

FEI-07-2021

Trabajo de innovación

Innovar para una Agricultura Circular. Única Estrategia Sostenible

Juárez, J.¹, Munuera Pérez, M T.², Masdemont Hernández, B.³

¹ Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España); jjuares@azud.com

² Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España); tmunuera@azud.com

³ Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España); beatriz@azud.com

Resumen:

Surgir en una de las regiones más áridas de Europa, en un contexto de profunda escasez de recursos hídricos convencionales ha impulsado desde sus orígenes la misión de AZUD, que siempre ha estado ligada a “La Cultura del Agua”.

Cada uno de los pasos que ha dado en estos últimos 30 años ha marcado su trayectoria convirtiéndose en una de las empresas líderes en la eficiencia en el uso de agua dentro del sector agrícola, industrial y medioambiental. Crecer de forma continua y progresiva, ha sido el reto de AZUD, apostando como clave en su estrategia a largo plazo, por una inversión continua en I+D+i.

Actualmente AZUD, apuesta por liderar la transformación radical de los sistemas de aplicación de agua en agricultura, industria y medioambiente, **convencida de que solo con la integración de todos los agentes y herramientas se garantizará una gestión del agua más inteligente, más circular.**

Inmersos en esta filosofía mantiene activos proyectos destinados a desarrollar sistemas de filtración autolimpiantes de alto rendimiento, regeneración de aguas y su uso reglado en agricultura, líneas de fabricación de tubería de microirrigación de alta velocidad, sistemas de riego inteligentes para riego subterráneo, dispositivos de acondicionamiento de purines y valorización de residuos mediante filtración por discos, aditivación de emisores con efecto inhibidor de biofilm, o repelentes de agentes dañinos de efecto mecánico, utilización de ciclodextrinas con efecto inhibidor de intrusión radicular, etc.....

La experimentación más básica realizada en diferentes ámbitos en colaboración con universidades y centros de investigación de todo el país, les permite no solo abrir nuevos campos de ideas, detectar necesidades del sector, creando estrechas alianzas con empresas que enriquecen hoy su negocio actual, **sino generar líneas futuras de desarrollo que son incorporadas al día a día del usuario.**

Palabras clave: agricultura de precisión; riego; reutilización; valorización

FEI-07-2021

Innovation work

1. Problemática abordada

La ONU asegura que en 2050 se espera que la población mundial llegue a 9.000 millones y que para su alimentación será necesario incrementar la producción de los cultivos en un 50%, por lo que los gobiernos de todo el mundo impulsan estrategias para **producir más, optimizando la gestión de los recursos, y consumir menos, generando menor impacto ambiental, con el fin de alcanzar un equilibrio sostenible a través de un nuevo modelo económico más circular**. Además, un nuevo consumidor ha irrumpido en la sociedad con un perfil más exigente, mucho más concienciado e informado en sistemas de producción y en su impacto ambiental y en su salud, demandando una correcta gestión de los recursos en la agricultura.

La FAO insiste en que este desafío sólo será factible a través de **estrategias de diversificación en la agricultura**, por lo que es **preciso investigar para desarrollar soluciones innovadoras y viables** que provoquen una nueva revolución agrícola, que generen un **incremento en la producción sostenible de alimento** aplicando prácticas agrícolas resilientes, que contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, a los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, etc. y cooperen en la conservación de suelos, optimizando los recursos productivos.

Desde que los sistemas de riego por goteo revolucionaron la agricultura, el sector agrícola ha participado año tras año en el incremento de los rendimientos que la sociedad demanda, optimizando recursos cada vez más escasos, y convirtiéndose en **una herramienta estratégica imprescindible para conseguir una agricultura sostenible y eficiente ya que consume el 80% de un escaso recurso; el agua**.

Las empresas dedicadas a la optimización del uso del agua dirigen sus desarrollos a la implementación de tecnología para incrementar su rendimiento, adaptándose a los requerimientos de diferentes escenarios en todo el mundo: cultivos dispares, distintas estaciones de producción, variabilidad en la calidad y cantidad de los recursos disponibles, etc.... siendo ya una realidad al alcance del usuario final una amplia gama de **sistemas muy eficientes dirigidos al control de la aplicación del agua y de los nutrientes en la explotación, y sobre todo a extraer el máximo aprovechamiento de unos recursos que hasta hace unos años se rehusaban**.

En el sector agrícola y ganadero, la **recuperación y gestión de los residuos** ha pasado de ser una preocupación para convertirse en una etapa productiva más; una nueva tendencia de un sector que, empujado por normativas cada vez más exigentes, consume anualmente más de doscientos millones de toneladas de nutrientes de procedencia mineral fósil (IFA; Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes).

Esta nueva visión de economía circular se presenta como una importante oportunidad para que las soluciones más innovadoras den un paso hacia adelante y abandonen las plataformas de investigación convirtiéndose en **aplicaciones confiables y desarrollos de empresas**. De esta forma, desde AZUD estamos colaborando en un gran número de proyectos dirigidos a la puesta en marcha de instalaciones autosostenibles que **innovan para romper el modelo convencional de producción y avanzar hacia una agricultura circular que minimice su impacto ambiental y maximice la reutilización de los residuos, desarrollando diferentes soluciones avanzadas que**

contribuyan a mejorar y optimizar la eficiencia del uso del agua, la reutilización y la valorización de subproductos procedentes de la producción agrícola-ganadera. Un ejemplo de ello, son proyectos de I+D+i como DIRELMIVID (2I20SAE0007), actualmente en ejecución, o ya finalizados como BIOREFINA (ITC-20161161), ó REUSAGUA (2I16SAE00165) con impacto directo en el sector a través de soluciones ya aplicadas en el mercado como el caso de la **Gestión Ambiental de ESTANCIAS DEL LAGO** expuesto a continuación.

2. Descripción de la innovación

Concienciado e influido por un nuevo escenario social, el grupo de empresas del complejo agroindustrial San Pedro de ESTANCIAS DEL LAGO (Uruguay), destinado a la producción de leche en polvo, se **planteó un modelo sostenible de producción agrícola alineado con las tendencias en economía circular y eficiencia en el uso de los recursos para la producción intensiva de leche en polvo**. El plan; alimentación de ganado con forraje cultivado en proximidad, mediante recuperación y gestión de residuos orgánicos y efluentes del propio proceso productivo. Incluyendo además, la generación y el autoconsumo de la energía eléctrica y térmica requeridas en distintos procesos, a partir de biogás.

El concepto, lógico, conlleva alta complejidad por la integración de todas las etapas del proceso productivo de forma equilibrada y sostenible, desde la siembra, la generación de alimento para el ganado, hasta la producción y envasado de leche en polvo. Todo ello, mediante la optimización y revalorización de recursos y subproductos.

DATOS DE LA INSTALACIÓN		
Vacas estabuladas	15.600	un
Vacas en ordeño	13.000	un
Explotación agrícola	16.000	ha
Generación de efluentes	930.000	m ³ /año

Fig. 1. Datos de la instalación

En esta línea de minimización de la huella de la actividad y del impacto ambiental, **la interrelación entre los flujos de entrada y salida de las diferentes plantas ha sido una pieza clave**. Por ello, se trazó un sistema efectivo de recogida de efluentes de diferentes procesos (agua de la planta de procesamiento de leche en polvo, agua de lavado de las plataformas de ordeño, agua de enfriamiento, agua de los establos, agua de lavado por flushing, residuos y desechos de comida, desechos de animales, etc.).

Se trata de efluentes cargados de restos orgánicos generados en distintos procesos de la explotación, por tanto, con distintas calidades de agua. Su aprovechamiento se realiza a través de sistemas de irrigación con el fin de producir alimento para el ganado como soja, trébol persa o maíz. **La complejidad de la explotación requiere una solución articulada por diferentes tecnologías y aplicaciones de ingeniería. AZUD formó parte de estas soluciones permitiendo el acondicionamiento de estas corrientes para su reutilización en riego.**

El esquema de flujo comienza con la dirección de los efluentes a la planta de generación de biogás donde. Tras la digestión anaerobia el efluente se separa mecánicamente dando lugar a dos corrientes, una compuesta por material sólido y otra líquida.

Los sólidos suponen 142 Tn/día y contienen entre un 60% y un 70% de humedad. Esta corriente es diferenciada según el tamaño de la fibra y se emplea como cama de vacas o bien como fertilizante sólido. Por otra parte, la corriente líquida, que supone más de 2.500 m³/día, se almacena en balsas de acondicionamiento, durante 15 días y se utiliza tanto en fertirrigación y como en diversos procesos de la planta mezclada al 50%.

La corriente líquida del efluente digerido y acondicionado tiene como destino su empleo como solución nutritiva de los cultivos de la explotación y completando el círculo.

Para permitir la aplicación de este efluente a través del sistema de riego es necesario su acondicionamiento previo. Se requiere una filtración para garantizar que no ingresen partículas al interior del sistema de irrigación que puedan llegar a obturarlo.

Aunque la concentración de sólidos en suspensión del fluido digerido se reduce a su paso por las balsas de almacenamiento, el riesgo de obstrucciones en el sistema se evalúa considerando la **naturaleza de estos sólidos que son de origen orgánico e inestables**, así como las condiciones de almacenamiento a las que son sometidos, pues resultan determinantes ya que favorecen su proliferación.

EFLUENTE DIGERIDO	EFLUENTE LÍQUIDO SEPARADO	SALIDA Balsa FACULTATIVA	SALIDA Balsa PARA RIEGO
400 – 500 mg/l	250 - 350 mg/l	100 - 200 mg/l	< 60 mg/l

Fig. 2 Contenido de carga orgánica de diseño

Todas estas características suponen un reto técnico y requieren, para garantizar la efectividad del proceso de adecuación del agua a los niveles de calidad requeridos, **la aplicación de nuevas tecnologías que aporten garantías de mantenimiento de la calidad del agua durante la fase de filtración y una alta capacidad de regeneración de los medios filtrantes durante la fase de autolimpieza.**

La solución aportada por AZUD permite garantizar la calidad del agua requerida por la aplicación manteniendo como objetivo la sostenibilidad del proceso y la viabilidad a lo largo de toda la vida útil de los componentes pertenecientes al sistema de riego de la instalación.

Apostando por diferentes tecnologías en función de las condiciones de partida y de los objetivos buscados, **el innovador proceso de tratamiento seleccionado incluye dos sistemas de filtración instalados en serie, con funciones claramente diferenciadas, y adecuados tanto a los niveles de carga como a las características del material particulado en suspensión contenido en el agua.**

- **SISTEMA FILTRACION 1: AZUD LUXON LKM** con superficie de 26.400 cm² y grado de filtración en malla de 800 micras.
- **SISTEMA FILTRACION 2: AZUD HELIX AUTOMATIC AA** con superficie unitaria de 64.800 cm² y grado de filtración en disco de 200 micras.



Fig. 3 Imagen de la Estación de acondicionamiento

Fruto de la investigación y la innovación, AZUD dispone de un diseño exclusivo del elemento filtrante instalado en todos sus sistemas de filtración donde incluye la tecnología patentada HELIX que permite que el fluido que entra al filtro adquiera un movimiento helicoidal alejando las partículas de la superficie filtrante, lo que tiene un efecto de retardo de la colmatación, de esta forma permite un mayor aprovechamiento del agua y una menor generación de aguas de rechazo.

El funcionamiento de los filtros de discos consta de dos procesos diferenciados: la filtración y el contralavado (figura 4). Durante la fase de filtración, el agua circula del exterior al interior de la columna de discos comprimida. De esta forma, las partículas quedan atrapadas en todos los discos. En función de sus dimensiones, las partículas quedarán retenidas en la superficie más externa de la pila de discos o bien sobre la superficie interna de cada uno, sobre los canales grabados en ellos. La coexistencia de ambos tipos de estrategias de filtrado permite que la capacidad de retención de los discos sea muy elevada independientemente de la geometría y la naturaleza de las partículas. También permite que éstos sean capaces, no sólo de retener sólidos superiores a un tamaño definido, es decir, al grado de filtración, sino también un elevado porcentaje de sólidos con un tamaño inferior, lo que reduce drásticamente la concentración de partículas en suspensión (figura 4a).

Durante la fase de contralavado, el agua filtrada cambia su sentido de paso y circula de dentro hacia afuera consiguiendo, gracias al diseño interno del elemento filtrante, que la columna de discos se despresurice. El agua es proyectada a través de las boquillas creando un efecto tangencial de limpieza de los discos (figura 4b).

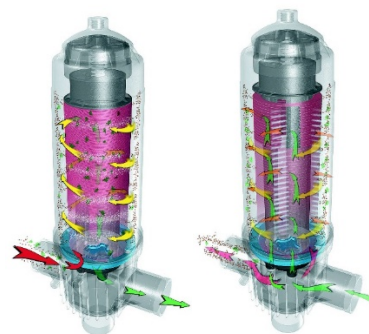


Figura 4. Funcionamiento de filtros de discos: a) filtración; b) contralavado.

3. Resultados obtenidos

De las 16.000 hectáreas cultivadas en el complejo, el 13% son de regadío.

La superficie de riego se divide en dos partes “El Mirador” con una extensión de 1.140 ha y riego sectorizado con aspersión a través de 17 equipos de pivots fijos, y “San Pedro” con una extensión de 958 ha y riego a través de 15 equipos de pivots fijos.

Los datos recogidos en el tiempo transcurrido desde su puesta en marcha, y la mínima frecuencia de operaciones no programadas de mantenimiento avala que la solución aportada por **AZUD permite garantizar la calidad del agua requerida por la aplicación manteniendo como objetivo la sostenibilidad del proceso y la viabilidad a lo largo de toda la vida útil de los componentes pertenecientes al sistema de riego de la instalación.**

El aprovechamiento de los nutrientes se realiza a través del agua filtrada, con garantía de calidad desde el punto de vista de ingeniería de aplicación, y con un caudal instantáneo de 300 m³/h, inyectándose en la red de transporte y distribución del agua para el riego de los cultivos forrajeros.

El primer sistema AZUD LUXON, retiene los sólidos de mayor tamaño presentes en la fuente de agua. El volumen de estos sólidos junto con sus características morfológicas y grado de adhesividad implican un alto grado de adherencia y una elevada capacidad tapizante de los mismos sobre el medio filtrante, por tanto, la elevada superficie filtrante instalada (26.400 cm²) unida a las características del elemento filtrante, un cilindro de acero inoxidable con una superficie microperforada -no trenzada-, así como las características del proceso de limpieza, que emplea el barrido por cepillo para la liberación de los sólidos retenidos sin vías de paso reducidas al no requerir boquillas de succión, permiten una alta efectividad en el proceso de filtrado, una reducida frecuencia de activación del proceso de autolimpieza y una elevada efectividad en la eliminación de sólidos de la superficie filtrante y su extracción al exterior de sistema.

La segunda etapa, AZUD HELIX AUTOMATIC AA, garantiza tanto la protección de los sistemas de emisión de agua pertenecientes al sistema de riego como el suministro del caudal demandado sin provocar interacciones hidráulicas asociadas al proceso de autolimpieza, gracias al sistema de limpieza asistido por aire, automático que permite trabajar con elevadas cargas de sólidos, incluso siendo éstos de naturaleza compleja, (sólidos orgánicos, filamentosos, deformables...).

Los equipos con **sistema de limpieza apoyado por aire asistido (AA) resuelven de forma efectiva la problemática habitual ligada a los procesos de filtración de aguas verdes, realizando la limpieza de los elementos filtrantes con una elevada eficacia y un reducido consumo de agua**, con tan solo 2 minutos para la limpieza de la totalidad de los elementos filtrantes de esta instalación, alcanzando un consumo extremadamente reducido de agua, 400 litros utilizados en cada ciclo completo de limpieza, y trabajando a presiones de operación no condicionadas por los requerimientos específicos del proceso de autolimpieza.

Esta innovación, puesta en el mercado, es un sistema es modular y eficiente respecto al espacio ocupado, la mano de obra y el consumo energético. Además, optimiza el rendimiento por litro de fertilizante producido, ya que permite que el balance de volumen de agua rechazada frente al volumen de agua filtrada presente una ratio superior a 100/10, permitiendo la producción continua de fertilizante para la inyección mediante riego.

El estudio de los rendimientos productivos obtenidos en la campaña de 2017-2018, muestra siempre un valor superior en la **producción de forraje en aquellas zonas que fueron regadas con el fertilizante generado en la propia explotación respecto al riego convencional, tanto en trébol persa (2%) como en maíz (10%).**

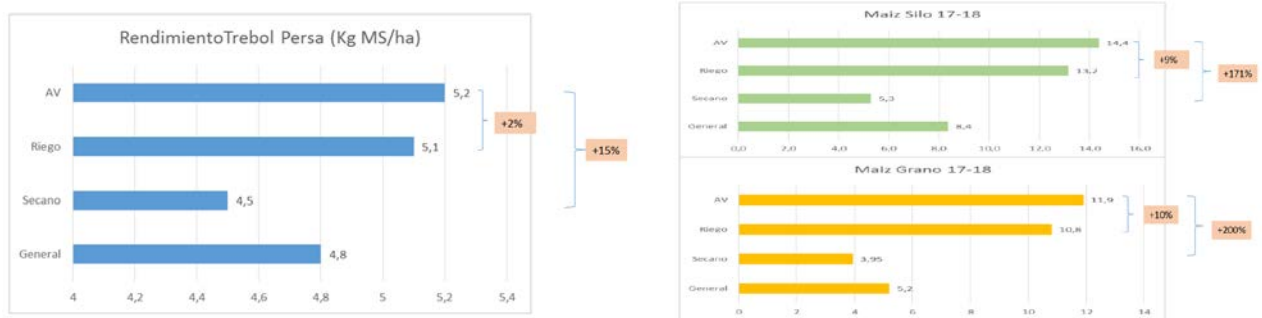


Fig 5. Rendimiento cultivos 2017/2018

3. Conclusiones

El proyecto ESTANCIAS DEL LAGO ha conseguido **reducir la huella ambiental** de su actividad agrícola y ganadera **manteniendo la calidad de su producto** así como su competitividad en los mercados internacionales y asociar su imagen al éxito de la Gestión Ambiental y la Responsabilidad Social.

Este éxito se debe a una visión sostenible de su proceso productivo y a un **diseño integrador e inclusivo de etapas y subproductos que ha encontrado el equilibrio contrarrestando el impacto ambiental generado por la agricultura**, mejorando la producción de los cultivos, **reduciendo la aplicación de fertilizantes químicos y regenerando biológicamente los suelos afectados.**

Para este objetivo, **las soluciones innovadoras de AZUD han contribuido a optimizar la reutilización del agua y han permitido la revalorización de subproductos y efluentes procedentes de la producción agrícola-ganadera.**

Los principales resultados a destacar:

- El **riego con efluentes es viable gracias a su acondicionamiento con las soluciones avanzadas de filtración de AZUD** que garantizan una alta efectividad del proceso de filtrado, una elevada eficiencia de regeneración de los sistemas de filtrado y una reducida frecuencia de activación del proceso de limpieza. Por tanto, consiguen minimizar la generación de residuos, mejorar la calidad del agua, proteger los sistemas de riego y, en definitiva, la eficiencia del proceso, el ahorro de recursos y la reducción del impacto industrial en el entorno.
- El aprovechamiento de los residuos y la obtención de "biofertilizante" con alta carga orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio de origen renovable procedente de las deyecciones ganaderas propias y producido en la misma explotación, **ha permitido a ESTANCIAS DEL LAGO reducir la adquisición y consumo de fertilizantes minerales de origen fósil en un 70%.**

Leche producida	450.000	L/día
Leche en polvo	20.000	Tn/año
Producción propia de grano	17.000	Tn/año
Biocombustibles <i>Generación de energía térmica</i>	2.300	Tn/año
Biofertilizantes sólidos	230	Tn/día

Fig. 6 Datos de producción

- Los análisis realizados indican que el efluente líquido:
 - Promueve el equilibrio nutricional del suelo, aumenta su fertilidad y estimula los microorganismos beneficiosos, por tanto, aumenta su calidad sin dejar residuos tóxicos.
 - Es rico en minerales, aminoácidos, vitaminas y hormonas, mejora el balance nutricional en la planta haciéndola más resistente al ataque de plagas y enfermedades, por tanto, puede considerarse un fertilizante efectivo y un firme competidor de los fertilizantes minerales.

En resumen, este caso demuestra que la producción intensiva sostenible es posible, pero es necesario la inclusión e integración de diferentes tecnologías e ingenierías, ya que es imprescindible la asociación de múltiples actores.

La agricultura y la ganadería pueden ser procesos circulares siempre que se apliquen los sistemas de tratamiento adecuados, por ello, el proyecto ESTANCIAS DEL LAGO no es una excepción. AZUD, cuenta con diferentes plataformas de trabajo con aguas complejas que contienen partículas cuyos tamaños llegan a oscilar desde 20 mm hasta por debajo de 5 micras dónde la concentración de sólidos en suspensión puede alcanzar los 35.000 mg/l. **Sin duda, uno de los puntos críticos del proceso reside en la estabilidad de los digeridos pero el sistema de filtración en serie propuesto por AZUD ha demostrado su capacidad de resiliencia y adaptación a las diversas condiciones de trabajo con garantía de éxito, un logro conseguido gracias a la participación de un gran equipo.**

4. Agradecimientos

El trabajo recogido en este artículo forma parte de la de la convocatoria INTECONNECTA en el proyecto BIOREFINERÍA DE PRODUCTOS FERTILIZANTES PARA AUTO CONSUMO EN EXPLOTACIONES HORTOFRUTÍCOLAS. enmarcado dentro de la convocatoria FEDER INNTERCONNECTA 2016, subvencionado por el CDTI, apoyado por el Ministerio de Economía y Competitividad y cofinanciado con Fondos Estructurales de la Unión Europea dentro del Programa Operativo de Crecimiento Inteligente 2014-2020, así como del proyecto estratégico Ris3MUR REUSAGUA, financiado por la Consejería de Empresa, Industria y Portavocía (Gobierno de Murcia) en el marco del Programa Operativo FEDER 2014-2020.