del pasto en fresco de 0,2 €/kg y del AD de 0,2€ /m³ (Consejo Insular, 2004), el coste del agua supone un 14,6% de los ingresos. Suponiendo unos costes totales de cultivo de 5300€/ha (incluyendo la amortización del sistema de riego a 15 años), el beneficio puede estimarse en 8700€/ha y año, lo que justifica sobradamente la rentabilidad del sistema propuesto.

Los resultados obtenidos muestran una gran variabilidad en los valores de indicadores de contaminación. En los análisis de aguas, el 91,5% de los enterococos fecales aislados correspondían a especies de origen intestinal, mientras que de las cepas encontradas en planta el 32% de dicho origen (*E. faecalis* y *E. hirae*) y el 68% provendrían de otras fuentes. Por tanto es probable que el origen de las cepas de enterococos sea ambiental en muchos casos (de hecho no existe contacto agua-planta y los indicadores parecen estar asociados a contaminación ambiental por la calima), no resultando buenos indicadores. También es probable que

estos resultados reflejan la importancia de un manejo adecuado del agua para minimizar los riesgos sanitarios, no siendo sólo importante la calidad de agua que sale de la EDAR.

Como se muestra en la tabla 3, en las muestras de cultivo sometidas a análisis microbiológicos no se aisló ninguna especie patógena.

Mes	Alfalfa AR	Alfalfa AD	Alfalfa AD	Pasto Sudán
Marzo 2003	Alfalfa AR	Alfalfa AD	Alfalfa AD	Pasto Sudán
	Sobre gotero	Sobre gotero	a 1 m. gotero	Sobre gotero
Coliformes fecales	<3	75	<3	1100
E. coli	<3	9	<3	1100
Estreptococos fecales	240	15	23	9
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mayo 2003	Alfalfa AR	Alfalfa AD	Alfalfa AD	Pasto Sudán
	Sobre gotero	Sobre gotero	a 1 m. gotero	Sobre gotero
Coliformes fecales	9	<3	>2400	<3
E. coli	9	<3	>2400	<3
Estreptococos fecales	93	4	23	75
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Julio 2003	Alfalfa AR	Alfalfa AD	Alfalfa AD	Pasto Sudán
	Sobre gotero	Sobre gotero	a 1 m. gotero	Sobre gotero
Coliformes fecales	<3	43	150	>2400
E. coli	<3	43	150	>2400
Estreptococos fecales	<3	<3	23	>2400
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Septiembre 2003	Alfalfa AR	Alfalfa AD	Alfalfa AD	Pasto Sudán
	Sobre gotero	Sobre gotero	a 1 m. gotero	Sobre gotero
Coliformes fecales	210	150	9	>2400
E. coli	<3	20	<3	<3
Estreptococos fecales	>2400	>2400	>2400	>2400
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Diciembre 2003	Alfalfa AR	Alfalfa AD	Alfalfa AD	Pasto Sudán
	Sobre gotero	Sobre gotero	a 1 m. gotero	Sobre gotero
Coliformes fecales	>2400	4	<3	>2400
E. coli	<3	<3	<3	<3
Estreptococos fecales	240	480	<3	>2400
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Tabla 3. Determinación de controles microbiológicos en los cultivos.

los aislados fecales se deban a heces de animales de vida libre y no procedan del agua utilizada para regar. Estos resultados reflejan la importancia de un manejo adecuado del agua para minimizar los riesgos sanitarios, no siendo sólo importante la calidad sanitaria que sale de la Estación Depuradora de Aguas Depuradas (EDAR). En general se obtienen niveles más elevados de indicadores en el pasto del sudán que en la alfalfa, quizás por sus características morfológicas (porte más vertical).

CONCLUSIONES

La interpretación agronómica de la calidad del AD empleada puede definirse como susceptible de causar problemas al sistema de riego y a las plantas cultivadas. Pese a ello, esta experiencia demuestra que con un manejo adecuado del AD (frecuencias de lavado etc) el sistema de riego no presenta problemas. Además se han elegido cultivos que resultan tolerantes a los parámetros desfavorables del AD (salinidad, B, etc).

La emergencia fue muy buena, no siendo necesario el uso de ningún otro sistema de riego de apoyo. El rendimiento medio del cultivo es de 70 t/ha, llegando incluso a permitir la producción invernal (cuando el forraje verde es más escaso en Canarias). Suponiendo un precio de venta de 0,2 €/kg y unos costes totales de cultivo de 5300€/ha (incluyendo la amortización del sistema de riego a 15 años), el beneficio puede estimarse en 8700€/ha y año, lo que justifica sobradamente la rentabilidad del sistema. Es necesario realizar un manejo adecuado del agua para minimizar los riesgos sanitarios, no siendo sólo importante la calidad sanitaria que sale de la EDAR.

Esta experiencia demuestra que la producción de forrajes en zonas

marginales y regados con AD es una alternativa viable.

GLOSARIO

- Sistema de riego enterrado (Subsurface Drip Irrigation, SDI),
- Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR),
- Agua Depurada (AD) y
- Agua de Riego (AR)

BIOGRAFÍA

VANESSA MENDOZA GRIMÓN

Licenciada en Veterinaria por la Universidad de las Palmas de Gran Canaria. En esta Universidad ha realizado los cursos de Doctorado, así como numerosos cursos relacionados con la gestión en el medio rural. Comenzó sus estudios en este campo en un principio como becaria de colaboración de la asignatura de Agronomía y Economía Agraria, posteriormente ha trabajado en varios proyectos centrados siempre en la reutilización de las aguas depuradas en Gran Canaria. En la actualidad está trabajando en un proyecto de investigación financiado por el Consejo Insular de Aguas y la Granja Agrícola Experimental de GC y la ULPGC. Fruto de esta colaboración ha presentado trabajos en 5 congresos Internacionales y 5 nacionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Allue Andrade, J.L. 1990. Atlas fitoclimático de España. MAPA, INIA.
- Armon, R. et al; 1994. Residual contamination of crops irrigated with

effluent of different qualities. A field study. Water science and technology, vol. 30 pp 203-208.

Asano T.; Mujeriego, R.; 1994. Water quality guidelines for wastewater reuse. Jornadas Técnica: Biosólidos y aguas depuradas como recursos (95-110). Sant Feliu de Guixols, Costa Brava, Gerona, Septiembre 1994.

Ayers, R.S. & Wescot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation & Drainage Paper N°29. FAO, Roma. 174pp

Bole, J.B.; Gould, W. D.; Carson, J. A., 1985. Yield of forrages irrigated with wastewater and the fate of added nitrogen-15-labeled fertilizer Nitrogen. Agron. J. 77:715-719. 1985.

Boswell, 1990. Manual de Microirrigación. Ed: Hardy Irrigation.

Clark G.A. and Smajstrla, A.G. 1992. Treating Irrigation System With Chlorine. Florida. Cooperative Extension Service Bulletin 1039, July 1992.

Crook, J.; 1991. Quality criteria for reclaimed water. Wat. Sci. Tech. Vol. 24, N° 9, pp 109-121. 1991.

Ford, 1979. The use of chlorine in low pressure systems where bacterial slimes are a problem. Fruit Crop Mimeo Report FC- 79-5. IFAS, University of Florida.

Ford, H.W. and D.P.H. Tucker, 1975. Blockage of Drip Irrigation Filters and Emitters by Iron-Sulfur-Bacterial Products. Hort Science 10 (1): 62-64.

Haman, D.Z., A.G. Smajstrla and F.S. Zazueta, 1987. Water Quality problems Affecting Microirrigation in

Florida. Agric. Eng. Extension Report 87-2. IFAS, University of Florida.

Haman, D.Z., A.G. Smajstrla and F.S. Zazueta, 1990. Chemical Injection Methods for Irrigation. Florida. Cooperative Extension Service Bulletin 864, May 1990.
<http://www.metzerplas.com/spanish/tamunspa.html>

Hutmacher, RB.; Mead, RM; Shouse, P.; 1996. Subsurface Drip: Improving Alfalfa Irrigation in the West. Irrigation Journal, 46(1): 48-52.

Hutmacher, RB.; Phene, C.J.; Mead, RM; Clark, D.; Shouse, P.; Vail, SS.; Swain, R.; van Genuchten, M.; Donovan, T.; Jobes, J.; 1992. Subsurface drip irrigation of alfalfa in the Imperial Valley. Proceedings, 22nd California/Arizona alfalfa Symposium, University of CA and University of AZ Cooperative extension, Holtville, CA, December 9-10, 22:20-32.

McGill, S.; Hutmacher, RB.; 1993. Buried Drip for Alfalfa? The Furrow 98(7):26-27, November-December.

Mead, RM; Hutmacher, RB.; Phene, C.J.; 1992. Subsurface drip irrigation of alfalfa. Proceedings, CIT/USDA-ARS Seminar on Subsurface Drip Irrigation: Theory, Practice and Application, Harris Ranch, Coalinga, CA, October 22, pp. 177-178.

Nakayama, F.S. and D.A. Bucks, 1986. Trickle Irrigation for Crop production. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Netherlands

Patrocinador de esta investigación:

ELÉCTRICA DE MASPALOMAS, S.A.
(ELMASA)