

MENDOZA
EDICIÓN 2024

6, 7 Y 8
AGOSTO



EXPO AGUA

Y PRODUCCIÓN SUSTENTABLE

VIII Jornadas de Actualización
en Riego y Fertirriego.

Feria Tecnología Agrícola.

RESÚMENES EXTENDIDOS

Expo Agua y Producción Sustentable

VIII Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego

Feria Tecnología Agrícola

RESUMENES EXTENDIDOS

Editores

Daniela Cónsoli

Jimena Estrella Orrego

Diseño gráfico y compaginación

Romina Bordas

El presente contenido: texto y figuras de los resúmenes extendidos de los trabajos, son propiedad exclusiva de los autores

PRODUCIDO Y HECHO EN ARGENTINA

Consoli, Daniela

Expo agua y producción sostenible : VIII Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego : resúmenes extendidos / Daniela Consoli ; Compilación de María Jimena Estrella Orrego ; Daniela Consoli. - 1a ed. - Mendoza : Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-575-274-0

1. Agua. 2. Producción. 3. Riego. I. Estrella Orrego, María Jimena, comp. II. Consoli, Daniela, comp. III. Título.

CDD 623.751

Comité organizador



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

IRRIGACIÓN



**MENDOZA
GOBIERNO**

Comité organizador



Dra. María Jimena Estrella Orrego
Lic. María Sol Balacco
Ing. Agr. Rocío Belén Giaccaglia
Mgter. Ing. Agr. Carlos Esteban Schilardi
Mgter. Ing. Agr. Daniela Virginia Cónsoli
M. Sc. Víctor Mario Lipinski
Dr. Mauricio Pinto
Ing. Agr. Rocío Hernández
Mgter. Ing. Agr. Leandro Damián Martín
Lic. Natalia Gusman



Lic. Elia Pistone
Lic. Guadalupe Agüero



M. Sc. Ing. Adriana Mariani
Mtr. Ing. Agr. Alejandro Antonio Drovandi



Ing. Agr. Fabián Tozzi
Dra. Ing. Agr. Florencia Ferrari



Mgter. Alfredo Draque
Ing. Agr. Gabriela Parodi
Abog. María Victoria Miranda Yunes

Comité científico



Mgter. Ing. Agr. Daniela Virginia Cónsoli
M. Sc. Ing. Agr. Víctor Mario Lipinski
Mgter. Ing. Agr. Carlos Schilardi
Dr. Mauricio Pinto



Lic. Elia Pistone



M. Sc. Ing. Adriana Mariani



Dra. Ing. Agr. Florencia Ferrari

Avaless institucionales



Sede



agencia de
promoción
cultural

Sponsor Platinum



Sponsor Gold



Sponsor Silver

Halpern

Simbios
Nutriendo las bases

 **CUYO
SEEDS**

wilo **Koppert**

Índice

PRÓLOGO	16
EJE 1. AGUA, CLIMA Y PLANIFICACIÓN	20
TRABAJOS CIENTÍFICOS	21
DESEMPEÑO DE DOS SISTEMAS DE RIEGO CONVIVIENTES EN LOS VALLES CALCHAQUÍES	22
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA IRRIGACIÓN EN RÍOS Y ARROYOS DEL CENTRO DE SANTA CRUZ (ARGENTINA)	26
MONITOREO DE NIVELES FREÁTICOS EN EL ÁREA DE PROYECCIÓN PRODUCTIVA DEL VALLE DE LAGO POSADAS – SANTA CRUZ	30
RIESGO SÓDICO EN EL AGUA DE RIEGO EN EL CENTRO DE SANTA CRUZ (ARGENTINA)	34
VAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN EL ÁREA DE REGADÍO DE LA PAMPA	38
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL ROL DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA EN EL USO DEL RECURSO HÍDRICO	42
RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL NOGAL COMO RESPUESTA AL RIEGO DEFICITARIO, EN LA REGIÓN DEL MAULE-CHILE	45
INFLUENCIA DEL PH EN LA MOVILIZACIÓN DE METALES PESADOS	49
MONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ZONAS DE AGRICULTURA INTENSIVA DE MENDOZA	53
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DINÁMICA ISOTÓPICA EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO: PERSPECTIVAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL	57
¿CÓMO SON LAS AGUAS DE RIEGO SUPERFICIALES UTILIZADAS EN EL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA? ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS	61
CALIDAD DE AGUA EN FUENTES DE ABASTECIMIENTO RURALES EN LA ZONA CENTRO Y SUR DE MISIONES	65
PERSPECTIVAS FUTURAS DEL BALANCE HÍDRICO EN EL CULTIVO DEL COCO EN EL ESTADO DE PARÁ, REGIÓN AMAZÓNICA ORIENTAL	69
HISTORIAS AMBIENTALES DEL AGUA EN EL OESTE ARGENTINO. ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS EN RELACIÓN A LAS AGENDAS PÚBLICAS	73
LA HUELLA HÍDRICA CON ENFOQUE INTEGRADO: EL CASO DEL AJO EN LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA	77

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN EL RÍO MENDOZA, COMO HERRAMIENTA DE MANEJO Y GESTIÓN	80
EFFECTOS HIDROLÓGICOS EN PIEDEMONTE TRAS LOS INCENDIOS DE OCTUBRE DE 2023. CASO DE ESTUDIO: LAS COMPUERTAS, LUJÁN DE CUYO, MENDOZA	83
VARIACIÓN DE LA INFILTRACIÓN BÁSICA EN SUELOS CON MANEJO DE BASE AGROECOLÓGICO EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES	87
EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE UN EQUIPO DE RIEGO PIVOT CENTRAL CON TRES MODELOS COMERCIALES DE ASPERSORES	90
EFFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL SECTOR AGRÍCOLA BAJO ESCENARIOS FUTUROS: CUENCA DEL RÍO MAIPO, CHILE	94
BALANCE HIDROLÓGICO EN LA CUENCA DE JESUS MARÍA - RÍO PINTO, PROVINCIA DE CÓRDOBA	98
EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FENOLOGÍA Y CONSUMO DE AGUA EN ÁRBOLES DE AVELLANO EUROPEO	102
EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL RIEGO Y MEJORAS DE GESTIÓN HÍDRICA PARCELARIA EN LAS CUENCAS DEL RÍO TUNUYÁN Y MENDOZA	106
EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN FERTIRRIEGO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN ZAPALLO ACONCAGUA INTA	110
EXPERIENCIAS PRODUCTIVAS	115
USO DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MENDOZA Y SU IMPACTO EN EL TRAMO INFERIOR DEL RÍO	116
CONTAMINANTES EMERGENTES. DETECCIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN CUENCAS HÍDRICAS	119
CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DE RIEGO SUPERFICIAL EN LA ZONA DE LA HIJUELA ESTEBAN, EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA	122
EVALUACIÓN DEL RIEGO EN EMPRENDIMIENTO RURAL INTEGRADOR JANUS, RIO NEGRO	124
EXPERIENCIAS DE NIVELACIÓN DE TIERRAS PARA RIEGO EN UN PROYECTO MINIFUNDIO-PROFEDER	127

DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE FACTORES DE ESTRÉS EN VIÑEDOS DE LAS PAREDES, SAN RAFAEL	130
DE LA PARCELA EXPERIMENTAL A LA PRODUCCIÓN A GRAN ESCALA DEL CULTIVO DE TRIGO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN	132
TRANSFORMACIONES DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y SU VÍNCULO CON LA GOBERNANZA DEL AGUA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	135
PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE UNA OBRA DE SISTEMATIZACIÓN DE ESCURRIMIENTOS EN LA CIUDAD DE RÍO COLORADO, RÍO NEGRO	138
EJE 2. TECNOLOGÍAS DE GESTIÓN DEL AGUA	140
TRABAJOS CIENTÍFICOS	141
CULTIVO DE MOHA (SETARIA ITALICA) EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA	142
EVALUACIÓN DEL BOMBEO SOLAR FOTOVOLTÁICO EN UN SISTEMA DE RIEGO COMUNITARIO EN LOS VALLES CALCHAQUÍES	145
VALIDACIÓN DE UN MÉTODO DE TELEDETECCIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE ALGODÓN BAJO RIEGO	149
RESPUESTA PRODUCTIVA DEL PISTACHERO A ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA	153
EFFECTO DE DISTINTOS NIVELES DE RIEGO EN NOGAL DE ALTA DENSIDAD SOBRE ESTADO HÍDRICO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE NUECES EN TUNUYÁN, MENDOZA	157
EVALUACIÓN DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE RIEGO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE ACEITE Y DEL AGUA EN OLIVARES EN SETO CON MECANIZACIÓN INTEGRAL DE PODA Y COSECHA EN FAMATINA, LA RIOJA	161
IRRI-DRIPPER: SISTEMA VIGÍA DEL RIEGO PRESURIZADO – FASE 1	165
EFICIENCIA HÍDRICA DEL CULTIVO DE QUINUA EN EL VALLE DE TULUM, SAN JUAN: EFECTOS EN LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE GRANOS	169
COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO Y RIEGO POR SURCO EN UN CULTIVO HORTÍCOLA TRADICIONAL DEL OASIS SUR DE LA PROVINCIA DE MENDOZA	173

LA IMPORTANCIA DEL VOLUMEN DE SUELO MOJADO EN EL CULTIVO DE NOGAL. ESTRATEGIAS DE RIEGO EN SUELOS DE ESCASA RETENCIÓN HÍDRICA	177
INFLUENCIA DEL RIEGO CON AGUA SALINA EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE VARIEDADES VINÍFERAS Y PORTAINJERTOS	181
DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE CULTIVO (KC) PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL RIEGO EN AJO MORADO INTA, EN MENDOZA, ARGENTINA	184
EXPLORANDO LOS DESAFÍOS Y ESTRATEGIAS EN LA AGRICULTURA DE SAN JUAN: UN ESTUDIO DE CASO EN EL VALLE DE TULUM DESDE LA PERSPECTIVA DEL NEXO AGUA-ENERGÍA-ALIMENTOS-TERRITORIO	188
CALIBRACIÓN A CAMPO DE SENSOR DE POTENCIAL HÍDRICO CONTÍNUO. LIMITACIONES Y POTENCIALIDADES	192
EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN CEBOLLA	197
ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DEL RIEGO POR PIVOTE CENTRAL EN LA REPÚBLICA ARGENTINA EN EL PERÍODO 1995-2020	201
ESTIMACIÓN DE CULTIVOS BAJO RIEGO POR PIVOTE CENTRAL EN EL SUDESTE DE BUENOS AIRES MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES	205
COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES FREATICOS EN UN AREA PILOTO DEL ALTO VALLE DE RIO NEGRO Y NEUQUÉN	209
NECESIDADES DE AGUA DE PERALES Y MANZANOS EN EL ALTO VALLE DE RIO NEGRO Y NEUQUÉN	213
ENSAYOS PRELIMINARES DE UN REACTOR DE PLASMA A ESCALA PILOTO PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUA: OXIDACIÓN DE ÍNDIGO CARMÍN	217
REMEDIACIÓN DE EFLUENTES DE CRIADERO DE CERDOS UTILIZANDO PLASMAS NO TÉRMICOS	220
DEGRADACIÓN DE GLIFOSATO EN AGUA: RESULTADOS PRELIMINARES EMPLEANDO UN REACTOR DE PLASMA A ESCALA PILOTO	224
IMPACTO DEL FERTIRRIEGO POR SURCO ALTERNO EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA EL VALLE INFERIOR DE RIO NEGRO	227
AGUA ACTIVADA POR PLASMA PARA RIEGO: UNA NUEVA TÉCNICA DE FERTILIZACIÓN APLICADA A PLANTAS DE PIMIENTO	231

EFFECTOS DEL RIEGO DEFICITARIO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EFICIENCIA DE USO DEL AGUA EN QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD.)	235
EJE 3. ECONOMÍA, EDUCACIÓN, LEGISLACIÓN Y GOBERNANZA DEL AGUA	239
TRABAJOS CIENTÍFICOS	240
MODERNIZACIÓN DEL RIEGO FINANCIADO POR LA TARIFA UTILIZANDO LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS	241
ANÁLISIS DE ESCENARIOS DEL COSTO ECONÓMICO DEL RIEGO PRESURIZADO CON PIVOTE CENTRAL EN EL ÁREA DE REGADÍO DE LA PAMPA	245
LOS CONFLICTOS DE DERECHOS EN LA GOBERNANZA DEL AGUA	249
TRANSICIÓN ENERGÉTICA, RENOVABLES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN ARGENTINA. DESAFÍOS REGULATORIOS DESDE EL ENFOQUE DE NEXO AGUA – ENERGÍA	252
IMPLICANCIAS DEL ROL DE LA MUJER EN LA GOBERNANZA DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MENDOZA	256
GESTIÓN PARTICIPATIVA DE CUENCA: ACTORES Y TOMA DE DECISIONES	260
EVOLUCIÓN DE TARIFAS DE CANON DE AGUA Y PRECIOS DE UVA EN LA PROVINCIA DE MENDOZA. ANÁLISIS DE ELASTICIDADES	264
RESPUESTAS DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE ANTE EVENTUALES VARIACIONES EN LA TARIFA DE COBRO VOLUMÉTRICO DEL SERVICIO	268
EXPERIENCIAS PRODUCTIVAS	272
ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA LA GESTIÓN DE DISTRITOS Y MÓDULOS DE RIEGO EN MÉXICO	273
APOYO A LA GESTIÓN PARA EL ACCESO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE AGRICULTORES FAMILIARES DEL PARAJE LA PALMIRA, ITATÍ	275
USO DE COBERTURA DE SUELOS EN PRODUCCIONES INTENSIVAS PERIURBANAS COMO ALTERNATIVA PARA EL MANEJO DEL AGUA DISPONIBLE	277
ORGANIZACIÓN DE LA AGRICULTURA FAMILIAR PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN ITATÍ, CORRIENTES	279

IMPLICANCIAS DE LA APLICACIÓN DEL ACUERDO DE ESCAZÚ EN LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	281
EL CENTRO DE ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARIOS DEL AGUA COMO EXPERIENCIA INSTITUCIONAL DE COLABORACIÓN	284
LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA: LA EXPERIENCIA DE LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DEL AGUA (FCV-UBA)	286
EMERGENCIA AMBIENTAL	289
EXPERIENCIA PRE PROFESIONAL EN MEDICIÓN DE COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	291
JÓVENES RURALES EN ACCIÓN POR EL CLIMA	294
TEORÍA EN ACCIÓN: EXPERIENCIA EN EL DESARROLLO DE CAPACIDADES PARA LA GIRH	297
CREANDO VALOR EN LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO: EL CASO DE LA ESCUELA DE OFICIOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	300
TRANSFORMACIÓN PROFESIONAL: LA NUEVA MAESTRÍA EN RIEGO Y DRENAJE	303
HACIA UN ANÁLISIS INTEGRAL DEL REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS. HUELLA HÍDRICA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL ACRE CAMPO ESPEJO EN MENDOZA, ARGENTINA	305
CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA CON FUENTES DE DATOS SECUNDARIAS. EL CASO DE CAMPO ESPEJO, MENDOZA	309



PRÓLOGO

La gestión del agua es, sin lugar a dudas, el desafío central de nuestro tiempo. En un contexto global donde el cambio climático, el aumento demográfico y las actividades agroindustriales ejercen una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos, el evento “Expo agua y producción sustentable” se erige como una plataforma esencial para la búsqueda de soluciones. En este escenario, la provincia de Mendoza no es solo un anfitrión, sino una verdadera usina de conocimiento y un laboratorio viviente. Sus características geoclimáticas, marcadas por un clima árido, han obligado a desarrollar una cultura de gestión hídrica de vanguardia. La vital dependencia de la nieve en la montaña como única fuente de agua para regar un escaso 4% de su superficie agrícola ha impulsado, a lo largo de décadas, una sólida institucionalidad y una profunda experiencia en la administración del agua. Este libro de resúmenes es un testimonio de un evento que trascendió la mera discusión, para articular respuestas integrales, científicas y productivas a diversas problemáticas relacionadas con el agua. Su propósito es difundir experiencias e investigaciones que sirvan de guía o herramienta para todos los actores comprometidos con la gestión sostenible del recurso, desde investigadores y legisladores hasta productores y estudiantes.

La Expo Agua y Producción Sustentable 2024 fue un encuentro científico-productivo que contribuyó a la problemática del agua para lograr una producción sustentable de alimentos. Este evento incluyó las VIII Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego y una Feria de Tecnología Agrícola. Este encuentro científico-productivo se concibió bajo la premisa de que las estrategias para una mejor gestión hídrica deben ser integrales. Las ponencias y trabajos presentados abordaron la temática desde perspectivas ambientales, tecnológicas, económicas e institucionales, favoreciendo el intercambio de experiencias y la construcción de propuestas orientadas a la sustentabilidad. Las jornadas fueron estructuradas en tres ejes temáticos interconectados que exploraron problemas y propusieron soluciones.

Agua, Clima y Planificación:

Se analizó la necesidad de fortalecer la resiliencia frente al cambio climático, considerando los efectos de las sequías prolongadas y de los eventos hidrológicos extremos. Se destacó la importancia de la gestión integrada de aguas superficiales y subterráneas, mostrando experiencias de organización de consorcios de usuarios en Córdoba para el manejo colaborativo de acuíferos, así como modelos de gestión internacional, como el sistema de alerta temprana de la Confederación Hidrográfica del Ebro en España entre otros trabajos y experiencias productivas presentados.

Tecnologías de Gestión del Agua:

Se presentaron avances vinculados al riego inteligente y la digitalización, con el uso de sensores y plataformas de monitoreo en tiempo real que permiten ahorrar agua y mejorar la rentabilidad de los cultivos. También se expusieron experiencias en cultivos de alto valor donde la automatización del riego incrementó la eficiencia y redujo errores operativos. Más allá del riego, se mostraron otras tecnologías transformadoras como drones para mapear el estrés hídrico, la reutilización de aguas residuales tratadas y el uso de energías renovables en sistemas de bombeo.

Economía, Educación, Legislación y Gobernanza del agua:

El tercer día fue un recordatorio crucial de que la tecnología y la ciencia solo son efectivas cuando se enmarcan en una gobernanza sólida y en un compromiso social y económico



compartido. Se presentaron trabajos que examinaron modelos legislativos exitosos a nivel internacional, como la Ley de Manejo Sustentable de Aguas Subterráneas de California (SGMA), que obliga a las agencias locales a liderar la gestión de sus acuíferos, y la Ley Orgánica de Recursos Hídricos de Ecuador, que prohíbe la privatización y reconoce el agua como un derecho humano. Estos ejemplos sirvieron para reforzar la idea de que las políticas públicas deben ser el motor para impulsar la acción y garantizar el acceso equitativo.

Un aspecto central de la discusión fue el fortalecimiento del vínculo entre la academia, el sector público y el privado. El evento no sólo congregó a científicos e investigadores, sino que también articuló la participación de ministerios, comunidades de usuarios, empresas y organizaciones de la sociedad civil. Esta diversidad de voces permitió compartir experiencias y consolidar aprendizajes, evidenciando que la colaboración intersectorial es la clave para diseñar e implementar sistemas de gestión del agua más eficientes, equitativos y sostenibles.

En esta oportunidad, a las tradicionales Jornadas de Riego y Fertirriego se sumó una Feria de Tecnología Agrícola, donde numerosas empresas del sector tuvieron la posibilidad de mostrar sus productos, innovaciones y servicios. Esta articulación entre la esfera científica y el ámbito empresarial enriqueció el encuentro, permitiendo que productores, investigadores y estudiantes conocieran de primera mano las herramientas disponibles y los avances que ya se encuentran en el mercado, fortaleciendo así el vínculo entre conocimiento, tecnología y producción.

Quiero reconocer a los organizadores de esta edición: la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, el Instituto Nacional del Agua (INA), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Departamento General de Irrigación y el Gobierno de Mendoza, por hacer posible este espacio de encuentro entre ciencia, producción, tecnología y comunidad. Asimismo, destacó la colaboración de la Municipalidad de Luján de Cuyo, que ofreció el predio donde se desarrollaron las actividades, contribuyendo de manera decisiva a la concreción de este evento. También señaló el acompañamiento de numerosas empresas que se sumaron como sponsors y la participación de destacados referentes del ámbito local, nacional e internacional, cuyas conferencias magistrales y presentaciones enriquecieron y jerarquizaron el intercambio de experiencias.

Personalmente, como investigador que he dedicado más de cuarenta años a este campo y he estado presente como organizador y expositor en todas las Jornadas de Riego y Fertirriego realizadas, valoro profundamente haber retomado estos encuentros luego de la interrupción causada por la pandemia. Considero imprescindible darles continuidad en el tiempo, porque constituyen un espacio para acercar sectores, compartir experiencias y fortalecer la construcción colectiva de soluciones que garanticen un futuro hídrico con un manejo de agua más eficiente y sustentable.

Sostener en el tiempo estos encuentros asegura que el conocimiento y la cooperación sigan orientando la gestión del agua en nuestra región y en el mundo.

Víctor Mario Lipinski

*Comité Científico VII Jornadas de Actualización
en Riego y Fertirriego y colaborador activo
de todas las ediciones anteriores.*



Conferencistas

ORGANISMOS INTERNACIONALES

- **Luis Loyola, Banco Mundial.** "Optimizar la gestión del agua en la agricultura – un desafío para la sostenibilidad global"
- **Ricardo Villalba, CONICET, IPCC.** "Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos del Oeste Argentino".

CHILE

- **Claudio Balbontin, FONTAGRO, Chile.** "Nuevas tecnologías para el aumento de la eficiencia del uso del agua en la agricultura de ALC al 2023: PLAS-ALC".
- **Samuel Ortega, UTalca, Chile.** "Avances tecnológicos para estimar los requerimientos hídricos frutales y viña: una experiencia práctica en la Región del Maule, Chile".
- **Cristian Jordan, PUCC, Chile.** "Avances y los desafíos de la modernización del riego en un contexto de cambio climático. Lecciones del caso chileno en el fomento al riego".

ESPAÑA

- **Joan Girona, IRTA, España.** "Eficiencia de Uso de Agua y Cambio Climático"
- **Ricardo Aliod, UNIZAR, España.** "Oportunidades y desafíos de la distribución de agua presurizada en el regadío".

FRANCIA

- **Hernán Ojeda INRA, Francia.** "La vid y el vino frente al cambio climático y a las demandas sociales".

ARGENTINA

- **Bárbara Civit, UTN, CONICET.** "La huella de agua en la industria 4.0".
- **Rubén Villodas, DGI.** "Plan hídrico de Mendoza".
- **Ezequiel Toum, CONICET.** "Dinámica hidroclimática y proyección de la oferta hídrica en la cuenca del Río Mendoza".
- **Walter Barchiesi, DGI.** "Infraestructura Hídrica para el desarrollo de Mendoza".



- **Victor Lipinski, INTA, FCA.** "Tres Décadas de Investigación en Riego y coeficientes de cultivo (Kc): Implicancias en la Agricultura de Mendoza".
- **Leandro Napolitano, DGI.** "Software y tecnología en la distribución superficial del recurso hídrico".
- **Mauricio Pinto, FCA.** "La regulación del regadío. Estado actual y perspectivas".
- **Marcela Andino, DGI.** "Proceso participativo para la construcción del Código de Aguas de Mendoza".
- **Agustín Speridione, DGI.** "Estado de Situación actual de los acuíferos de Mendoza: líneas de acción para la gestión futura".
- **Nicolás Bonanno, Municipalidad de Luján de Cuyo.** "Plan Director de Aguas Luján. Ejes principales y su planificación estratégica".
- **Carlos Schilardi y Jimena Estrella, FCA.** "Agua, educación y vinculación: alianzas estratégicas para su sustentabilidad".
- **Silvana Bardini y Mariela Gomez, DGI.** "Programa de Educación y Gobernanza del agua del DGI.



EJE 01

Agua, clima y planificación

EJE 01

Trabajos cientificos

DESEMPEÑO DE DOS SISTEMAS DE RIEGO CONVIVIENTES EN LOS VALLES CALCHAQUÍES

Diblasí Federico José¹, Salgado Ramiro²

¹Dirección de Recursos Hídricos de la provincia de Tucumán, ²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

ing.diblasifederico@gmail.com.

Introducción

La evaluación del desempeño de los sistemas de riego es esencial para la gestión agrícola en un contexto de aumento de la demanda alimentaria y escasez de agua. Este proceso, aunque complejo debido a múltiples variables como el clima, diseño del sistema y factores socioeconómicos, se centra en aspectos comunes de la agricultura de regadío. Para ello, se emplean indicadores para evaluar el rendimiento del sistema, que van desde procesos internos hasta comparaciones con otros sistemas, crucial para el diagnóstico y mejora continua de los sistemas evaluados (Malano et al., 2004).

La evaluación del desempeño de los sistemas de riego permite diferenciar la calidad del servicio, tanto internamente como externamente, y compararla entre sistemas similares con diferentes estructuras socio-económicas y gestiones para identificar áreas de mejora y puntos críticos en todos los niveles (Salgado et al., 2021).

Desde tiempos ancestrales El Pichao, ubicado en Colalao del Valle, provincia de Tucumán, se caracterizó por la vida de sus asentamientos ligada a la agricultura centrada en cultivos de regadío. En el año 2015 se inauguró, dentro del sistema de riego de canales abiertos existente, un sistema de riego presurizado. La adopción fue limitada debido a barreras económicas y de conocimiento sobre el nuevo sistema por parte de los agricultores. Posteriores subvenciones estatales facilitaron una mayor adopción, pero la falta de información sobre el funcionamiento actual de ambos sistemas convivientes genera incertidumbre sobre su desempeño. Evaluar el rendimiento a través de indicadores ampliamente utilizados para la evaluación del desempeño donde coexisten ambos sistemas es crucial para identificar áreas de mejora que impacten directamente en la productividad y economía de los agricultores, proporcionando referencias para futuros estudios.

Objetivo

Evaluar el desempeño de dos sistemas de riego que conviven en el sistema de riego El Pichao, el tradicional de canales abiertos y el sistema de entrega presurizado, utilizando indicadores universalmente aplicables y comparables para obtener referencias para la toma de decisiones de los gestores, el gobierno, o para futuros estudios sobre la evaluación comparativa de los sistemas de riego.

Materiales y Métodos

El sistema de riego de El Pichao (26°21' 23.19 "S; 66° 1' 39.52"W) se encuentra ubicado en Colalao del Valle, Tafí del Valle, provincia de Tucumán, Argentina. La altitud va de los 2000 msnm a los 2300 msnm. El sistema abastece a unas 90 has a través de dos fuentes de agua, el río El Pichao con un caudal medio de 30 l s⁻¹ y el río La Tranca con un caudal medio de 12 l s⁻¹. El clima

es típico de desierto, la temperatura media anual es de 18°C, la máxima media de 27°C y la mínima media de 8°C según registros de la estación meteorológica de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres ubicada en Colalao del Valle (26°22'38"S; 65°57'57"W; 1720 msnm) a 6 km de distancia. La precipitación anual media es de 148 mm, mientras que la evapotranspiración de referencia (ET_o) es de 1741 mm determinando un balance hídrico negativo. Los suelos son de textura franco arenosa, con escaso desarrollo, de origen aluvional y bajos en fertilidad y contenido de agua a capacidad de campo de 17 %vol vol⁻¹ y en punto de marchitamiento permanente del 7 %vol vol⁻¹ con 106 mm de agua disponible total al metro de profundidad.

Dos sistemas conviven en El Pichao, ambos abastecidos desde un mismo reservorio: **1)** El sistema entrega, a 27 usuarios, por canales construidos en piedra y junta tomada con una eficiencia de conducción del 70%. El agua se distribuye a través de dos canales matrices, matiz norte con 2 tomas directas y matriz sur con 9 tomas directas y subderivadores que entregan a las fincas. En el sistema se riegan 79,6 has por manto o inundación. **2)** El sistema de entrega presurizado se abastece del reservorio por una cañería de PVC de 250 mm que se reduce a 50 mm en el trayecto con entregas en finca que van de los 110 mm a los 50 mm de diámetro. En el sistema se riegan 14,7 has con riego por goteo y microaspersión, el mismo abastece a 3 usuarios de riego.

El periodo de evaluación fue entre julio de 2023 y junio de 2024 abarcando una temporada de riego. La información climática se registró en una estación meteorológica Daza® (DZWH2900) ubicada dentro del sistema de riego (26°20'56"S; 66°01'39"W). Los gestores de los sistemas aportaron la información necesaria hasta escala de campo sobre cultivos, superficie regada, turnos de riego (fecha y duración), suministro de agua de las entradas en finca que se verificaron mediante inspecciones de campo y aforos puntuales confrontando la estimación de descarga realizada por los tomeros. El indicador seleccionado para evaluar el desempeño fue el Suministro Relativo de Riego (SRR): $SRR = \frac{\text{Agua suministrada}}{\text{Necesidades netas de riego}}$, que indica como el riego cubre la brecha de las necesidades de agua de los cultivos luego de las lluvias y brinda una perspectiva de la condición de abundancia o escasez de agua en un periodo de tiempo determinado, calculado para cada toma directa y subderivados en ambos sistemas. Las necesidades netas de riego se estimaron para cada cultivo a partir de un balance hídrico diario del suelo en la zona de las raíces utilizando el software CROPWAT® (Versión 8.0, 2009) que utiliza el procedimiento propuesto por FAO para calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c) basado en la estimación de la ET_o y un coeficiente de cultivo (K_c) para las diferentes etapas del cultivo que crece en condiciones estándar, tal que $ET_c = K_c ET_o$ (Allen et al., 1998). Los parámetros utilizados por CROPWAT® se presentan en la Tabla 1.



Tabla 1 – Parámetros de cultivo utilizados por CROPWAT® para calcular las necesidades netas de riego a través del procedimiento estándar de FAO 56: K_c : coeficiente de cultivo estándar para cada etapa; $Z_{r,max}$: máxima profundidad efectiva de raíz; p : fracción de agua disponible total en el suelo agotada antes de presentarse estrés hídrico.

Parámetro	Cultivo					
	Cereal invierno	Alfalfa	Vid	Papa	Nogal	Cereal verano
Fecha de inicio del balance (dd/mm)	01/08	15/07	15/06	03/01	15/06	20/12
Fecha de fin del balance (dd/mm)	04/11	14/07	23/04	08/04	23/04	05/06
Duración de las etapas (días)	95	365	305	95	305	140
Etapla inicial (días)	20	60	60	25	60	25
Etapla media (días)	45	190	185	45	185	85
Etapla final (días)	30	115	60	25	60	30
K_c Inicial	0,30	0,35	0,50	0,20	0,55	0,18
K_c Medio	1,13	0,93	0,69	1,12	1,1	0,50
K_c Final	0,89	0,81	0,35	0,66	0,54	1,19
$Z_{r,max}$ (m)	0,80	1,25	1,00	0,40	1,50	0,80
p	0,55	0,55	0,50	0,35	0,40	0,50

Resultados

La precipitación registrada para el periodo evaluado fue de 292 mm. Para ambos sistemas de riego la cantidad de turnados fue la misma (14) en el periodo evaluado. El caudal por turno entregado para el sistema de canales abiertos fue de 241 m³ h⁻¹, en el presurizado fue de 15, 70 y 75 m³ h⁻¹ relacionado con el diámetro de cañería en la toma de finca. La duración media de los turnados fue de 4,4 h ha⁻¹ ($\pm 1,1$) para el sistema de canales abiertos y 8,7 h ha⁻¹ ($\pm 4,6$) para el presurizado. A pesar de ello, el volumen derivado no se diferenció significativamente entre sistemas (Tabla 2).

Se debe tener cuidado en la interpretación del *SRR*, si el valor de *SRR* es inferior a 1, entonces la demanda es mayor que la oferta de suministro de agua de riego, y el riego es deficitario. Contrariamente, si el valor de *SRR* es superior a 1, entonces se está regando en exceso. En este estudio, el *SRR* estuvo por debajo de la unidad en ambos sistemas denotando subirrigación y, a pesar de no diferenciarse significativamente, en el sistema presurizado estuvo más cercano a la unidad que en el de sistemas de canales abiertos (Tabla 2). Estudios de diferentes partes del mundo concluyen que la precipitación efectiva anual se relaciona positivamente con el *SRR* y que aquellos casos con sistemas de riego localizados o de aspersión en finca presentan un *SRR* promedio similar y cercano a la unidad (Benavides et al., 2021). Sumado a esto, el patrón de cultivo marca que las necesidades netas de riego son mayores en el sistema de canales abiertos donde la alfalfa y la avena demandan agua de riego en periodos donde los cultivos perennes como la vid y el nogal no reciben riego (Tabla 2).



Tabla 2 – Superficie total regada de cada cultivo, necesidades netas de riego, Volumen derivado por hectárea medio y Suministro Relativo de Riego (*SRR*) para cada sistema de riego de El Pichao. Entre paréntesis, la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre sistemas, probabilidad del 95% (prueba LSD).

Cultivo							Necesidades netas de riego	Volumen derivado	<i>SRR</i>
	Avena	Alfalfa	Vid	Papa	Nogal	Maíz			
Sistema de Riego	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(m ³ ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹)	
Canales	4,0	8,6	-	0,7	62,2	1,1	8985a (1971)	6300a (2766)	0.7a (0.3)
Presurizado	-	-	7,8	-	6,9	-	8598a (2265)	7020a (4795)	0.8a (0.5)

Conclusiones

En la evaluación del desempeño de los sistemas de riego la elección del indicador adecuado es clave para poder comparar sistemas con diferencias estructurales. Para este caso de estudio donde se comparó un sistema de entrega por canales abiertos y otro presurizado, el Suministro Relativo de Riego permitió identificar que en ambos sistemas se practica el riego deficitario.

La posibilidad de flexibilizar el turnado de riego en ambos sistemas podría permitir una planificación adecuada del riego dentro de las fincas y adecuarla al patrón de cultivos que se realiza actualmente.

Bibliografía

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9), D05109.
- Benavides, J., Hernández-Plaza, E., Mateos, L., & Fereres, E. (2021). A global analysis of irrigation scheme water supplies in relation to requirements. *Agricultural Water Management*, 243, 106457.
- Malano, H., Burton, M., & Makin, I. (2004). Benchmarking performance in the irrigation and drainage sector: a tool for change. *Irrigation and Drainage: The Journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, 53(2), 119-133.
- Salgado, R., Salvatierra, J. I., Mitre, C., Prieto Garra, D., Angella, G. A., Arriaza, M., & Mateos, L. (2021). Irrigation management transfer: the experience of the Río Dulce irrigation scheme, Argentina. *Irrigation and Drainage*, 70(4), 845-860.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA IRRIGACIÓN EN RÍOS Y ARROYOS DEL CENTRO DE SANTA CRUZ (ARGENTINA)

Díaz Boris Gastón^{1*}, Acuña Adrián², Almonacid Leandro³, Bertoni Ornella², Bertinat Mariano⁴, Peri Pablo Luis^{1,5}.

¹Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Santa Cruz (Argentina), ²Laboratorio Regional de Investigación Forense (Santa Cruz), ³Investigador independiente, ⁴Secretaría de Estado de Ambiente de Santa Cruz (Argentina), ⁵CONICET.

diaz.boris@inta.gob.ar

Introducción

La irrigación en valles fluviales ha sido una práctica común en Santa Cruz desde mediados del siglo XX. Ésta, ha comenzado a implementarse aceleradamente en décadas recientes representando una presión creciente en el uso consuntivo de aguas superficiales, debido principalmente a una mayor frecuencia de eventos de sequía. Si bien el riego complementario puede mejorar significativamente la producción primaria neta del pastizal hasta 10-20 veces, también puede producir impactos negativos como la sodicidad o la salinidad del suelo debido a una mala gestión del riego. Comprender la calidad del agua resulta central en la gestión exitosa de la agricultura de regadío, para complementar las precipitaciones y el deshielo estacional, como una alternativa durante etapas críticas del ciclo de crecimiento de pastizales y pasturas. Solo los fenómenos de salinidad y sodicidad combinados han causado un 23,5% de la degradación de la tierra por irrigación en Argentina, representando unas 500.000 ha (FAO y ITPS 2015). El seguimiento periódico de la calidad del agua de riego es, por tanto, una herramienta esencial para comprender las interacciones con el suelo y la vegetación, así como para apoyar decisiones sobre uso, gestión y conservación en un contexto de sostenibilidad. Si bien ha habido un interés considerable en este tema en todo el mundo y el país, solo se han realizado unos pocos estudios puntuales en la Patagonia Austral y en la provincia de Santa Cruz en particular.

Objetivo

En este trabajo analizamos la aptitud de diversas fuentes de agua para la irrigación en la región central de la provincia de Santa Cruz, a partir de un conjunto de indicadores ampliamente utilizados para la detección de riesgos de sodicidad y salinidad para los cultivos.

Materiales y métodos

El área de estudio involucró dos regiones hidrográficas de la Patagonia Continental Austral, de vertiente atlántica, que cubren 63.910 km² en la provincia de Santa Cruz (Figura 1). La primera corresponde al río Santa Cruz (RH09), con 29.703 km² de extensión desde el Campo de Hielo Sur hasta su desembocadura. Esta región presenta un régimen de alimentación mixto glacio-pluvio-nival y una producción media de 22.497 hm³/año, equivalente a un módulo de 713,4 m³/s (estadísticas 1956-2022). La segunda corresponde al río Chico Central (RH14), tributario del estuario del río Santa Cruz. Con 34.207 km² de extensión, presenta un escurrimiento de 498 hm³/año, equivalente a un módulo de 15,8 m³/s (estadísticas 2016-2023), con un régimen de alimentación mixto nivo-pluvial. Se analizaron 121 muestras de agua superficial procedentes de 25 cursos permanentes, 70 de las cuales durante fines de invierno y comienzo de primavera y 51

al final del verano, entre los años 2017 y 2022, ambas estaciones representativas de momentos de máximo y mínimo caudal estacional (Tabla 1). Las muestras de RH14 (en total 67) proceden de campañas propias de este trabajo, mientras que las respectivas de RH09 (en total 54) de monitoreos regulares realizados en el marco del proyecto de construcción de represas hidroeléctricas en el río Santa Cruz, y analizados en este trabajo bajo autorización de la Secretaría de Estado de Ambiente de la provincia.

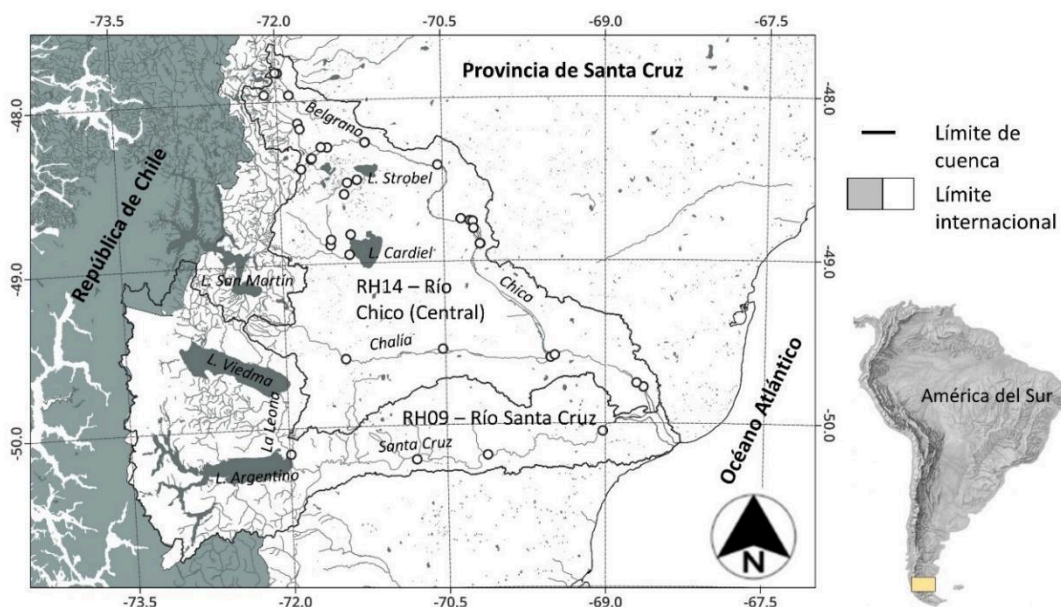


Figura 1. Sitios de muestreo de aguas superficiales en la región central de la provincia de Santa Cruz.

El manejo de equipos en campo, su limpieza, los métodos de muestreo de agua y su acondicionamiento para conservación y transporte se implementaron según protocolos estandarizados del CCME (2011). Se determinó la concentración de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- y sólidos totales disueltos (STD), el pH y la conductividad eléctrica estandarizada (CE_E) mediante procedimientos Standard Methods 23ª Ed. Para evaluar el riesgo de sodicidad, se utilizaron cuatro indicadores basados en estos analitos (Díaz et al., 2024): (i) índice de adsorción de sodio (SAR), (ii) SAR ajustado (SAR_{aj}) cuando las muestras presentaron concentraciones de CO_3^{2-} y HCO_3^- superiores a 200 mg/l con $\text{pH} > 8,5$, (iii) carbonato de sodio residual (RSC), y (iv) porcentaje de sodio soluble (SSP). Para evaluar el riesgo de salinidad, se utilizaron cuatro indicadores (Díaz et al., 2024): (i) CE_E y (ii) STD, ambos altamente correlacionados con la concentración de sales solubles, (iii) salinidad efectiva (SE) y (iv) salinidad potencial (SP), este último recomendado en suelos en los cuales el contenido de humedad suele ser encontrarse por debajo del 50%.

Resultados y discusión

El pH de las aguas se encontró mayormente próximo a la neutralidad en ríos y arroyos de la RH09 y ligeramente alcalino en RH14. Su variabilidad interanual y entre estaciones fue baja a pesar de los contrastes de caudal entre estaciones. Los iones Ca^+ y Mg^+ fueron dominantes, acompañando al HCO_3^- durante el verano y junto al Cl^- durante invierno-primavera. Así, las aguas resultaron del tipo predominantemente bicarbonatadas magnésicas en el primer caso, con bajos valores de RAS y CE_E (Tabla 1) que permiten clasificarlas como de bajo riesgo salino sódico según el US Laboratory of Salinity (S1C1). Hacia finales de invierno, una proporción importante



de las aguas variaron a una mezcla bicarbonatada magnésica - clorurada cálcica, siendo éste, junto al anterior mencionado, los tipos dominantes en la estación. Al final del invierno y comienzo de primavera ocurre el pico del hidrograma anual en RH14. Si bien RAS y CE_E son ligeramente menores respecto al verano, reflejándose en todos los indicadores ensayados (Tabla 1), esto no determina saltos de categorías de aptitud con la sola excepción de unas pocas muestras. Los ríos Chalia y Cardiel evidenciaron RAS entre 4,0-5,0 y $CEE > 1.500 \mu S/cm$ (S2C2 y S2C3). Las aguas de RH09 también resultaron una mezcla bicarbonatada magnésica-clorurada cálcica durante el verano y del tipo predominante bicarbonatadas magnésicas en la estación de bajos caudales (Tabla 1). Las aguas de RH09 presentaron los valores más bajos para todos los indicadores evaluados (Tabla 1) y las clasificaciones de aptitud resultaron siempre del tipo S1C1.

Tabla 1. Estadísticos de los indicadores de salinidad y sodicidad obtenidos en muestras de agua de las Regiones Hidrográficas de los ríos Santa Cruz (RH09) y Chico Central (RH14), entre los años 2017 y 2022. Los datos se presentan como promedios $\pm$ desvíos estandarizados y el coeficiente de variación porcentual entre paréntesis.

INDICADOR	FINAL INVIERNO / PRIMAVERA		VERANO	
	RH 09	RH 14	RH 09	RH 14
Q estacional	mínimo	máximo	máximo	mínimo
pH	7,6 $\pm$ 0,5 (6,2)	8,4 $\pm$ 0,2 (2,9)	7,4 $\pm$ 0,2 (2,8)	8,3 $\pm$ 0,2 (2,9)
RAS ^a	0,43 $\pm$ 0,55 (128,7)	0,45 $\pm$ 0,32 (69,7)	0,15 $\pm$ 0,15 (99,6)	0,82 $\pm$ 0,98 (119,6)
RAS _{aj} ^{b *}	-	-	-	4,24 (casos válidos: 2)
CSR ^c (meq/l)	-0,01 $\pm$ 0,12 (156,8)	-0,29 $\pm$ 0,19 (66,1)	0,00 $\pm$ 0,07 (148,9)	0,20 $\pm$ 0,64 (256,0)
PSS ^d (%)	21,3 $\pm$ 17,6 (82,5)	21,9 $\pm$ 9,3 (42,5)	11,4 $\pm$ 5,5 (48,3)	28,0 $\pm$ 13,1 (46,7)
CE_E ^e ($\mu S/cm$)	67,9 $\pm$ 41,4 (60,9)	98,2 $\pm$ 50,9 (51,9)	62,4 $\pm$ 38,0 (61,0)	179,7 $\pm$ 247,9 (138,0)
STD ^f (mg/l)	nd	66,1 $\pm$ 34,1 (51,6)	nd	121,2 $\pm$ 170,3 (140,5)
SE ^g (meq/l)	0,31 $\pm$ 0,36 (116,9)	0,65 $\pm$ 0,30 (45,7)	0,14 $\pm$ 0,13 (89,1)	0,89 $\pm$ 1,30 (145,9)
SP ^h (meq/l)	0,24 $\pm$ 0,15 (65,4)	0,75 $\pm$ 0,30 (39,8)	0,28 $\pm$ 0,09 (32,2)	0,48 $\pm$ 1,00 (206,9)

Donde: Q, caudal; ^a Relación Adsorción Sodio; ^b Relación Adsorción de Sodio ajustado; ^c Carbonato de Sodio Residual; ^d Porcentaje de Sodio Soluble; ^e Conductividad Eléctrica Estandarizada; ^f Sólidos Totales Disueltos; ^g Salinidad Efectiva; ^h Salinidad Potencial; * Solo en casos de $HCO_3 > 200$ mg/l; nd, insuficientes datos.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en el presente estudio no determinaron riesgos para el riego de cultivos, hortalizas y pastos en términos de los indicadores combinados de salinidad y sodicidad para la mayoría de las muestras de agua analizadas en la región, con la única excepción de los ríos Chalia y Cardiel durante inicios de primavera, según la clasificación correspondiente en el estándar del US Laboratory of Salinity. Si bien siempre es recomendable considerar una cuidadosa planificación del riego y el drenaje a fin de potenciar los beneficios y atenuar efectos negativos sobre los cultivos, en los ríos de esta región resulta necesario una evaluación cuidadosa como parte de cualquier planificación así como el monitoreo regular posterior.

Bibliografía

CCME. 2011. **Protocols manual for water quality sampling in Canada**. Canadian Council of Ministers of the Environment, Government of Canada, ISBN 978-1-896997-7-0.

Díaz B.G., Acuña A.J., Almonacid L.R., Bertoni O., Gaspari M.F., Bertinat M. y Peri P.L. 2024. Water quality assessment of streams and rivers for irrigation in Southern Continental Patagonia. *Revista UNCu* (En prensa). 16p.

FAO, IPTS, 2015. Regional assessment of soil changes in Latin America and the Caribbean, Chap.12: 38p. En: Status of the world's soil resources. Main Report. FAO and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. 650p.

MONITOREO DE NIVELES FREÁTICOS EN EL ÁREA DE PROYECCIÓN PRODUCTIVA DEL VALLE DE LAGO POSADAS – SANTA CRUZ

Arhancet Juan Santiago¹, Manavella Fernando Ariel¹, Kaschewski Facundo²

¹Agencia de Extensión Rural Los Antiguos – EEA Santa Cruz INTA ²Delegación Lago Posadas - Consejo Agrario Provincial de Santa Cruz .

arhancet.juan@inta.gob.ar

Introducción

La localidad de Lago Posadas se encuentra ubicada en el Noroeste de la provincia de Santa Cruz, a 47°33'57"S 71°44'31"O, y cuenta con un plan que contempla el desarrollo de 1400 ha con fines productivos, y actualmente presenta un incipiente desarrollo productivo.

El nivel freático puede variar de acuerdo con las condiciones climáticas y al uso y manejo del suelo, pudiendo generar problemas, como hipoxia y acumulación de sales a nivel de la raíz, o bien, ser un aporte positivo, al contribuir al consumo de agua de los cultivos. En comparación con los cultivos anuales, los cultivos perennes como la alfalfa, vid y especies arbóreas tienen un mayor potencial para el aprovechamiento del agua subterránea de poca profundidad, que se encuentra dentro de los primeros 1,8 m.

Si bien, la profundidad del acuífero freático que afecta a los cultivos depende de factores como la textura del suelo, la sensibilidad de las plantas, la salinidad del agua, para el cultivo de frutales, debería estar por debajo de 1,10 m y 1,60 m, es decir más bajo que las raíces activas (Mañueco, 2020; Galeazzi y Aruani, 2019).

El aumento del nivel freático en áreas de intensificación agrícola hace necesaria la planificación en el destino y uso de la tierra para aprovechar el aporte de agua proveniente y evitar daños (Cisneros et al, 2013), por este motivo, a partir de la apreciación de niveles freáticos someros, apreciados a simple vista en pozos y excavaciones de la zona, y evaluando posibles alternativas productivas que pueden ser instaladas en dicha área (p.e. fruticultura, forrajes, etc), es que, se consideró relevante el monitoreo de niveles freáticos y la calidad del agua de dicho acuífero.

Para evaluar la profundidad y altura del agua del acuífero freática, se propuso realizar un monitoreo inicial mediante la instalación de 3 freatímetros en la zona considerada. Mediante los mismos se consiguieron datos del nivel freático y calidad de agua.

Objetivos

Monitorear la dinámica del acuífero freático en el área de desarrollo productivo de la localidad de Lago Posadas.

Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra ubicado en el noroeste de la provincia de Santa Cruz a 47°33'57"S 71°44'31"O. En base a análisis de suelo realizados en el área, se observan (Tabla 1) valores de pH medianamente alcalinos, sin problemas de salinidad y sodicidad, con contenidos

muy bajos de materia orgánica y nitrógeno total y contenidos bajos de fósforo (determinado en base al método de Olsen) y potasio.

Tabla 1. Análisis de suelo realizado por el establecimiento Bardas Blancas, ubicado en el sitio bajo estudio.

Parámetro	Valor
pH	8,4
CE (mmhos/cm)	1,04
Sodicidad (R.A.S)	1,53
Textura al tacto	Arenoso
Permeabilidad del extracto de saturación	Rápido
Materia Orgánica (%)	0,06
Nitrógeno total (%)	0,028
Fósforo disponible (ppm)	10,4
Potasio intercambiable (meq/100g)	0,5

Los freáticos fueron instalados a una profundidad de 2,8 m, con caños de PVC de 63 mm de diámetro, con ranuras de 2 mm desde la base y hasta 20 cm de la superficie; con un filtro de grava rodeando la totalidad del perímetro desde el fondo, y con la base cementada. Dos de los freáticos (F1 y F2) se emplazaron en sitios sin alteración del terreno, con un cabezal conformado por una tapa de PVC y una tapa de cemento sobre la misma, a los fines de evitar daños o roturas. El tercer freático (F3) se ubicó en una pastura de producción de la zona evaluada, con la finalidad de registrar la fluctuación debida al aporte de riego gravitacional. Para esto, se planteó la incorporación de un freático de flotador (Requena, 2013), por tratarse de una herramienta para el monitoreo realizado por el productor.

Semanalmente se registraba la profundidad del nivel freático, mediante una sonda de profundidad desarrollada por la empresa Ingenieros Electrónicos Asociados (www.ieasrl.com.ar), y se tomaron muestras de agua para evaluar pH y Conductividad Eléctrica, más una muestra en noviembre de 2022 para analizar la Relación de Absorción de Sodio (RAS).

Resultados

El análisis de las muestras de agua (Tabla 2), permite observar valores de pH de moderados a netamente alcalinos, con un contenido salino bajo a medio y aguas bajas en sodio en F1 y F3, y con valores moderados en F2.

Tabla 2- Parámetros de calidad para muestras de agua obtenidas de los tres freáticos considerados.

Parámetro	F1	F2	F3
pH	7,1 a 9,2	7,8 a 8,8	7,4 a 8,7
Salinidad (mS/cm)	0,48 a 0,82	0,49 a 1,15	0,6 a 1,8
R.A.S	3,7	9,0	4,7

El monitoreo realizado (Figura 1) manifiesta niveles elevados en F3 debido a la influencia del aporte de agua por parte del riego gravitacional ($\text{pH}=8,5$; $\text{CE}=0,17$).

Por su parte, en F1 y F2, considerando el nivel freático, se registraron valores que podrían contribuir al aporte de agua a los cultivos sin generar problemas. Sin embargo, F2 registra los valores más altos de RAS, lo que puede ser perjudicial para algunos cultivos sensibles.

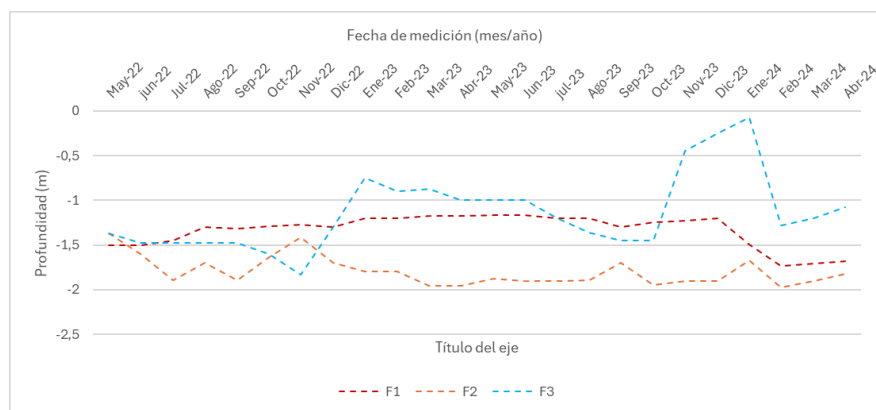


Figura 1- Profundidad del nivel freático en las tres perforaciones, entre mayo de 2022 y abril de 2024.

Es importante destacar, que, si bien el aporte de agua de lluvia es bajo, estos valores de profundidad freática se pueden ver modificados por el avance en el uso de la tierra para fines productivos y el aporte de agua de riego.

Conclusiones y recomendaciones

Tal como menciona García et al. (2018), las decisiones sobre el uso de la tierra agrícola pueden afectar fuertemente los niveles de agua subterránea disponibles para la producción. El posible efecto de aumento de nivel freático por efecto del aporte de agua de riego, considerando el potencial desarrollo de la zona, pueden representar un factor determinante en el desarrollo de los cultivos. Más aún, valores de pH alcalino en el agua subterránea pueden influir en el aprovechamiento de nutrientes por parte de las plantas.

Se considera relevante, continuar con los trabajos de prospección, realizando la ampliación de la red de freatímetros en la zona, incorporando la evaluación de calicatas, determinación de perfiles estratigráficos y estudios de prospección geoelectrica (que permitirán conocer la ubicación del hidroapoyo y el espesor del acuífero, entre otros factores). El aporte de este trabajo, sumado a la información de base que es posible generar en el sitio (características del suelo, mapas de isosalinidad, épocas de ascenso y descenso del acuífero freático, mapa de niveles, etc), resultará de gran interés como un aporte a la toma de decisiones en la zona (selección de cultivos, especies, variedades, manejo, etc).

Bibliografía

Cisneros, J.M.; Scilingo J.M.; Giayetto, O.; Morla F. y Jobbágy, E. (2013). Uso del modelo de simulación AQUACROP-FAO para estimar el aporte subterráneo de agua al cultivo de soja. XXIV Congreso Nacional del Agua, en San Juan, Argentina.

Galeazzi, J. O., y Aruani, M. C. (2019). Manejo del riego en pera (*Pyrus communis*) cv. Williams cultivada en suelo con capa freática poco profunda. Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia (2019) 35(2): 151-162.

Mañueco, M. L. (2020). Comportamiento de niveles freáticos y efecto de su variación estacional sobre el desarrollo y manejo agronómico de cerezos (*Prunus avium* L.). Universidad Nacional de Cuyo. Tesis Maestría en Riego y Drenaje

Requena, A. (2013). "Freatímetro con flotador. Construcción, instalación, operación y mantenimiento". INTA. Centro Regional Patagonia Norte. EEA Alto Valle.

RIESGO SÓDICO EN EL AGUA DE RIEGO EN EL CENTRO DE SANTA CRUZ (ARGENTINA)

Díaz Boris Gastón^{1*}, Adrián Acuña², Almonacid Leandro³, Bertinat Mariano⁴, Peri Pablo Luis^{1,5}.

¹Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Santa Cruz (Argentina), ²Laboratorio Regional de Investigación Forense (Santa Cruz), ³Investigador independiente, ⁴Secretaría de Estado de Ambiente de Santa Cruz, ⁵CONICET.

diaz.boris@inta.gob.ar

Introducción

La irrigación de pastizales naturales en los valles fluviales ha sido una práctica común en la provincia de Santa Cruz desde mediados del siglo XX, la cual ha crecido en décadas recientes debido principalmente a una mayor frecuencia de eventos de sequía. Si bien el riego complementario puede mejorar significativamente la producción primaria neta del pastizal natural en los mallines hasta 10-20 veces (Ayasa et al., 1999), también puede producir impactos negativos como la sodicidad o la salinidad del suelo debidos a una mala gestión de las prácticas de riego en situaciones de riesgo. Comprender la calidad del agua resulta central en la gestión del riego para complementar las precipitaciones y el deshielo estacional como una alternativa para aumentar la producción de biomasa de pasturas y pastizales en épocas de déficit hídrico del suelo.

El éxito en el desarrollo de proyectos de riego implica tanto la cuantificación y distribución apropiada del agua requerida como el control adecuado de su calidad desde la perspectiva de los riesgos para los cultivos como así también para la estabilidad estructural de los suelos y su capacidad de drenaje. El seguimiento periódico de la calidad del agua es una herramienta esencial para comprender las interacciones con el suelo y la vegetación, así como para apoyar decisiones sobre el uso, gestión y conservación en un contexto de sostenibilidad. Si bien ha habido una considerable producción de conocimiento en este tema en todo el mundo y el país durante el siglo XX, solo se han realizado unos pocos estudios en la Patagonia Austral y en la provincia de Santa Cruz en particular.

Objetivos

En este trabajo analizamos la aptitud de diversas fuentes de agua para la irrigación en la región central de la provincia de Santa Cruz, a partir de un indicador del riesgo potencial para la estabilidad estructural de suelos.

Materiales y métodos

El área de estudio involucró dos regiones hidrográficas de la Patagonia Continental Austral, de vertiente atlántica, que cubren 63.910 km² en la provincia de Santa Cruz. Las respectivas superficies, sus regímenes de alimentación predominantes, producción media anual de escurrimientos y vertiente se presentan en Díaz et al. (2024). Se analizaron 121 muestras de agua superficial procedentes de 25 cursos permanentes, 70 de las cuales se colectaron durante fines de invierno y comienzo de primavera, y 51 al final del verano, entre los años 2017 y 2022. Ambas estaciones representan momentos de máximo y mínimo caudal estacional (Díaz et al.,

2024). Las muestras de RH14 (en total 67) proceden de campañas propias de este trabajo, mientras que las respectivas de RH09 (en total 54) de monitoreos regulares realizados en el marco del proyecto de construcción de represas hidroeléctricas en el río Santa Cruz, y analizados en este trabajo bajo autorización de la Secretaría de Estado de Ambiente de la provincia.

El manejo de equipos, su limpieza, los métodos de muestreo de agua y su acondicionamiento para conservación y transporte, se implementaron según protocolos estandarizados del CCME (2011). Se determinó la concentración de los iones Na^+ , Ca^{2+} , K^+ y Mg^{2+} y la conductividad eléctrica estandarizada (CE_E) mediante procedimientos Standard Methods 23^oEd (Díaz *et al.*, 2024). Para evaluar el riesgo sódico en la estabilidad estructural de suelos se utilizó el esquema estandarizado por ANZECC y ARMCANZ (2000), a partir del índice de adsorción de sodio (SAR) y la CE_E , en relación con el riesgo de dispersión potencial de partículas del suelo de Quirck (1971), el umbral de floculación de Rengasamy *et al.* (1984) y el umbral de riesgos para la permeabilidad de Rhoades (1982).

Resultados y discusión

El Ca^{2+} fue el ion predominante entre los cationes del total de aguas analizadas, en ambas regiones y estaciones, con una predominancia de entre 52,8 y 70,8% por sobre el resto analizado (Tabla 1). En términos generales, el Na^+ fue el segundo ion acompañante con una predominancia de entre 11,3 y 28,0 %. Al final del invierno y comienzo de primavera, coincidiendo con el pico del hidrograma anual en RH14, cuyo régimen de alimentación es predominantemente mixto nivo-pluvial, se incrementaron las presencias de Ca^{2+} y Mg^{2+} en detrimento del Na^+ . Esta situación se invierte hacia finales del verano, cuando ocurren los menores caudales promedios del año y una menor capacidad diluyente. Tanto RAS como CE_E presentaron, en este caso, ligeros incrementos estacionales. Similar dinámica se observó en aguas de la RH09 en relación con la mayor oferta de caudales, su relativa mayor capacidad diluyente y los valores observados en el total de indicadores analizados (Tabla 1). En esta RH el régimen de alimentación es predominantemente glacio-nivo-pluvial.

Tabla 1. Estadísticos de los indicadores de salinidad y sodicidad obtenidos en muestras de agua de las Regiones Hidrográficas de los ríos Santa Cruz (RH09) y Chico Central (RH14), entre los años 2017 y 2022. Los datos se presentan como promedios $\pm$ desvíos estandarizados.

INDICADOR	FINAL INVIERNO / PRIMAVERA		VERANO	
	RH 09	RH 14	RH 09	RH 14
Q estacional	mínimo	máximo	máximo	mínimo
RAS ^a	0,43 $\pm$ 0,55 (128,7)	0,45 $\pm$ 0,32 (69,7)	0,15 $\pm$ 0,15 (99,6)	0,82 $\pm$ 0,98 (119,6)
CE_E ^b ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	67,9 $\pm$ 41,4 (60,9)	98,2 $\pm$ 50,9 (51,9)	62,4 $\pm$ 38,0 (61,0)	179,7 $\pm$ 247,9 (138,0)
Ca^{2+} (mg/L) ^c	63,1 $\pm$ 15,7 % (1)	55,3 $\pm$ 11,7 % (1)	70,8 $\pm$ 5,7 % (1)	52,8 $\pm$ 13,0 (1)
Mg^{2+} (mg/L) ^c	13,0 $\pm$ 2,4 % (3)	20,4 $\pm$ 10,3 % (3)	13,7 $\pm$ 1,0 % (2)	17,1 $\pm$ 7,9 % (3)
Na^+ (mg/L) ^c	21,3 $\pm$ 17,6 % (2)	21,9 $\pm$ 9,4 % (2)	11,3 $\pm$ 5,5 % (3)	28,0 $\pm$ 13,3 % (2)

Donde: Q, caudal; ^a Relación Adsorción Sodio; ^b Conductividad Eléctrica Estandarizada; ^c Entre paréntesis, la jerarquía entre el conjunto de cationes analizados.

En general, el total de aguas analizadas presentaron bajas concentraciones catiónicas, bajos niveles de RAS y de CE_E , resultando atractivas para el uso en el riego de cultivos (Díaz *et al.*, 2024). Sin embargo, existe un importante potencial de impacto negativo en relación con la estabilidad de los suelos a partir de la relación CE_E/RAS , en especial en los momentos de

máximo caudal anual promedio de cada RH. El 100% de las aguas muestreadas en verano para RH09 y en el inicio de primavera para RH14 se encontró por debajo de la curva de riesgo probable de dispersión de partículas (A, en Figura 1). Durante las estaciones de bajo caudal promedio esta situación cambió ligeramente, pero aún manteniendo una alta proporción de aguas bajo el umbral de riesgos potenciales para la permeabilidad (B, en Figura 1), con un 64,8 % de muestras de RH09 y 88,0 % de RH14. Durante la estación de crecimiento tan solo un 5,0 % de las aguas pudieron clasificarse como libres de riesgo para la permeabilidad de los suelos.

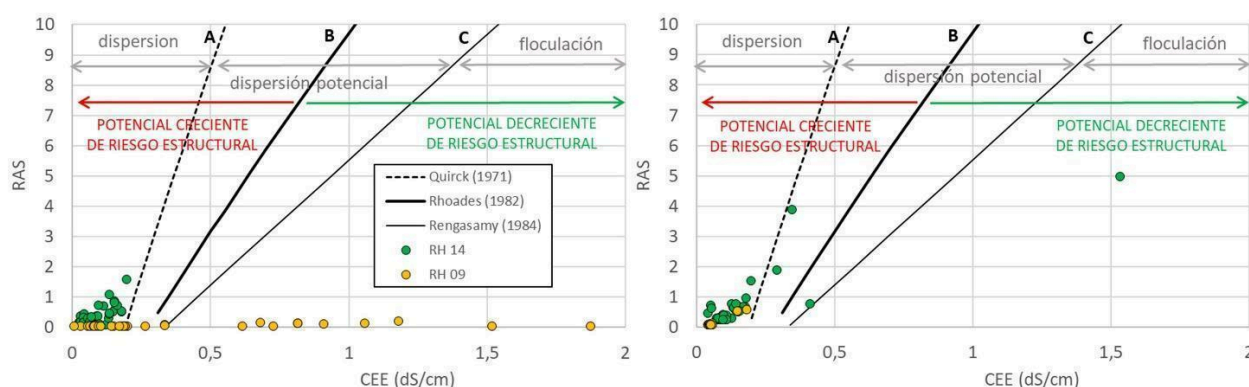


Figura 1. Predicción del riesgo de estabilidad estructural en suelos a partir de relaciones entre RAS y CEE en las aguas de irrigación, procedentes de la región del río Chico (RH14) y del río Santa Cruz (RH09), para final de invierno y primavera (izquierda) y final del verano (derecha). Adaptado de ANZECC y ARMCANZ (2000) con curvas de riesgo probable de dispersión (A) según Quirk (1971), de floculación (C) según Rengasamy et al. (1984) y umbral de riesgo para la permeabilidad (B) de Rhoades (1982).

Conclusiones y recomendaciones

La calidad de las aguas superficiales de la región del centro de Santa Cruz presenta riesgos potenciales para la permeabilidad de los suelos basado en las relaciones entre los cationes mayoritarios y la presencia de sales durante la estación de crecimiento, y con mayor predominancia durante los picos máximos del hidrograma anual. Estos resultados permitirían realizar una adecuada planificación del riego en regiones predominantemente áridas y semiáridas, muy especialmente cuando la práctica tradicional en la región es el uso excesivo de agua a través de tecnologías de baja eficiencia.

Bibliografía

Anzecc and Armcanz. 2000. National Water Quality Management Strategy. Paper no.4, Australian and New Zealand guidelines for freshwater and marine water quality. Vol.1, Guidelines, Chap.1–7, 314p.

CCME. 2011. Protocols manual for water quality sampling in Canada. Canadian Council of Ministers of the Environment, Government of Canada, ISBN 978-1-896997-7-0. In: publications.gc.ca/pub?id=9.697889&sl=0

Díaz B.G., Adrián A., Almonacid L., Bertoni O., Bertinat M., Peri P.L. 2024. Evaluación de la calidad del agua para irrigación en ríos y arroyos del centro de Santa Cruz (Argentina). EXPO AGUA y Producción Sustentable, VIII Jornadas Actualización en Riego y Fertirriego y Feria de Tecnología Agrícola. UNCú, DGI Mendoza, INA e INTA. Mendoza, 6 al 8 de agosto. 3p.

Ayesa, J.; Bran, D.; López, C.; Marcolín, A.; Barrios, D. 1999. Aplicación de la teledetección para la caracterización y clasificación utilitaria de valles y mallines. Rev. Arg. Producción Animal, 19: 133–138.

VAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN EL ÁREA DE REGADÍO DE LA PAMPA

Fontanella, Dardo¹, Aumassanne Carolina¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo, La Pampa.

fontanella.dardo@inta.gob.ar

Resumen Extendido

Introducción

En las regiones áridas y semiáridas, el agua constituye el principal factor limitante al desarrollo agrícola, y el riego es la práctica mediante la cual se satisfacen las necesidades de agua de los cultivos. La estimación de los valores de evapotranspiración constituye un dato básico para el diseño de un proyecto y planificación de estrategias de riego. Para determinar la cantidad de agua necesaria que tiene que ser aplicada en el riego, es esencial conocer los requerimientos del cultivo (evapotranspiración) así como la cantidad de agua de lluvia aportada durante el periodo de crecimiento. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀) y trasladada a cultivos como a través de un coeficiente de cultivo (K_c) (Allen et al., 2006). La ET₀ representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar, sin restricciones de agua, y corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas (Allen et al., 2006). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) recomienda utilizar el método estándar Penman-Monteith, descrito en la publicación No. 56, para determinar ET₀, debido a que este método se ajusta tanto a zonas áridas como templadas y tropicales (Allen et al., 2006). El objetivo de este trabajo es calcular los valores de evapotranspiración de referencia y estimar la evapotranspiración del cultivo de maíz en el área bajo riego de 25 de Mayo (La Pampa). La información obtenida constituye una herramienta para la toma de decisiones, tanto a nivel de productores, como de los gestores y planificadores del riego.

Materiales y métodos

Para la estimación de la ET₀ se utilizó la serie de datos de una estación meteorológica ubicada en Sección I (37° 51' 43.95" S, 67° 39' 57.45" O 344 m.s.n.m.) del Sistema de Aprovechamiento Múltiple (SAM) de Colonia 25 de Mayo La Pampa, abarcando los años de 1971 a 2006, pertenecientes al Ente Provincial del Río Colorado (Gobierno de La Pampa). Se aplicó la metodología propuesta por FAO con el método de Penman-Monteith (Allen et al., 2006), mediante la aplicación del programa ET₀ calculator (Raes, 2012). Se realizó un análisis estadístico descriptivo mensual a partir del programa Infostat obteniendo el límite superior, límite superior frecuencia absoluta y frecuencia relativa por clases (3 clases por mes). Las clases corresponden a decenas diarias para cada uno de los meses analizados. A partir de los valores de coeficiente del cultivo estimados para la zona (Fontanella y Aumassanne, 2015) se calculó la evapotranspiración del cultivo a partir de la ET₀ máxima, mínima y promedio, considerando en este último caso las variaciones de los valores medios mensuales.

En el SAM la mayor producción agrícola corresponde a alfalfa, maíz y vid, ya sea con riego de tipo gravitacional o presurizado, donde el segundo ha sido el sistema que se ha desarrollado en los últimos años. Actualmente, cuenta con un total de 12500 ha. El clima de la región es continental,

árido y mesotérmico, con una precipitación media anual de 263 mm. La época del año de mayor precipitación es el semestre cálido (de octubre a marzo). La temperatura media anual es de 14,6 °C. El mes más cálido es enero, con una temperatura media de 23,5 °C y los meses más fríos son junio y julio con una temperatura media de 6,2 °C, dando lugar a un período medio libre de heladas de 158 días. La velocidad media del viento es de 6,18 km ha⁻¹ a 2 m de altura, con dirección dominante sudoeste.

Resultados

La ET₀ mensual estimada para el área de estudio a partir del análisis de 36 años de datos meteorológicos y la precipitación media mensual puede observarse en la Figura 1. Los meses correspondientes a primavera-verano, presentan la máxima demanda evaporativa, específicamente el mes de diciembre con 7,8 mm día⁻¹ con un total de 241,5 mm para dicho mes. El mínimo de ET₀ se observa en el mes de junio con 1,9 mm día⁻¹ y un total de 57 mm mensuales. En cuanto a la precipitación el mes de diciembre es el de mayor valor, con 30,6 mm y el mayo, el de mínima con 12,3 mm. La precipitación cubre el 15 % de la demanda evaporativa promedio anual. Las características meteorológicas de la zona como alta temperatura, viento y radiación y baja humedad relativa son determinantes en el cálculo de la ET₀.

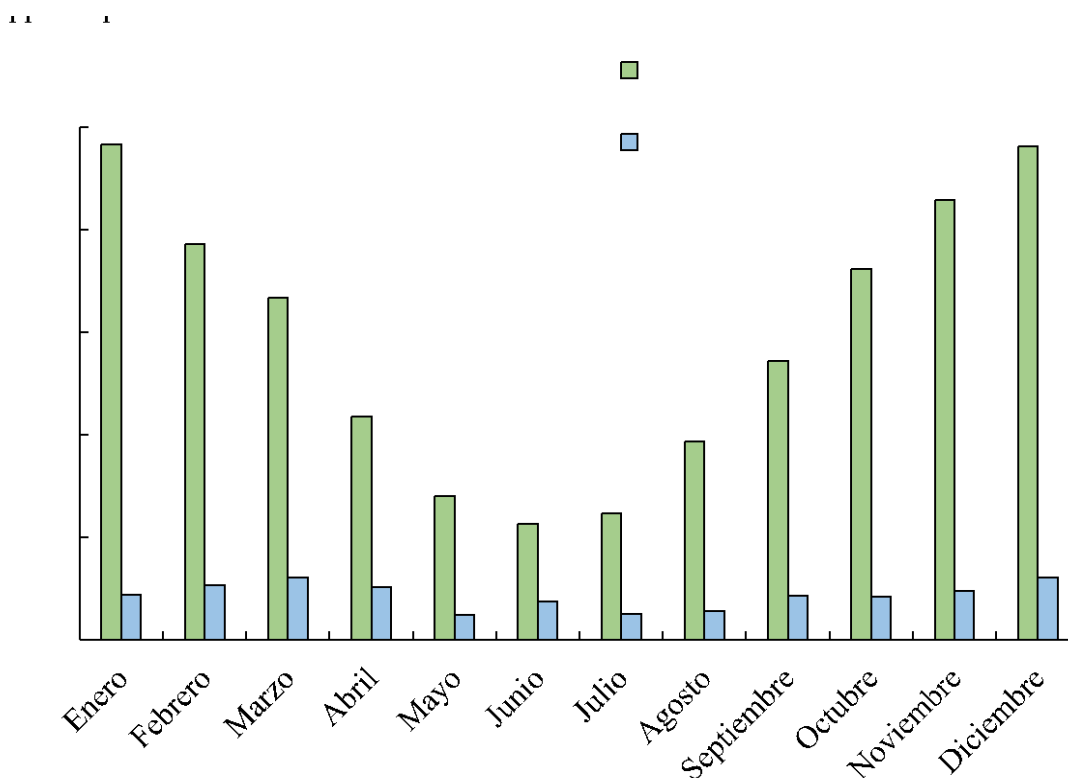


Figura 1- Evapotranspiración de referencia media mensual estimada y precipitación media mensual para el período 1971-2006.

A continuación, puede observarse la ET₀ promedio diaria desde enero a diciembre y la variabilidad mensual obtenida en clases que corresponden a tres decenas diarias, con sus valores mínimos y máximos mensuales y la frecuencia con que se registraron dichos valores.

Tabla 1- Evapotranspiración de referencia diaria promedio mensual (mm), límite superior (L.I), límite superior (L.S) frecuencia absoluta (FA) y frecuencia relativa (FR) por clases de decenas diarias (tres clases por mes).

	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
Prom	7,7			6,9			5,3			3,6			2,2			1,9		
Clase	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
LI	6,3	7,4	8,4	5,3	6,5	7,7	4,1	4,9	5,7	2,3	3,4	4,2	1,2	2,1	2,9	1,0	1,8	2,7
LS	7,4	8,4	9,5	6,5	7,7	8,9	4,9	5,7	6,6	3,3	4,2	5,2	2,1	2,9	3,8	1,8	2,7	3,5
FA	8	22	6	9	24	3	9	17	10	9	23	4	15	15	6	21	10	5
FR	0,2	0,6	0,2	0,2	0,7	0,1	0,2	0,5	0,3	0,2	0,6	0,1	0,4	0,4	0,2	0,6	0,3	0,1

	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
Prom	1,9			3,1			4,5			5,8			7,1			7,8		
Clase	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
LI	1,0	1,6	2,2	2,2	2,8	3,4	3,5	4,2	4,9	4,8	5,6	6,3	5,9	6,8	7,7	6,0	7,0	8,0
LS	1,6	2,2	2,8	2,8	3,4	4,0	4,2	4,9	5,7	5,6	6,3	7,1	6,8	7,7	8,6	7,0	8,0	9,0
FA	7	19	10	6	23	7	12	15	9	13	16	7	11	18	7	7	15	14
FR	0,2	0,5	0,3	0,2	0,6	0,2	0,3		0,2	0,4	0,4	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	0,4	0,4

La ET_c (evapotranspiración del cultivo) de maíz promedio estimada durante su ciclo, octubre a marzo, fue de 1009 mm (Figura 2). Los valores de ET_c en el mes de enero resultan los mayores y los más variables, coincidentes con el período de requerimientos hídricos críticos para dicho cultivo. Los valores máximos de ET_c obtenidos permiten determinar las características de diseño de la pluviometría de los equipos de riego y posterior planificación de la operación.

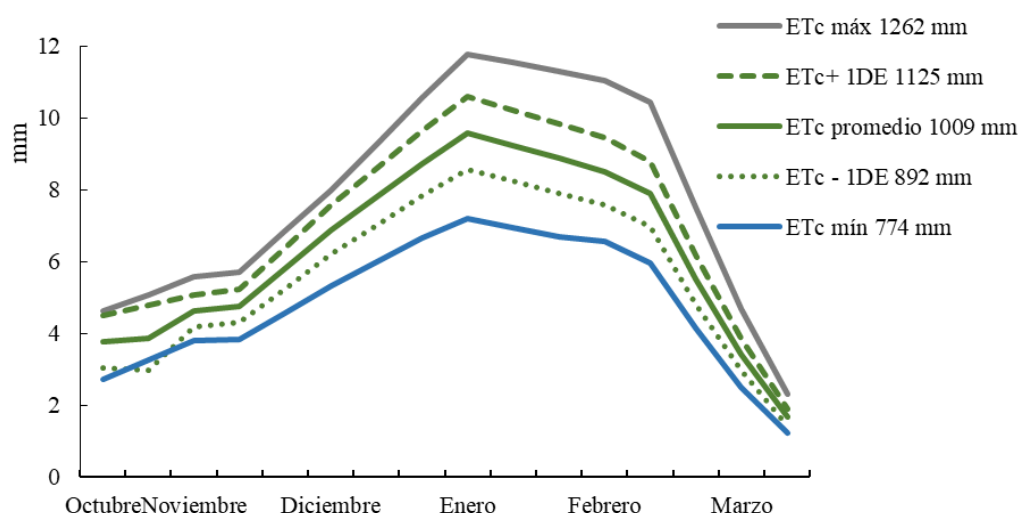


Figura 2- Evapotranspiración del cultivo de maíz promedio, + un desvío estándar, - un desvío estándar, máxima y mínima, y valores totales anuales obtenidos en cada caso.

Conclusiones y recomendaciones

El análisis de valores acumulados de ET_0 resulta de interés porque permite exponer el comportamiento de la demanda atmosférica, compatibles con el ciclo de crecimiento de un cultivo o la dinámica hídrica de la región. Los altos valores de ET_c comparados con los de otras zonas indican una alta demanda ambiental en área de regadío de 25 Mayo, esta característica determina altos potenciales de rendimientos. Los resultados obtenidos constituyen información de base para la determinación de la demanda hídrica mensual y anual, considerando la variabilidad temporal (36 años de análisis) para el dimensionamiento de los equipos de riego. Asimismo, contribuye al ajuste de políticas hídricas actuales y futuras a fin de mejorar la distribución y optimizar el uso del recurso.

Bibliografía

Allen RG, Pereira, LS, Raes D. y Smith. METRO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 56, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma, 298 pp.

Fontanella, D. R., Aumassanne, C, M. (2015). Evapotranspiración de maíz, alfalfa y vid bajo riego, en la cuenca media del río Colorado. VII Jornadas de Riego y Fertirriego. Necesidades de modernización e innovación en la gestión del agua frente a nuevos desafíos. Mendoza, Argentina.

Raes, D. (2012). Calculadora de ET_0 , Manual de referencia, versión 3.2. Publicación de Alimentos y Agricultura Organización de las Naciones Unidas, División de Tierras y Aguas. Roma, Italy.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL ROL DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA EN EL USO DEL RECURSO HÍDRICO

Paz Molina Natalia

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo).

npazmolina@gmail.com

Resumen Extendido

Resumen

En la provincia de Mendoza la práctica del uso de coberturas vegetales en viñedos ha incrementado en los últimos años gracias a los beneficios que aportan al cultivo principal y al ecosistema. Esta práctica genera un cierto desconcierto en la demanda del recurso hídrico, debido a que este recurso de por sí es escaso y con esta práctica se pone en competencia entre el cultivo principal y el de cobertura. El presente trabajo recopila ensayos de coberturas con especies nativas y exóticas en viñedos bajo riego, enumerando los beneficios y considerando cuales son las que presentan menor demanda hídrica entre especies de ambientes áridos.

Trabajo

Los cultivos comerciales tienen una finalidad de venta con características que define el mercado, mientras que los cultivos de coberturas se utilizan principalmente por brindar algún servicio ecosistémico. Entre los beneficios podemos encontrar: mejorar la calidad del suelo adicionando materia orgánica, movilizar y reciclar nutrientes, mejorar la estructura del suelo, proteger el suelo de la erosión eólica e hídrica, mejorar el balance de carbono, mejorar la captación y disponibilidad de agua en el perfil, disminuir el riesgo de salinización por ascenso capilar de napas, reducir la susceptibilidad a la compactación, permitir una rotación en los interfilares de cultivos perennes y control de malezas y plagas, hospederos de enemigos naturales; además, de forraje para el ganado.

Los cultivos de servicio pueden proporcionar una variedad de servicios ecosistémicos en los viñedos, como el control de malezas, la regulación de plagas y enfermedades, el suministro y la purificación del agua, la mejora de la transitividad del campo y el mantenimiento de la biodiversidad del suelo (García, 2018).

En el presente trabajo se realiza una revisión bibliográfica respecto a los efectos de las coberturas vegetales en agroecosistemas de cultivos perennes bajo riego y sus servicios ecosistémicos resultantes, enfocados en calidad de suelo, disponibilidad hídrica y de nutrientes.

Luego de la lectura y revisión de trabajos en cultivos comerciales bajo riego de zonas áridas con características similares a la provincia de Mendoza, se destacan los puntos relevantes:

- Las especies *Digitaria californica*, *Nasella tenuis* y *Pappophorum phillippianum* presentan la mayor ventaja debido a la elevada producción de biomasa, mejor germinación, cobertura de suelo, ciclo contra-estación y plantas bajas (Uliarte, 2014).
- La cobertura vegetal de las especies nativas consumió en promedio 2,5 veces más de agua que un suelo descubierto, siendo que una cobertura espontánea (la

mayoría especies exóticas) consumió 3,5 veces más de agua que un suelo descubierto (Uliarte 2014).

- Uliarte (2013) concluye que las coberturas de especies herbácea nativas contribuyen a reducir el consumo hídrico respecto a las especies cultivadas. Además, destaca que las especies C4 realizan mejor uso del agua que las especies C3 sin importar su condición de plantas exóticas o nativas.
- El uso de cultivos de coberturas tiene un efecto positivo en el viñedo al aumentar el carbono orgánico del suelo, mejorar la infiltración del agua y la estabilidad de los agregados, a esto se debe sumar la reducción de la erosión y las emisiones de efecto invernadero a la atmósfera (Abad, 2020).
- El uso de coberturas puede reducir el crecimiento de la vid, lo que a su vez puede mantener la incidencia de enfermedades fúngicas en un nivel bajo (Abad, 2020).
- La cobertura vegetal puede modificar especial y temporalmente el régimen hídrico de un viñedo, concentrando raíces bajo la hilera del viñedo, modificando su enraizamiento y explorando zonas más profundas del suelo (*Celette et al*, 2008).
- Se establece que no habría evidencias para asumir que el cultivo de cobertura afecta el crecimiento de la vid, lo que indicaría una posible indiferencia de la vid respecto al cultivo de cobertura. También sugiere que hay evidencias para asumir un efecto facilitador de la vid sobre el cultivo de cobertura en tanto que la presencia de la primera aumenta la tasa de crecimiento del segundo (Bageta, 2017).

Conclusiones

Luego de la lectura y revisión bibliográfica, se destaca los múltiples beneficios de utilizar coberturas vegetales en los interfilares colaborando con la producción de biomasa, lo cual se ve reflejado en una capacidad de incrementar la infiltración del agua. Todos los trabajos consultados concluyen la gran ventaja de utilizar especies herbáceas nativas ya que contribuyen a reducir el consumo hídrico respecto a las especies cultivadas. Además, se destaca que las especies C4 realizan mejor uso del agua que las especies C3 sin importar su condición de planta exóticas o nativas.

Bibliografía

Quezada et al. 2020 "Influencia de cubiertas vegetales en la disponibilidad de agua y rendimiento en viñedos de secano".

Bageta, C; Alberto, M. 2017 "Influencia de la vid (*Vitis vinífera* L.) sobre cultivos de cobertura: un modelo biometemático de la transición de amensalismo a comensalismo. Rev. FCA UNCuyo. 2018. 50(1): 33-45.

Ferrari, F. 2015 "Coberturas vegetales en viñedos bajo riego localizado, respuesta fisiológica de especies herbáceas nativas a diferentes ambientes".

Uliarte, E. M.; Parera, C. A.; Alessandria, EE y Dalmasso AD. 2014 "Intercambio gaseoso y eficiente en el uso del agua de cultivos de cobertura con especies nativas (Mendoza, Argentina), exóticas cultivadas y malezas". Agriscientia, 2014, Vol. 31 (2): 40-61.

Garcia, A. 2018 "Cultivo de servicio, cultivos de coberturas y cultivos verdes ¿Es todo lo mismo?. Revista INIA N°52-10.

Uliarte, E. M.; Del Monte, R. "Evaluación y elección de coberturas vegetales en viñedos bajo riego de Mendoza".

Uliarte, E. M. "Especies herbáceas nativas: aportes para su cultivo como coberturas vegetales en viñedo bajo riego en Mendoza".

Molina, C. "Cubiertas vegetales: una herramienta fundamental para el manejo sustentable del suelo en huertos frutales, viñedos y hortalizas".

Abad et al. "Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and bioiversity in vineyard".

Abad et al. "Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performace".

RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL NOGAL COMO RESPUESTA AL RIEGO DEFICITARIO, EN LA REGIÓN DEL MAULE-CHILE

Lavanderos Débora ¹⁻²⁻³, Ortega-Farías Samuel ¹⁻², Céspedes Lucas ¹⁻², Rosales Angélica ¹⁻²

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad de Talca (Utalca), ²Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA), ³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

debora.lavanderos@utalca.cl

Introducción

Como consecuencia del cambio climático, se observa a nivel mundial un aumento en la variabilidad del ciclo hidrológico del agua. Esta situación dificulta la disponibilidad de los recursos hídricos, constituyendo una amenaza al desarrollo sostenible de la agricultura. Ante este escenario resulta imprescindible optimizar este recurso con el objetivo de asegurar la sostenibilidad y la rentabilidad del sector agrícola, especialmente en países como Chile, que actualmente enfrenta una situación de baja disponibilidad hídrica. Según la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA, 2022), la superficie ocupada con frutales a nivel nacional en el año 2022 fue de 375.598 ha, siendo el nogal el 2° cultivo con mayor representación después del cerezo, con una superficie cultivada de 46.232 ha.

Las zonas donde se cultiva el nogal en Chile se destacan principalmente por tener un clima mediterráneo seco, de veranos calurosos y prolongados, con un período de déficit hídrico que se extiende entre los meses de septiembre a marzo, en coincidencia con el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, el riego pasa a ser una práctica fundamental para lograr un buen rendimiento. Por consiguiente, considerando el actual escenario climático, es necesario desarrollar estrategias de riego deficitario (RD) para aumentar la productividad del agua y mantener un rendimiento y calidad adecuados. Una de las estrategias más usadas es el riego deficitario controlado (RDC), el cual consiste en reducir el volumen de agua durante las etapas fenológicas menos sensibles al estrés hídrico (Fernández 2017; Ortega-Farías et al., 2012), aplicando tan solo una fracción de los requerimientos hídricos del cultivo (Sánchez et al., 2010). Debido a la importancia del nogal en la economía chilena, es necesario realizar estudios locales centrados en la respuesta al RDC, ya que no todos los cultivos se manifiestan de manera favorable a esta estrategia. Este trabajo permitirá optimizar el manejo del riego sin afectar el rendimiento de la nuez, enfrentando el desafío de la escasez de agua en el sector agrícola, de una manera más eficiente y sostenible.

Objetivos

Evaluar la productividad del agua y rendimiento en respuesta al riego deficitario controlado en un huerto de nogal.

Material y métodos

El ensayo se realizó durante la temporada agrícola, 2022-2023 en un huerto comercial de Nogal (*Juglans regia* cv. Chandler) en condiciones de clima semiárido mediterráneo, ubicado en la comuna de Duao, región del Maule, Chile (35°34'36.61"S. 71°31'46.86"W). El sistema de conducción es en eje central, con una altura promedio de planta de 4,5 m. El sistema de riego es

por goteo, con cuatro laterales por planta y emisores distanciados a 0,5 m, con un caudal de 2 L/h. Las plantas fueron establecidas el año 2018, considerando un marco de plantación de 7 m x 5 m (285 árboles/ha). Para el seguimiento climático se utilizó la estación meteorológica automática (EMA) ubicada en Chequén a 7 kilómetros del lugar del ensayo.

El ensayo de RDC posee un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: T1: 100%, T2: 75%, T3: 50% y T4: 25% de reposición de la lámina aplicada por la empresa. Los tratamientos iniciaron a mediados de diciembre en la etapa II de crecimiento de fruto (llenado de fruto), hasta finales de marzo en cosecha. La unidad experimental estuvo conformada por cuatro árboles continuos, de los cuales, en los dos árboles centrales se realizaron las mediciones de rendimiento y productividad, los dos restantes se utilizaron como bordes. La distribución de los tratamientos se designó de manera completamente al azar, comprendiendo un total de 16 parcelas experimentales.

En cosecha, las nueces se pesaron inmediatamente después de ser levantadas del suelo para obtener el peso fresco total. Posteriormente, el peso seco fue obtenido luego de someter las nueces a un proceso de secado de la empresa por 3 días a 43°C. Los resultados se expresaron en toneladas por hectárea. El número de nueces por árbol se estimó a partir del rendimiento total del tratamiento y del peso fresco de 20 nueces (Calvo et al., 2022). El porcentaje de relleno se obtuvo mediante la relación cáscara-mariposa. A partir de una muestra de 100 nueces se elaboró aceite mediante prensado en frío con una prensa mecánica para aceite (hand oil press, PITEBA, The Netherlands). El índice de productividad del agua del cultivo se estimó como la relación entre el rendimiento seco por hectárea de nueces con cáscara (kg ha^{-1}) y la cantidad total de agua aplicada. Con este objetivo, se instaló un contador volumétrico en el lateral de riego ubicado al costado Este del inicio del ensayo.

Finalmente, para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software Infostat/Profesional Versión 2020. Las diferencias significativas entre los tratamientos se evaluaron mediante la prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados

En la Figura 1a, se muestran las variaciones diarias de temperaturas máximas y mínimas a lo largo de la temporada agrícola 2022-2023. Las temperaturas máximas varían entre 15°C en invierno y 30°C en verano, mientras que las temperaturas mínimas oscilan entre 5°C y 10°C. En la Figura 1b se muestran las precipitaciones (Pp) y la evapotranspiración de referencia (ET_0). La precipitación acumulada de la temporada fue de 324.2 mm, registrando un valor máximo de 58.2 mm, ocurrido el 30 de mayo. La mayor ocurrencia de precipitaciones ocurre en los meses de otoño-invierno. Durante los meses de verano se obtienen alrededor de 7 mm día⁻¹ de ET_0 .

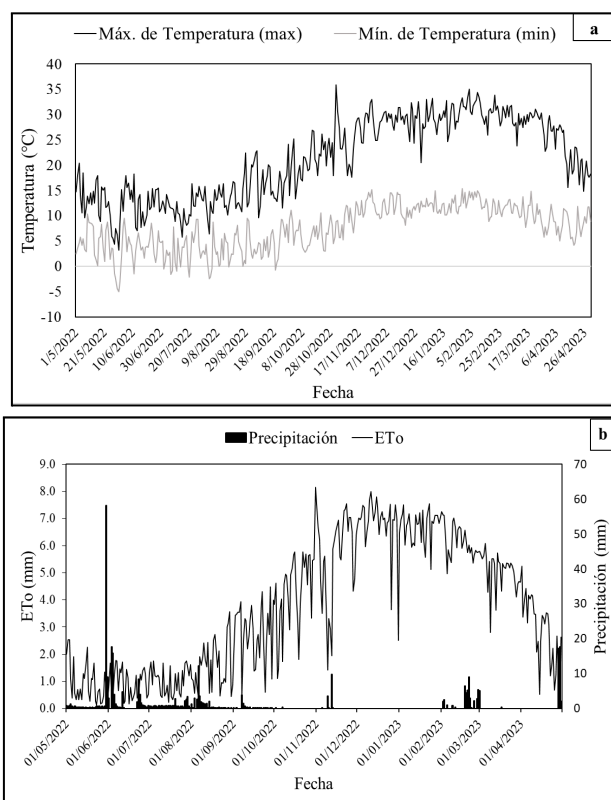


Figura 1- Temperaturas máximas y mínimas del aire (a) y precipitaciones mensuales y ET₀ (b) durante la temporada 2022-2023.

En la Tabla 1, se muestra la Pp y ET₀ acumuladas, junto a las láminas aplicadas en los tratamientos desde brotación hasta cosecha.

Tabla 1- Evapotranspiración de referencia (ET₀), precipitación efectiva (Pp) y láminas de riego aplicadas durante la temporada 2022-2023.

ET ₀ (mm)	Pp (mm)	Láminas de riego (mm)			
		T1: 100%	T2: 75%	T3: 50%	T4: 25%
1143.6					
3	49.05	891.52	739.52	587.52	435.53

El rendimiento y sus componentes no se vieron afectados por los tratamientos de restricción de riego (Tabla 2). Sin embargo, el tratamiento T2 aparenta poseer un mayor peso fresco, peso seco y número de nueces por árbol. El tratamiento T1 tuvo el contenido promedio de aceite total más alto (36.23%), aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa en comparación con los otros tratamientos de riego. La productividad del agua del tratamiento T4 es de 0.40 kg m⁻³, mostrando una diferencia estadística significativa con respecto a los demás tratamientos de riego.

Tabla 2- Efecto del tratamiento de riego sobre el rendimiento y los componentes del rendimiento por tratamiento durante la temporada 2022-2023.

Tratamiento	Peso Fresco	Peso Seco	Número de nueces por árbol	Peso Fresco de 100 nueces	Peso Seco de 100 nueces	Porcentaje de relleno	Productividad del agua	Rendimiento en aceite
	(ton/ha)	(ton/ha)	(N°/árbol)	(Kg)	(Kg)	(%)	(kg/m ³)	(%)
Restricción de riego								
T1	2.95	2.14	657	1.15	0.61	53.03	0.23 a	36.23
T2	3.12	2.35	729	1.19	0.64	54.00	0.30 b	30.08
T3	2.71	2.10	641	1.25	0.67	54.02	0.33 b	32.22
T4	2.29	1.96	594	1.18	0.65	54.71	0.40 c	33.24
<i>Significancia</i>	0.0607	0.3479	0.3668	0.2670	0.1160	0.3764	0.0017	0.3602

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos para la temporada 2022-2023 mostraron que los rendimientos no se vieron afectados cuando se aplicó el corte de riego desde llenado de fruto hasta cosecha. La mayor productividad del agua se obtuvo con el T4, reduciendo en un 50% el agua de riego aplicada, sin afectar significativamente los rendimientos. Sin embargo, se sugiere complementar con una segunda temporada, de esta manera evaluar la respuesta del cultivo al RDC en el tiempo.

Bibliografía

- Calvo, F. E., Trentacoste, E. R., & Silvente, S. T. (2022). Vegetative growth, yield, and crop water productivity response to different irrigation regimes in high density walnut orchards (*Juglans regia* L.) in a semi-arid environment in Argentina. *Agricultural Water Management*, 274. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107969>.
- Fernández, J. E. (2017). Plant-based methods for irrigation scheduling of woody crops. In *Horticulturae* (Vol. 3, Issue 2). MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020035>.
- Ortega-Farias, S., Fereres, E., & Sadras, V. O. (2012). Special issue on water management in grapevines. In *Irrigation Science* (Vol. 30, Issue 5, pp. 335–337). <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0356-y>.
- Sánchez, M. D. C. R., Miguel, R. D., & Sánchez, J. R. C. (2010). Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Spanish journal of agricultural research*, (2), 5-20.

INFLUENCIA DEL pH EN LA MOVILIZACIÓN DE METALES PESADOS

Quiroga, María Cristina¹⁻²⁻³, Sebök Martín, Alejandra¹⁻²⁻³

Laboratorio de Efluentes Líquidos¹ – Facultad de Ingeniería² – Universidad Nacional de Cuyo³

cristina.quiroga@ingenieria.uncuyo.edu.ar

Introducción

El estudio de la contaminación de los sedimentos por metales pesados en el Dique Potrerillos tiene un interés particular, ya que el agua que contiene esta presa es aprovechada para el abastecimiento de las principales plantas potabilizadoras del Gran Mendoza y también para actividades deportivas, riego y generación de energía.

Los metales pesados más tóxicos son el antimonio (Sb), arsénico (As), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn). El aporte de estos metales al ciclo hidrológico puede proceder de fuentes diversas, siendo una de ellas de origen litogénico a partir de los minerales que, por causas de erosión, lluvias, etc. son arrastrados al agua. No obstante, actualmente la mayor contaminación es de origen antropogénico proveniente de actividades como: minería, procesos industriales y residuos domésticos, los cuales aportan metales al aire, al agua y al suelo especialmente.

Los contaminantes se hallan unidos a distintas fracciones de los sedimentos que se pueden cuantificar a través del Método de Tessier, el cual se basa en un intento de reproducir las condiciones fisicoquímicas sobre matrices ambientales, considerando cuatro fases que definen asociaciones de los metales pesados a los diversos constituyentes del suelo con distintas energías de enlace; dicho método se aplica de forma secuencial sobre la misma porción de muestra. El esquema de Tessier consiste en la aplicación de extractantes selectivos en una secuencia, para determinar las formas de la solubilidad decreciente de los elementos metálicos. Las tres primeras fases son las que representan un mayor riesgo para la biota, y son las denominadas fases biodisponibles.

Por tanto, el análisis químico de los elementos traza de un suelo es una medida poco representativa de la peligrosidad de los posibles contaminantes. Indica en todo caso la peligrosidad potencial o futura, pero no la actual. Para esto, es de vital importancia conocer cómo se produce la movilización de metales para comprender los procesos químicos y bioquímicos que sufren los suelos, y de esta manera proporcionar una información más completa sobre la toxicidad de un determinado metal.

La movilidad de un metal no sólo depende de su especiación química, ya que los parámetros geoedáficos llegan a ser esenciales para valorar la sensibilidad de los suelos a la agresión de los contaminantes. En concreto, las variaciones de pH del medio, que pueden surgir a partir de lluvias ácidas generadas por el cambio climático, pueden potenciar los efectos tóxicos de estos contaminantes, ya que los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido porque son menos adsorbidos a las partículas del suelo.



Objetivos

1-Estudiar la relación entre variaciones de pH en el ecosistema y la movilización de metales desde sedimento a la columna de agua.

2-Relacionar las características geomorfológicas del suelo con la migración de metales ante variaciones de pH.

Material y métodos

La metodología consiste en realizar un detallado estudio bibliográfico, científico y técnico, relacionado con influencia de la acidez respecto a la movilización de metales, biodisponibilidad, remoción de metales del sedimento y afectación de la cadena trófica. En segundo lugar, elegir la zona de estudio en el área del Dique Potrerillos, en dos puntos: sedimento de Río Blanco y agua en el punto de contacto del Río Blanco con el lago (Fig.1). Posteriormente, se evalúan en agua y sedimento los metales pesados más tóxicos (Antimonio, Arsénico, Cobre, Selenio, Zinc, Plomo, Cromo y Bario) por Absorción atómica, siendo el más abundante el Zinc en el sedimento, en agua son no detectables estos metales. A continuación, la especiación química nos indica la distribución de los metales en las fases del sedimento y con esto su biodisponibilidad, la cual se puede alterar por las variaciones de parámetros ambientales como pH. Por esto se lleva cabo un ensayo piloto donde sea posible el estudio de la movilización de metales pesados hacia la columna de agua por modificaciones de pH.



Figura 1 - Puntos de muestreo

Resultados y discusiones

El estudio bibliográfico en ecosistemas semejantes nos permitió diseñar el muestreo en el Dique Potrerillos, río Mendoza y sus afluentes, como también el ensayo piloto para comprobar la relación entre pH y biodisponibilidad de metales pesados en sedimentos. Se seleccionó el Río Blanco porque recorre una zona poblada y recibe un importante caudal de deshielo que vuelca en este dique.

El análisis textural clasifica al sedimento en estudio como: arenoso, con 90,8% de arena y 9,2% de arcilla y limo.

Se realizó la determinación de la concentración total de los metales pesados presentes en la muestra de sedimento, (Fig.2) obteniéndose los siguientes resultados, donde se compara la evolución de las concentraciones hasta el último muestreo en primavera de 2023.

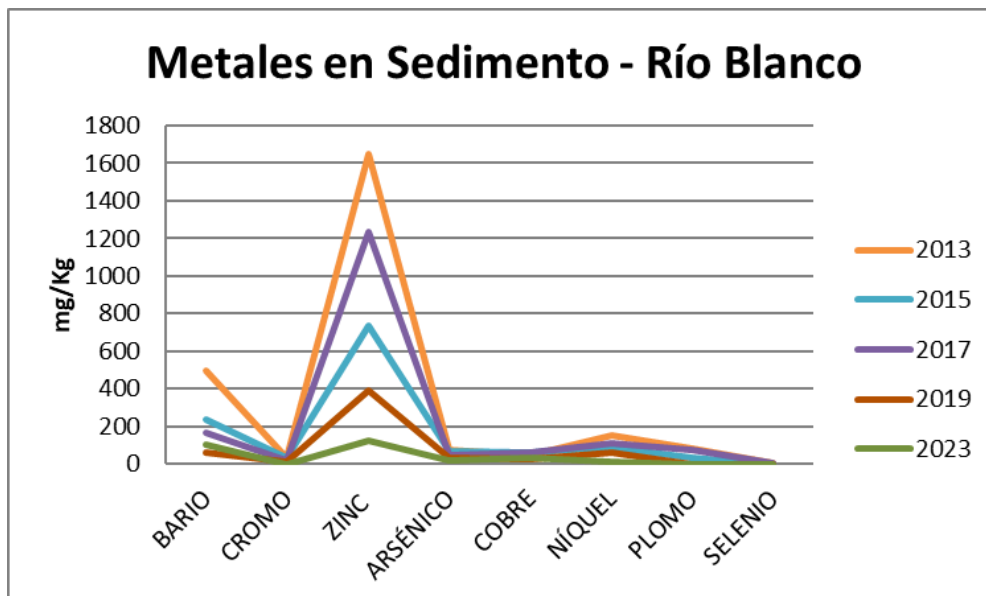


Figura 2 - Concentración total de metales presentes en la muestra de sedimento

Se puede observar, a través de estudios realizados previamente que el metal presente en mayor proporción con el paso del tiempo continúa siendo el zinc, por lo que fue el metal seleccionado para realizar la especiación química a través del método de Tessier, y posteriormente el ensayo piloto.

Los resultados obtenidos de la especiación química del sedimento correspondiente al año 2023, muestran que el Zn presente en el suelo se encuentra predominantemente en la primera fase, siendo esta la unión más lábil entre el metal y el sedimento, por lo tanto, este metal presenta una gran tendencia a pasar a la columna de agua (Fig.3).

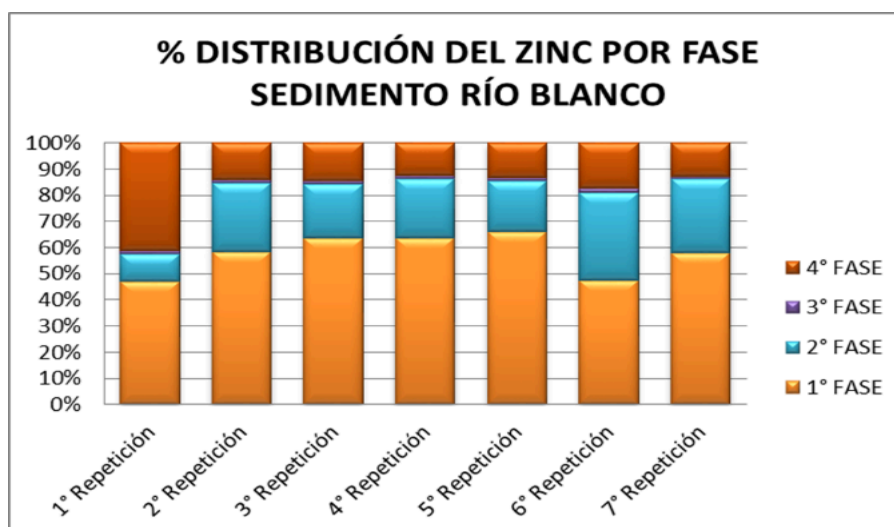


Figura 3 - Especiación química del Zn

Posteriormente, se realizó el ensayo piloto a escala laboratorio, el cual consistió en la puesta en contacto de una alícuota de sedimento del Río Blanco con una columna de agua del Dique Potrerillos, a la cual se le fue modificando el pH con ácido sulfúrico, simulando las posibles variaciones ambientales de pH. Los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación:

Tabla 1 - Tabla de resultados ensayo piloto de variación de pH

Zn inicial mg/l	Zn M ₁ mg/l	Zn M ₂ mg/l	Zn M ₃ mg/l	Zn M ₄ mg/l
	Agregado de ácido y agitación 20 días		Agregado de ácido y agitación 40 días	
0,05	0,07	0,13	0,15	0,18

Conclusiones

El sedimento total en contacto con la columna de agua del dique Potrerillo, acidificada en el laboratorio con ácido sulfúrico diluido al 2%, presenta una liberación de metal Zn desde el sedimento a la fase acuosa, la cual se incrementa al aumentar el tiempo de contacto.

Bibliografía

P.M Castañé, M.L Topalián, R.R Cordero, A. Salibián (2003). "Influencia de la Especiación de los Metales Pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad". Revista de Toxicología, año/vol. 20, número 00. Asociación Española de Toxicología Pamplona, España.pp. 13-18

"Derecho Ambiental. Residuos Peligrosos". Ley 24051. Decreto 831/93. Valleta Ediciones. 1998.

"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition" (2017). American Public Health Association (APHA). American Water Works Association (AWWA). Water Environment Federation (WEF).

MONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ZONAS DE AGRICULTURA INTENSIVA DE MENDOZA

Cónsoli Daniela¹, Zuluaga Jose¹, Drovandi Alejandro¹⁻², Gomez María Laura³, Hoke Gregory⁴, Valdés Analía¹, Micheletti Agostina¹, Porta María Antonella¹, Venier Matías¹, Vignoni Ana Paz¹, Bizzotto Antonella¹, Haye Amalia², Rodríguez Carlos², Velgas Máximo²

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, Argentina – ²Instituto Nacional del Agua, Centro Regional Andino, Argentina – ³IADIZA-CONICET, Argentina – ⁴Syracuse University, EEUU.

dconsoli@fca.uncu.edu.ar

Introducción

La provincia de Mendoza, reconocida por su agricultura de regadío, depende de la fusión de nieve en la cordillera para abastecerse de agua. El Cinturón Verde de Mendoza, un área de intensa producción hortícola utiliza agua de vertientes y, ocasionalmente, de desagües industriales, pluviales y de drenaje. El monitoreo de parámetros fisicoquímicos permite evaluar la aptitud del agua para riego, facilitando un manejo adecuado. El análisis isotópico ayuda a identificar el origen del agua subterránea, su edad, velocidad y dirección del flujo, la recarga y la relación entre aguas superficiales y subterráneas. El monitoreo de la calidad del agua en esta zona es esencial para asegurar la sostenibilidad del sistema. Este enfoque se justifica por la necesidad de comprender mejor las fuentes y mecanismos que afectan la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, así como para proporcionar recomendaciones sobre su gestión. La información obtenida es vital para desarrollar estrategias de manejo adecuadas que garanticen la calidad del agua utilizada en la agricultura. Además, contribuye a la creación de registros históricos que permiten un seguimiento a largo plazo de las condiciones ambientales en la región.

Objetivos

- 1) Realizar análisis fisicoquímico de aguas muestreadas en perforaciones en el Cinturón Verde de Mendoza, evaluando su aptitud para riego.
- 2) Analizar isótopos estables en algunas perforaciones para identificar posibles contaminaciones entre diferentes niveles del acuífero, aportando una visión integral sobre la dinámica y origen de los contaminantes.

Materiales y Métodos

La zona de estudio pertenece al área administrada por la Asociación de Usuarios de la 3^{ra} zona de riego del Río Mendoza, donde se ubica el Cinturón Verde del área metropolitana. En este estudio se han incluido los resultados fisicoquímicos de 323 muestras de agua analizadas entre los años 2000 a 2023, que han sido tomadas en 15 perforaciones situadas en el área de estudio, donde un equipo de investigación local viene trabajando en la zona desde hace varios años. El muestreo fisicoquímico se ha complementado seleccionando y tomando muestras de algunas perforaciones a diferentes profundidades de explotación para realizar el análisis de isótopos estables. Se han analizado variables fisicoquímicas como pH, conductividad eléctrica actual (CEA), nitratos, fosfatos, iones mayoritarios y en ocasiones contenidos de metales pesados: Pb,



Cu, Cd, Zn y Mn (Official Methods of Analysis of AOAC International, 1996). Para evaluar la salinidad, se utilizó la escala Riverside con modificación de Thorne-Peterson (Thorne y Peterson, 1996) y la clasificación de Wainstein (recomendada para las aguas de Mendoza), por considerar especialmente el contenido de yeso y la eliminación del exceso de sodio por drenaje (Avellaneda, 2004) calculando la Conductividad Eléctrica Efectiva. También se consideraron parámetros como el RAS y el Coeficiente de álcali para evaluar el riesgo sódico.

Resultados

Los resultados del análisis de isótopos estables se presentan en la Figura N°1. Se evidenció que tanto el agua superficial cómo la subterránea, ambas utilizadas para riego, resultan de la misma fuente (agua del río Mendoza). Sin embargo, se observa un empobrecimiento mayor para algunas muestras de agua subterránea, las cuales, en general, presentan una baja dispersión en los valores isotópicos. Esto podría indicar que, para un grupo de aguas subterráneas, podrían no estar vinculadas al ciclo hidrológico actual del río Mendoza. Mientras que otro grupo de aguas subterráneas presentan una recarga más rápida desde el agua superficial de riego. No es posible identificar cambios entre los distintos acuíferos muestreados, lo que además estaría evidenciando posibles mezclas entre los diferentes niveles de agua subterránea.

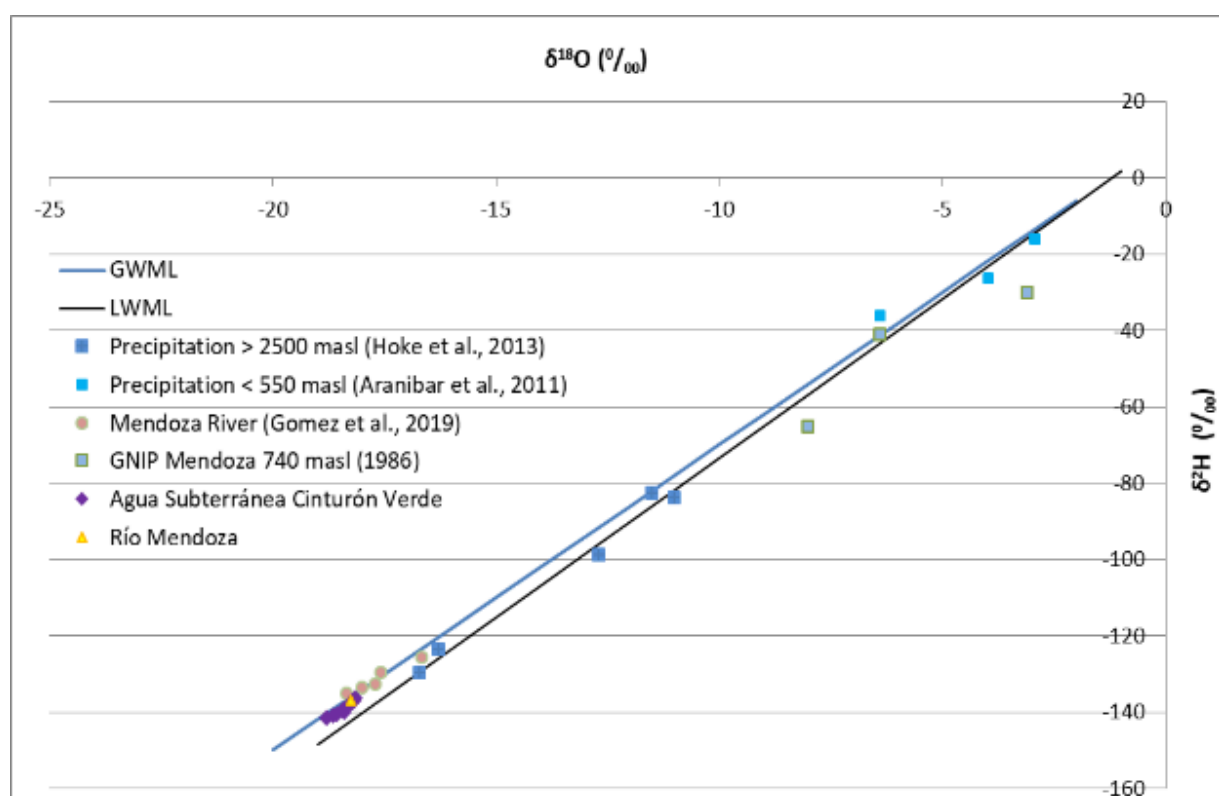


Figura N°1: Relación de los isótopos estables en muestras de agua del área estudio. Se presenta la líneas de agua meteórica global (GWML, de su sigla en inglés) y local (LWML) generada a partir de estudios previos; la sigla m.a.s.l representa la altura sobre el nivel del mar de las muestras consideradas para la LWML.

Tabla N°1. Descripción estadística de los parámetros fisicoquímicos analizados en aguas subterráneas.

Variable	n	Media	Desv. Estandar	Mínimo	Máximo
pH	323	7,8	0,4	6,1	10,3
CEA (µs/cm)	323	961,6	271,1	167,0	1995,0
RAS	323	1,5	1,0	0,5	15,6
Na (me/L)	323	2,7	0,9	0,7	7,4
K (me/L)	323	0,1	0,1	0,0	1,0
Ca (me/L)	323	5,2	2,0	0,1	12,6
Mg (me/L)	323	2,2	0,9	0,0	5,8
CO ₃ -2 (me/L)	323	0,0	0,1	0,0	1,2
CO ₃ H- (me/L)	323	2,4	1,1	0,3	8,0
Cl- (me/L)	323	2,2	0,8	0,9	5,6
NO ₃ - (mg/L)	318	24,8	251,1	0,0	3942,7
PO ₄ -3 (mg/L)	318	0,7	2,4	0,0	38,7
Pb (mg/L)	238	0,1	0,1	0,0	0,6
Cu (mg/L)	238	0,0	0,1	0,0	0,7
Zn (mg/L)	238	0,1	0,1	0,0	1,1
Cd (mg/L)	238	0,0	0,0	0,0	0,1
Mn (mg/L)	111	0,0	0,0	0,0	0,3
O ₂ disuelto	306	6,1	2,1	0,9	10,4

El resumen de los resultados de diferentes parámetros fisicoquímicos analizados puede observarse en la tabla N°1. En referencia a los mismos puede destacarse que sólo un 3% de los valores de pH están fuera del rango de 6,5-8,4, considerado normal para las aguas de riego, y ambos extremos corresponden mayormente a 2 perforaciones con resultados bastante diferentes al resto de las muestras. De acuerdo con los criterios de FAO (Ayers y Westcot, 1987), todas las aguas presentan ligeras a moderadas restricciones para su uso en riego. El 91,6% de las aguas analizadas se clasificó según Riverside como C3 "salinidad mediana", encontrando sólo en 26 ocasiones valores de CEA consideradas como C2 "Salinidad moderada" y sólo una muestra C1 "Salinidad baja". Calculando la CCE según la clasificación de Wainstein, se encuadran generalmente como C3 "aguas moderadamente salinas". El 12% de las muestras presentó valores de sodio mayores a 3 meq/L, indicando ligera a moderada restricción para uso en riego de acuerdo a criterios de FAO. El 7% muestreado tuvo valores de cloruro superiores a los 4 meq/L, indicando una ligera restricción para riegos por superficie. Respecto a los valores de RAS, Coeficiente de álcali y carbonato de sodio residual, estos indican que se trata de aguas de bajo riesgo sódico debido a la proporción del sodio con respecto a otros iones presentes. En general, son aguas muy duras (36,7°F en promedio) donde si bien no es un problema para los cultivos, puede ocasionar obturaciones de los sistemas de riego. El 92% de las muestras presentó valores de bicarbonato por encima de los 100 mg/L, acentuando aún más la posibilidad de que se generen incrustaciones en sistemas de riego. También es importante considerar el aporte de sales y nutrientes que pueden tener estas aguas a la hora de manejar la fertilización. Por ejemplo, de acuerdo a los contenidos promedios de potasio y a una lámina de riego de 600 mm

aplicada en el ciclo de un cultivo, se estarían aportando con el agua de riego unos 65 kg de K_2O en promedio al final del ciclo de un cultivo (rango entre 13 a 532 kg de K_2O), indicando grandes diferencias que merecen analizar en forma independiente cada caso.

Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados del análisis de isótopos estables evidenciaron una rápida incorporación del agua superficial al acuífero debido a la recirculación de riego, ya que no se identificaron diferencias entre los distintos niveles de acuíferos muestreados. Se puede sostener que los niveles más profundos continúan sin efectos de contaminación, aunque son susceptibles de alteración ante la fuerte presión en el uso del recurso hídrico. Es necesario incluir dataciones al sistema hídrico subterráneo para conocer la edad del recurso y definir medidas de control y gestión sustentable del agua subterránea.

En general, las aguas son moderadamente salinas y, según las recomendaciones locales de Wainstein (Avellaneda, 2004), son aptas para el riego de todo tipo de cultivos. Sin embargo, en plantas sensibles a las sales solubles, el suelo debe tener condiciones medianas a buenas de permeabilidad, ya que de lo contrario, será necesario realizar riegos abundantes para drenar las sales acumuladas. Las aguas presentan bajo riesgo sódico y en general son muy duras, lo que atenúa el riesgo. No obstante, la alta dureza y los contenidos de bicarbonato requieren tratamientos para prevenir incrustaciones en sistemas de riego presurizados.

Se han observado importantes variaciones entre los valores encontrados en diferentes perforaciones, especialmente en contenidos de calcio, magnesio, sodio y cloruro. Esto pone en evidencia la necesidad de realizar análisis de aguas para tomar decisiones adecuadas en cuanto al manejo del riego y el mantenimiento del sistema según cada situación específica.

Bibliografía

Avellaneda, M.; Bermejillo, A.; Mastrantonio, L. (2004). Aguas de riego calidad y evaluación de su factibilidad de uso. ISBN: 950-39-0030-1. Editorial EDIUNC. Mendoza, Argentina.

Ayers, R.S. y Westcot, D.W. (1987). La calidad del agua en la Agricultura. Serie FAO Riego y Drenaje N° 29 rev1. Roma, Italia.

Official Methods of Analysis of AOAC International. (1996) 16 th Edition – Volumen I.

Thorne. D. W. y Peterson H. B. (1996) Técnica de Riego Fertilidad y Explotación de los Suelos. Editorial Continental. México D. F.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DINÁMICA ISOTÓPICA EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO: PERSPECTIVAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

Drovandi Alejandro¹⁻², Zuluaga Jose¹, Cónsoli Daniela¹, Gómez María Laura³, Valdés Analía¹, Dediol Cora¹, Micheletti Agustina¹, Porta, María Antonella¹, Hoke Gregory⁴, Haye Amalia², Rodríguez Carlos², Velgas Máximo²

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), ²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

adrovandi@fca.uncu.edu.ar

Introducción

La cuenca del Río Blanco, situada en la región Norte de Mendoza, desempeña un papel crucial en el abastecimiento hídrico de la ciudad de Mendoza, ya que contribuye significativamente al embalse de Potrerillos. A pesar de su importancia estratégica, esta cuenca ha recibido escasa atención en términos de estudios relacionados con la contaminación del recurso hídrico. Con una población limitada pero en crecimiento, y un desarrollo turístico en aumento, la cuenca enfrenta desafíos relacionados con la gestión de residuos sólidos y líquidos contaminantes, los cuales son eliminados sin tratamiento previo. Esta situación plantea una problemática prioritaria que requiere de un monitoreo continuo y de acciones efectivas de gestión ambiental.

El suministro de agua potable al Gran Mendoza depende, en parte, de las aguas del Río Blanco, lo que subraya la importancia crítica de abordar la calidad del agua en esta zona. Es en este contexto, un equipo de investigadores de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), el Instituto Nacional del Agua (INA), y el Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA-CONICET), han asumido la tarea de monitorear los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en la cuenca del Río Blanco desde el año 2005 hasta la actualidad.

Objetivos

1)-Evaluar la calidad del agua en la cuenca del Río Blanco mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. 2)-Comparar los resultados obtenidos con los estándares, con el fin de categorizar el agua en términos de su aptitud de uso. 3)-Comprender el funcionamiento del sistema hídrico en la cuenca del Río Blanco mediante el análisis de isótopos estables.

Materiales y Métodos

Potrerillos, originalmente una colección de antiguas estancias dedicadas a la producción agropecuaria, se encuentra ubicado en el pintoresco valle del Río Mendoza. A lo largo de la cuenca, varios asentamientos han ido surgiendo gradualmente, convirtiendo la región en un área turística con una población permanente limitada. La figura 1 permite apreciar el área de estudio y los puntos de muestreo establecidos a lo largo de los años de estudio. Cabe mencionar que los monitoreos se vienen realizando desde 2005 por el mismo equipo de investigación, con frecuencias generalmente mensuales o bimestrales, dependiendo del financiamiento y las posibilidades en cada año, pero en este trabajo se presentan los resultados desde noviembre 2016 a febrero 2023.



En cada muestreo, se valoran parámetros fisicoquímicos como salinidad total mediante la CEA, pH, RAS, Nitratos (método colorimétrico por HACH), fosfatos (método colorimétrico con sulfo-vanado molibdicco), temperatura, oxígeno disuelto y una vez al año se determinan iones mayoritarios. Se realizan análisis microbiológicos que incluyen (i) Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas por ml, (ii) Determinación del Número Más Probable de bacteria Coliformes Fecales en 100 ml y (iii) Determinación del Número Más Probable de Coliformes Termo Resistentes en 100 ml. Los análisis se realizaron según los “Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales (APHA - AWWA – WPCF, 1992). Los resultados obtenidos con el análisis de las muestras son evaluados con estándares correspondientes de la OMS mediante clasificaciones locales e internacionales (Avellaneda, 2004), y normativas del EPAS (1995), CAA (1998), etc.

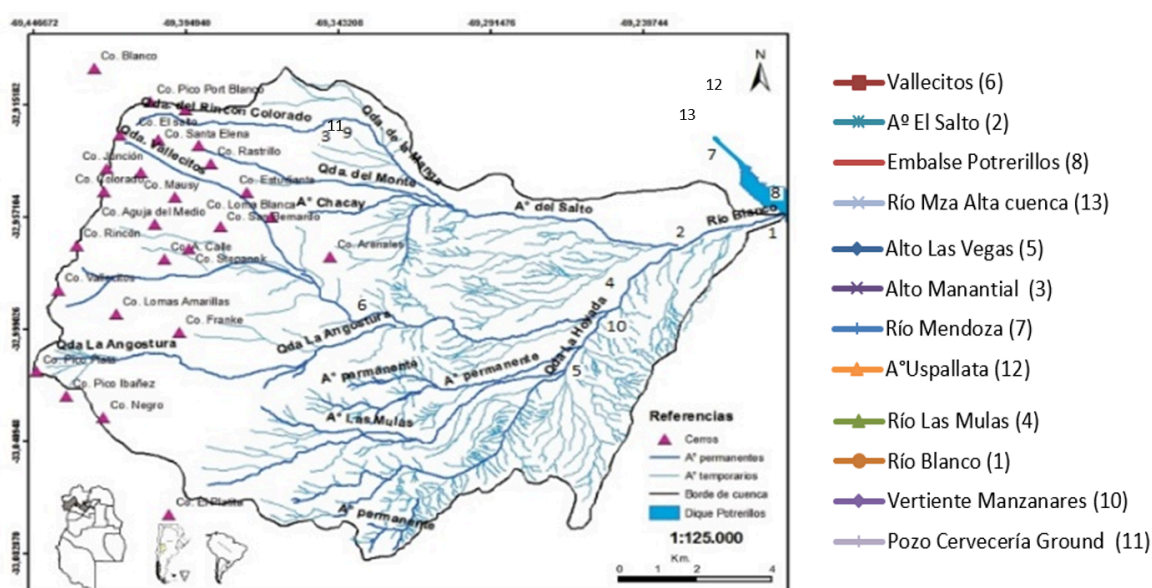


Figura1.- Área de estudio y puntos de muestreo con las referencias correspondientes (derecha).

Resultados

El análisis de isótopos estables muestra efectos locales de interacción agua superficial-agua subterránea en la cuenca del río Blanco, con una fuerte componente de nieve proveniente del Cordón del Plata y efectos sobre la composición del agua del dique Potrerillos. La subcuenca del arroyo Uspallata presenta también características locales de interacción agua superficial-agua subterránea sin efectos sobre la química global del río Mendoza. Los resultados de monitoreo (2016 a 2023) de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se presentan en las figuras 2 a 8, que corresponden a 20 muestreos de agua realizados en los diferentes puntos fijos.

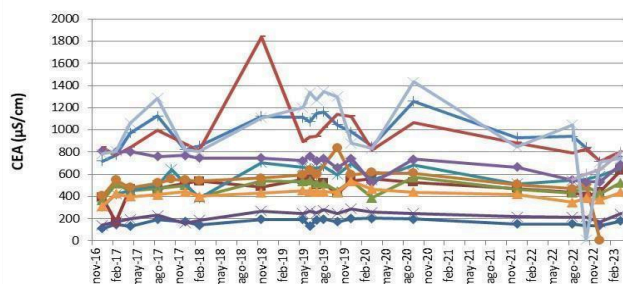


Figura 2.- Variación de la Conductividad eléctrica actual (CEA) (referencias en figura 1).

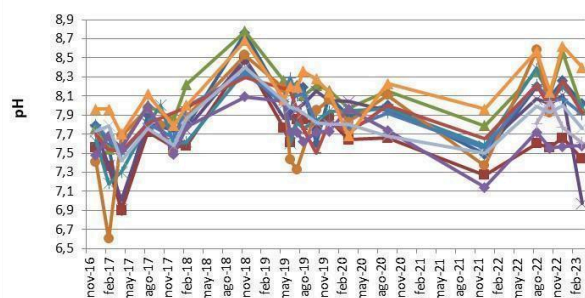


Figura 3.- Variación del pH (referencias en figura 1).

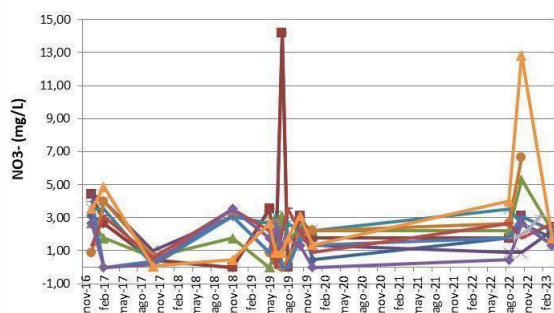


Figura 4.- Variación de los valores de nitatos (referencias en figura 1).

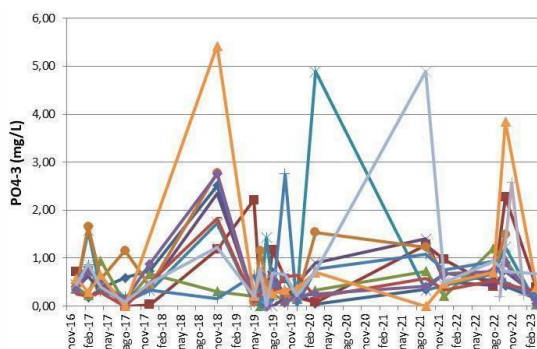


Figura 5.- Variación de los valores de fosfatos (referencias en figura 1).

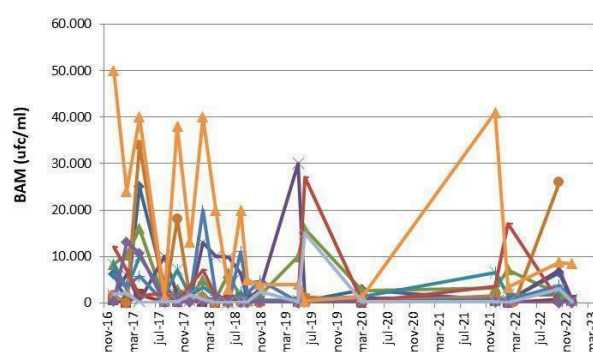


Figura 6.- Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas (referencias en figura 1).

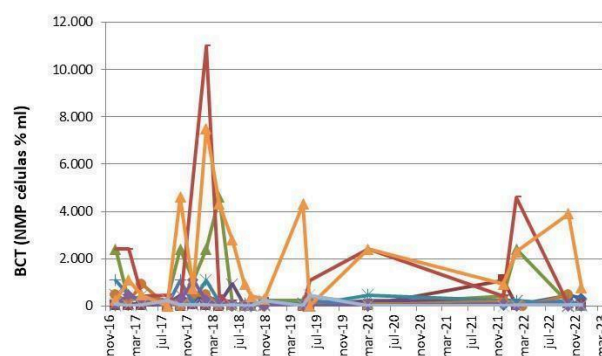


Figura 7.- Número Más Probable de bacteria Coliformes fecales (referencias en figura 1).

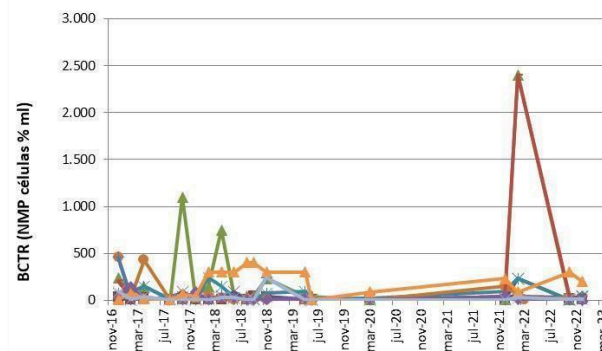


Figura 8.- Número Más Probable de bacterias termorresistentes (referencias en figura 1).

Conclusiones y Recomendaciones

En líneas generales, las aguas muestran una calidad físico-química aceptable; sin embargo, se observan cambios que merecen una atención adecuada por parte de quienes gestionan el área. Los análisis microbiológicos revelan la exposición del agua a la contaminación en diversos grados, la creación de ambientes propicios para la proliferación de microorganismos y la presencia de materia orgánica. En algunos casos, los niveles detectados superan los límites establecidos para su uso según las regulaciones pertinentes (CAA, EPAS), lo que subraya la importancia crítica de continuar con monitoreos periódicos de la calidad del agua. Estos estudios son fundamentales para identificar problemas emergentes, evaluar la efectividad de las medidas de control existentes y garantizar la implementación de un tratamiento adecuado cuando sea necesario.

Bibliografía

APHA - AWWA - WPCF (1992) "Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales"; Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 17 Ed.

Avellaneda, M.; Bermejillo, A.; Mastrantonio, L. 2004. Aguas de riego calidad y evaluación de su factibilidad de uso. ISBN: 950-39-0030-1. Editorial EDIUNC. Mendoza, Argentina.

Código Alimentario Argentino (C.A.A.) (1998) Ediciones Marzochi. Argentina.

ENTE PROVINCIAL DEL AGUA Y SANEAMIENTO (EPAS) (1995). "Normas de calidad de aguas. Documento preliminar. Mendoza. Argentina".

¿CÓMO SON LAS AGUAS DE RIEGO SUPERFICIALES UTILIZADAS EN EL CINTURÓN VERDE DE MENDOZA? ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS

Cónsoli Daniela¹, Zuluaga Jose¹, Drovandi Alejandro^{1,2}, Valdés Analía¹, Micheletti Agostina¹, Porta María A.¹, Venier Matías¹, Lipinski Víctor¹, Filippini María F.¹, Bizzotto Antonella¹, Haya Amalia², Rodríguez Carlos², Velgas Máximo²

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, Mendoza, Argentina – ²Instituto Nacional del Agua, Centro Regional Andino, Argentina.

dconsoli@fca.uncu.edu.ar

Introducción

La producción intensiva de hortalizas en el Cinturón Verde de Mendoza depende de las aguas de riego, que reciben aportes constantes de vertientes y ocasionalmente de desagües industriales, pluviales y de drenaje, lo que afecta la calidad del agua. Las actividades agrícolas, industriales y poblacionales en la zona generan efluentes y residuos que alteran parámetros cruciales como el pH, la salinidad, la sodicidad y la proporción de iones en el agua. Estos cambios impactan no solo en los cultivos aguas abajo, sino también en las aguas subterráneas.

En este contexto, el monitoreo de los principales parámetros que determinan la calidad de las aguas de riego en el Cinturón Verde de Mendoza es de vital importancia. Un equipo de investigación local ha asumido esta tarea, realizando un seguimiento periódico desde hace varios años en diferentes puntos fijos de muestreo. Este monitoreo proporciona información valiosa para analizar la situación actual y las tendencias en la calidad del agua a lo largo del tiempo.

Objetivos

Los objetivos de este estudio fueron analizar la información obtenida de muestreos realizados en las aguas de los dos canales principales utilizados para riego en el área del Cinturón Verde de Mendoza, con el propósito de identificar grupos homogéneos o tipologías de calidad del agua superficial y caracterizar la calidad del agua de riego superficial en la zona de estudio.

Materiales y Métodos

El área de estudio alberga el Cinturón Verde en la zona metropolitana de Mendoza. En este estudio se han incluido los resultados fisicoquímicos de más de 450 muestras de agua analizadas en 15 años de muestreos que permitieron hacer la caracterización del agua superficial con muestras tomadas en puntos fijos sobre los principales canales que abastecen el área: Chachingo y Pescara. El punto R permite evaluar la calidad inicial del agua superficial proveniente del Río Mendoza en el ingreso a estos canales. Luego, sobre el canal Pescara se ubican los puntos P y B, mientras que sobre el canal Chachingo los sitios PB, CH y M.

En cada muestra de agua se han analizado variables fisicoquímicas como pH, conductividad eléctrica actual (CEA), nitratos, fosfatos y iones mayoritarios (Official Methods of Analysis of AOAC International, 1996). Para evaluar salinidad se utilizó la escala Riverside con modificación de Thorne-Peterson (Thorne y Peterson, 1996) y la clasificación de Wainstein, recomendada para las aguas de Mendoza por considerar especialmente el contenido de yeso y la eliminación del exceso

de sodio por drenaje (Avellaneda, 2004) calculando la Conductividad Eléctrica Efectiva (CEE) en cada muestra. Del mismo modo, en cada muestra se consideró el RAS y el Coeficiente de álcali (Coef. K) para evaluar riesgo sódico.

Las determinaciones de las tipologías de agua se hicieron mediante estadística multivariada. Se realizó un análisis de componentes principales para elaborar el cartografiado de los resultados y aplicar estrategia de clustering sobre factores. En aquellos factores que capturaron el 80% de varianza se realizó la estrategia de Lebart de clasificación automática para obtener particiones, aplicando técnicas de descripción y validación estadística de descripción de clases para encontrar patrones o tipologías de aguas a partir de las mediciones de parámetros en conjunto.

Resultados

En la identificación de grupos homogéneos o tipologías de agua, se obtuvieron 4 clases con su significancia estadística y validación correspondiente según las similitudes entre las muestras. En las Tablas 1 y 2 se detallan los valores de los diferentes parámetros que definen cada clase.

Tabla 1.- Identificación de las distintas clases o tipologías de agua considerando CEA, CEE, pH, NO_3^- , PO_4^{3-} , RAS, Coef. K, dureza total y dureza temporaria con significancia estadística ($\alpha=0,1$ o superior), salvo donde se coloca un asterisco (*) que indica que el valor medio indicado no presentó diferencia significativa.

Variables	CEA	CEE	pH	NO_3^-	PO_4^{3-}	RAS	Coef. K	Dureza total	Dureza temporaria
	$\mu\text{S cm}^{-1}$	$\mu\text{S cm}^{-1}$	-	mg L^{-1}	mg L^{-1}	-	-	$^\circ\text{F}$	$^\circ\text{F}$
Clase 1	947,5	946	7,64	11,58*	0,694	1,136	30,7	10,7	27,7
Clase 2	1393	1367*	7,019	28,1*	1,03*	1,561*	18,01	21,5	35,9
Clase 3	1878	1632	7,743	14,56*	0,551	1,604*	12,82	23,5	67,4
Clase 4	2150	2000	6,736	3,241*	6,06	2,539	9,484	32,5	51,7

Tabla 2.- Identificación de las distintas clases o tipologías de agua considerando los iones mayoritarios presentes en las aguas, con significancia estadística ($\alpha=0,1$ o superior), salvo donde se coloca un asterisco (*) que indica que el valor medio indicado no presentó diferencia significativa.

Variables	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	K^+	Cl^-	CO_3^{-2}	CO_3H^-	SO_4^{-2}
	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}
Clase 1	111,52	25,47	51,41	5,39	70,53	2,367	125,3	283,9
Clase 2	169,34	36,47	86,00*	17,60*	118,1	0,285	261,3	385,1
Clase 3	267,77	58,31	109,3	9,127	160,6	2,481	281,5	639
Clase 4	247,83	54,22	161,01	61,977	230,82	0	397,1	611,2

La Clase 1 abarcó la mayor proporción de aguas analizadas (31,55%), con un 39% de las muestras tomadas en el punto R y el 88% de las muestras de la categoría 3 de Wainstein (modalidades características de dicha clase, con el 99% de confianza). La Clase 2 incluyó muestras cercanas a la media de todas las variables, el 58% de las observaciones incluidas en esta clase correspondieron a muestras tomadas en el punto PB y un 47% estuvo dentro de la categoría 4 de Wainstein. El 36,5% de las muestras tomadas en el punto PB y el 72% de las muestras de la categoría 4 de Wainstein se encuadraron en la Clase 2, siendo estas modalidades características de dicha clase, con el 99% de

confianza. El 79% de las observaciones incluidas en la Clase 3 correspondió a muestras tomadas en el punto HM (modalidad característica de la clase, con el 99% de confianza), lo cual representa muestras tomadas hacia el final del Canal Chachingo. La Clase 4 incluyó un menor número de muestras, las que presentaron una mayor dispersión que en el resto de las clases, siendo el punto B la modalidad característica de la clase (73% de las muestras tomadas en dicho punto), lo cual representa principalmente el final del Canal Pescara.

Las modalidades características de cada clase se definieron con un nivel de confianza del 99%, encontrando que las 4 clases se definieron de acuerdo con el punto en el cual se extrajo la muestra y dos de las categorías por la clasificación de Wainstein (C3 o C4) es decir, que existe influencia importante del punto de extracción y del tipo de sales presentes (no solo de la concentración). La Clase 3 es la que posee mayor proporción de sales de mediana solubilidad que originan una mayor diferencia entre la CEA y CEE, lo cual disminuye levemente el riesgo salino del agua. La clase 4, que en su mayoría representa muestras de aguas tomadas hacia el final del canal Pescara es la que posee mayor riesgo salino. Considerando que las clases 3 y 4 caracterizan a los últimos puntos sobre los canales Chachingo y Pescara respectivamente, queda en evidencia la contaminación diferencial que se produce en cada canal. Las aguas del canal Pescara, presentan a través de su recorrido, una mayor disminución de su calidad que las del Canal Chachingo, pudiendo atribuirse a que atraviesan una importante zona industrial (más aún si se considera que en el canal Pescara existe desde el 2009 una planta que en ocasiones diluye dichos efluentes con agua subterránea de buena calidad para disminuir su contaminación). Las aguas de la clase 4 presentan, con respecto a la clase 3 un menor pH y coeficiente K que indica mayor riesgo salino sódico. Se destacan los valores de pH menores a 7 en la Clase 4. Además, los valores de CEA, CEE, Cl^- , Na^+ , CO_3H^- , RAS, Cu y PO_4^{3-} son más elevados que en la clase 3, corroborando lo antes dicho.

Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo con los criterios de FAO (Ayers y Westcot, 1987), todas las aguas presentan ligeras a moderadas restricciones para su uso en riego. Las aguas de la zona de estudio son, en general, clasificadas según Riverside como "bajo riesgo sódico" (S1) y "salinidad mediana" (C3), siendo recomendable su uso únicamente en suelos de moderada a buena permeabilidad. Utilizando la conductividad eléctrica efectiva (CEE) a través de la clasificación de Wainstein, se encuadran generalmente como "aguas moderadamente salinas" (C3) o "medianamente salinas" (C4). Sin embargo, en ocasiones, principalmente en los puntos situados hacia el final de recorrido de ambos canales, se observaron aumentos de salinidad y sodicidad que disminuyen la aptitud para riego alcanzando categorías de Wainstein C5 "francamente salina" (45% de aumento de CEE), C6 "fuertemente salina" (90% de aumento) o S2 "mediana peligrosidad sódica" (el RAS que supera 4,4 veces la media, y los valores de sodio son 3,9 veces mayores). Aunque la presencia de yeso en el suelo atenúa la mediana peligrosidad sódica, las aguas del final del canal Pescara deben ser usadas con cautela ya que, en suelos de textura fina con condiciones de drenaje restringido, presentan un apreciable peligro sódico. Salvo al inicio de ambos canales (Punto R), las aguas presentan ligera a moderada restricción para uso en riego de acuerdo con criterios de FAO, debido a sus valores de sodio y cloruros (más de 3 meq/L). Son aguas muy duras con un gran aumento al avanzar en su recorrido, principalmente en el Canal Chachingo. A pesar de que su dureza atenúa el riesgo sódico, es indispensable considerarla para sistemas de riego presurizados donde pueden generarse importantes incrustaciones salinas si no se hace un adecuado mantenimiento con ácidos. Los valores de bicarbonatos superan en las 4 clases las 100 ppm indicando peligro de obturación de goteros que se torna grave hacia el final de ambos canales si no se toman las medidas preventivas adecuadas. Es importante considerar el aporte de sales y nutrientes que pueden tener estas aguas a la hora de manejar la fertilización, ya que, como ejemplo, de acuerdo con los contenidos de

potasio, considerando 600 mm de riego, en el ciclo de un cultivo se estaría aportando entre 75 a 850 kg de K₂O (los mayores valores aparecen en las aguas del canal Pescara), lo cual sería más que suficiente para la mayoría de los cultivos de la zona.

Bibliografía

Avellaneda, M.; Bermejillo, A.; Mastrantonio, L. (2004). Aguas de riego calidad y evaluación de su factibilidad de uso. ISBN: 950-39-0030-1. Editorial EDIUNC. Mendoza, Argentina.

Ayers, R.S. y Westcot, D.W. (1987). La calidad del agua en la Agricultura. Serie FAO Riego y Drenaje N° 29 rev1. Roma, Italia.

Official Methods of Analysis of AOAC International. (1996) 16 th Edition – Volumen I.

Thorne. D. W. y Peterson H. B. (1996) Técnica de Riego Fertilidad y Explotación de los Suelos. Editorial Continental. México .D. F.

CALIDAD DE AGUA EN FUENTES DE ABASTECIMIENTO RURALES EN LA ZONA CENTRO y SUR DE MISIONES

Iwasita Bárbara¹, Germán Acosta¹, Ramiro Sosa¹, Miguel Da Luz¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Cerro Azul.

iwasita.barbara@inta.gob.ar

Resumen Extendido

Introducción

Es el agua un bienpreciado, necesario para la vida hombre y sus actividades productivas y domésticas, desde el consumo y la higiene personal hasta el riego, abrevado de animales, piscicultura, entre otros. Este recurso tanpreciado es vulnerable y susceptible. Las actividades antrópicas y agrícolas, residuos de industrias, contaminación por fuentes naturales, pueden contribuir a su deterioro, siendo necesaria una evaluación de la calidad con la finalidad de definir si es apta para el uso al cual se quiere destinar. El consumo humano es el uso que impone las mayores exigencias reglamentarias a cumplir.

Ante la falta de acceso al agua en forma directa del sistema de distribución, productores y familias de zonas rurales y periurbanas recurren a fuentes de agua que se encuentran disponibles, como vertientes, arroyos, agua meteórica, pozos someros o aljibes, pozos perforados a mayor profundidad. Esta última, conlleva un costo de inversión y requiere de estudios ambientales que permitan factibilidad de la obra, limitando los usuarios que pueden tener acceso. En Misiones, una de las tecnologías ampliamente difundidas desde el año 2011, es la protección de vertientes en la cual se construye un reservorio en la naciente y se conduce el agua por un sistema de tuberías hasta el punto de uso. Este emprendimiento puede ser unifamiliar o comunitario, abasteciendo a varias familias. Resulta notable la mejora de la calidad si el sistema funciona apropiadamente, a su vez existen medidas sustentables a realizar alrededor de la zona de la vertiente que deben inducir a la conservación del agua en calidad y cantidad.

En función del tipo de fuente utilizada y el nivel de contaminación, el agua podrá cumplir con las exigencias reglamentarias o requerirá de un tratamiento para su mejora; de lo contrario podría ser perjudicial, con el riesgo de producir enfermedades. Para los sistemas de abastecimiento rurales será necesario realizar un control o vigilancia de la calidad del agua y del estado de la obra como una acción que acompañe la gestión del agua (OMS, 2018). La evaluación implica un monitoreo de agua donde se realizan observaciones y se toman muestras para analizar. Las determinaciones dependerán de los objetivos de uso, los recursos disponibles y la oferta del laboratorio. Finalmente se interpretarán los resultados utilizando normativas vigentes, en este trabajo el Código Alimentario Argentino y el Estudio FAO Riego y drenaje, donde se establezcan los límites a cumplir para su aptitud.

Objetivos

Los objetivos del trabajo fueron: evaluar la calidad de agua, construir una línea base de información y verificar el estado de obra de diferentes sistemas de abastecimiento rurales que se encuentran distribuidos en la zona centro y sur de la provincia de Misiones, considerando como usos el consumo humano, elaboración de alimentos, riego, consumo animal y piscicultura. A partir de los

resultados, establecer acciones tendientes a la mejora de la calidad de agua colaborando con el manejo integral del recurso.

Materiales y métodos

Se seleccionaron 11 sitios de muestreo en los departamentos de Cainguás y Apóstoles (Figura 1), recorriendo una distancia lineal aproximada de 150 km entre los puntos más distantes en la zona centro sur de la Provincia de Misiones. Los mismos fueron georreferenciados y clasificados según el tipo de tecnología en 7 vertientes protegidas (VP), 3 vertientes a cielo abierto y 1 pozo perforado (200m). Los muestreos se llevaron adelante entre diciembre de 2023 y marzo de 2024. En 9 sitios fue posible realizar análisis físicoquímicos y microbiológicos (V1 a V7, V10 y V11), en los otros dos solo se realizaron análisis físicoquímicos (V8 y V9).

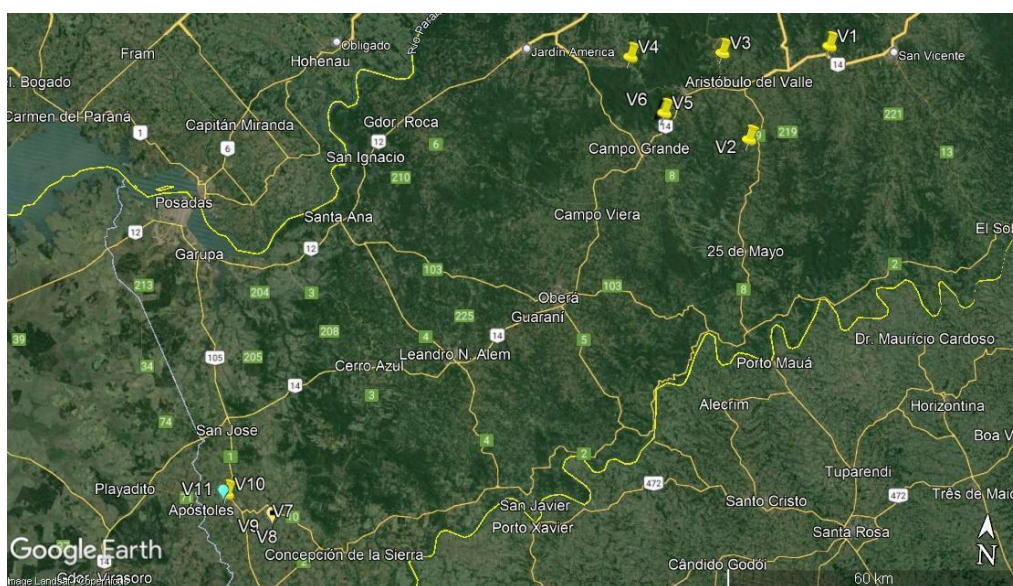


Figura 1- Sitios de muestreo zona centro y sur de Misiones

Mediante un formulario se relevó información sobre la infraestructura del sistema de abastecimiento: zona de conservación, deforestación, existencia de cerco perimetral, estado de tapa, distancia a letrinas, etc. Se tomaron algunos datos in situ como horario de muestreo, temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. A continuación, siguiendo los métodos normalizados, se tomaron muestras para los diferentes tipos de análisis. Los recipientes fueron trasladados en conservadoras a la temperatura de refrigeración hasta el laboratorio de INTA Cerro Azul para el procesamiento de las muestras. Se realizaron análisis químicos básicos (pH, conductividad, turbidez, sólidos disueltos totales, sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, nitratos, nitritos, amonio, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, fosfatos, fluoruros) y microbiológicos (bacterias aerobias mesófilas totales, coliformes totales, termotolerantes, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*).

Resultados

Los parámetros físico-químicos evaluados cumplieron en su mayoría las exigencias para consumo humano, elaboración de alimentos y riego, a excepción de turbidez y pH. Este último parámetro fue

menor a 6,5 para todas las vertientes y puede deberse a la sobresaturación del agua con CO₂ en su recorrido por el suelo (Iwasita, 2018). El pozo perforado presentó valores de pH que superan 8,5; en este caso se comprobó que el agua no presenta inconvenientes por dureza total sino valores altos de bicarbonatos. El valor más alto de turbidez encontrado fue de 24,6 y correspondió a una vertiente a cielo abierto. Los valores de nitratos encontrados fueron aceptables y no evidenciaron contaminación de origen humano o residuos de fertilizantes (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro, & Segura-Araya, 2017). Para consumo animal, las fuentes monitoreadas son aptas para todo tipo de ganado y aves de corral; los bajos contenidos en sales permiten utilizar el agua que consumen los animales como vehículo para la suplementación animal. Dos VP tuvieron valores de oxígeno disuelto bajos, menores a 4 mg/L, si bien este valor se considera riesgoso para piscicultura se corregiría naturalmente en un estanque a cielo abierto.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, la presencia de microorganismos indicadores restringe el uso para consumo humano en todas las fuentes muestreadas, esto guarda relación con que son aguas naturales que requieren de un tratamiento mínimo de desinfección, uso de radiación UV, o ebullición para que sean seguras. Es conveniente evaluar los tenores de microorganismos encontrados, para determinar el tipo de tratamiento que requieren y las decisiones a tomar en la gestión del recurso. Dos VP (V2 y V11) presentaron parámetros microbiológicos cercanos a los de un agua potable, ausencia de *E. coli* en ambos casos y en V11 se observó inclusive ausencia de coliformes termotolerantes. V2 se muestreó luego del tanque de almacenamiento, por lo que los indicadores microbiológicos en la naciente pueden ser menores (Tabla 1). Esto reafirma el trabajo de la protección realizado, que evita contaminación externa y mejora notablemente la calidad de agua. Un 78% de las fuentes presentaron *E. coli*, indicador fehaciente de contaminación fecal, sin embargo el 67% presentó valores por debajo de 49 NMP/100mL estableciendo que los sistemas de distribución tienen un riesgo de bajo a intermedio. Entre las medidas propuestas se recomienda la protección de vertientes a cielo abierto, realizar saneamiento en la captación y reforzar tapa de acceso a la fuente. En particular, en el caso de la vertiente V7 que se destina para consumo animal, se detectaron valores en coliformes totales que pueden afectar la salud de terneros o algunas especies con baja tolerancia a estos microorganismos, provocando diarreas, úlceras y abscesos (Aureli & Cardozo Turraca, 2023). Ante esta situación se recomendó realizar una limpieza intensiva de la fuente en la naciente con posterior seguimiento y análisis.

Tabla 1- Análisis microbiológicos vertientes protegidas V2 y V11

Parámetro	V2	V11
Coliformes totales	23	23
Coliformes termotolerantes	23	<1,1
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
Bacterias aerobias mesófilas totales	420	64
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Presencia (15)	Presencia (6,8)

Conclusiones y recomendaciones

El monitoreo que se presenta se realiza en diferentes zonas de la provincia de Misiones en el marco de los proyectos de INTA "Monitoreo y accionar regenerativo por la gestión de los recursos naturales del NEA" y "Fortalecimiento de la producción, comercialización y valorización de la Agricultura familiar en el NEA". Como primera medida, se transfirió la información obtenida a los productores para realizar recomendaciones en cuanto al tratamiento y acompañar las decisiones en el manejo seguro del agua. Se observaron mejoras que pueden implementarse en la infraestructura de las VP.

Se prevé continuar con el monitoreo, para evaluar también la influencia estacional en la calidad de agua.

Bibliografía

Aureli, M., & Cardozo Turraca, F. (2023). Calidad del agua en los sistemas tamberos del distrito Totoras. Para mejorar la producción 62. INTA EEA Oliveros, 127-130.

Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). Tecnología en marcha. Vol. 30, N.º 4, Octubre-Diciembre., 15-27.

Iwasita, B. (2018). Calidad de agua de vertientes protegidas en la zona centro de la provincia de Misiones. Posadas. Misiones.: UNaM. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales.

OMS. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición que incorpora la primera adenda. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

PERSPECTIVAS FUTURAS DEL BALANCE HÍDRICO EN EL CULTIVO DEL COCO EN EL ESTADO DE PARÁ, REGIÓN AMAZÓNICA ORIENTAL

Fernandes Gabriel¹, Machado Maryelle¹, Rua Matheus, Santos Miguel Gabriel¹, Ortega-Farias Samuel², Souza Paulo Jorge¹;

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), ²CITRA – Universidad de Talca (UTalca).

agrogabrielt@gmail.com

Introducción

La producción de palma tropical en la Región Amazónica brasileña está en expansión contribuyendo significativamente a la producción agrícola nacional, especialmente a la producción de coco. Económicamente, Brasil es el 4º mayor productor mundial del fruto de esta especie, con una producción estimada de aproximadamente 2,5 millones de toneladas, ocupando un área de 187.000 hectáreas en 2020. El estado de Pará se viene destacando en el escenario nacional de producción de coco, siendo caracterizado como el 3º mayor productor nacional, con una producción para 2020 de cerca de 189,6 millones de frutos y un rendimiento medio de 9,9 mil frutos ha⁻¹ (IBGE, 2022).

Como palmera tropical, el cocotero requiere una gran cantidad de agua, por lo que la disponibilidad de agua es un factor crucial en la producción de coco. Así, considerando que la región amazónica es susceptible a los cambios climáticos, con escenarios que indican un aumento de la temperatura y una reducción de las precipitaciones (Anjos et al., 2021), la adaptabilidad y distribución de este cultivo podrían verse directamente afectadas.

El uso del balance hídrico es una herramienta que tiene un gran impacto en la planificación agrícola, ya que permite identificar, en función de las entradas y salidas de agua, los meses en los que el cultivo puede sufrir un déficit hídrico. En este contexto, es esencial desarrollar estrategias de adaptación y políticas eficaces para hacer frente a los retos que plantea la disponibilidad de agua, como la introducción de tecnologías para un riego eficiente y la gestión sostenible del agua.

Objetivo

Determinar y caracterizar la distribución espacial del balance hídrico considerando el escenario climático RCP 8.5 (2011-2040) para el cultivo de coco enano en las condiciones climáticas de la Región Amazónica oriental.

Material y métodos

El experimento se realizó en la localidad de Fazenda Reunidas Sococo (-01° 12' 36"S; -48° 04' 48"O), situada en el municipio de Santa Izabel do Pará, Pará, Brasil. La región presenta un clima tropical húmedo, con el subtipo climático "Am" según la clasificación climática de Köppen-Geiger, y medias anuales de temperatura de aproximadamente 26 °C, humedad relativa de alrededor del 80% y precipitaciones superiores a 2000 mm, distribuidas entre el período más lluvioso, entre enero y julio,

y el menos lluvioso, de agosto a noviembre. Los detalles experimentales pueden encontrarse en Fernandes et al. (2024).

A partir de los datos de resistencia aerodinámica y resistencia del cocotero, se parametrizó la ecuación de Penman-Monteith para estimar la evapotranspiración del cultivo (ETc), resultando la siguiente ecuación con los coeficientes ajustados:

$$ETc = 0,408 \Delta (Rn-G) + 4700T + 273 u VPD + (1 + r u) \quad (1)$$

Donde ETc= evapotranspiración máxima del cultivo de coco; r = factor de ajuste para la resistencia aerodinámica y superficial, donde r: 10,15 para el período lluvioso y, r: 34,62 en el período menos lluvioso.

Las proyecciones climáticas se obtuvieron del Portal Brasileiro de Projeções Climáticas (PCBR, 2021) del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), basadas en el modelo regional Eta, el modelo global MIROC5, con una resolución espacial de 20 km, en formato de datos matriciales. Utilizando el escenario RCP 8.5 para el futuro próximo (2011-2040). El balance hídrico climatológico se calculó en el software R, según la metodología de Thornthwaite & Mather (1955), teniendo en cuenta los datos de precipitación y ETc modelizados y la capacidad de agua disponible (CAD) de 100 mm.

Resultados

La configuración de las entradas y salidas de agua que caracterizan el escenario histórico da como resultado el BHC que se muestra en la Figura 1. Como se puede observar, todo el estado de Pará no presenta déficit hídrico de diciembre a mayo. Por otro lado, entre junio y noviembre, este estado hídrico se observa en algunas mesoregiones.

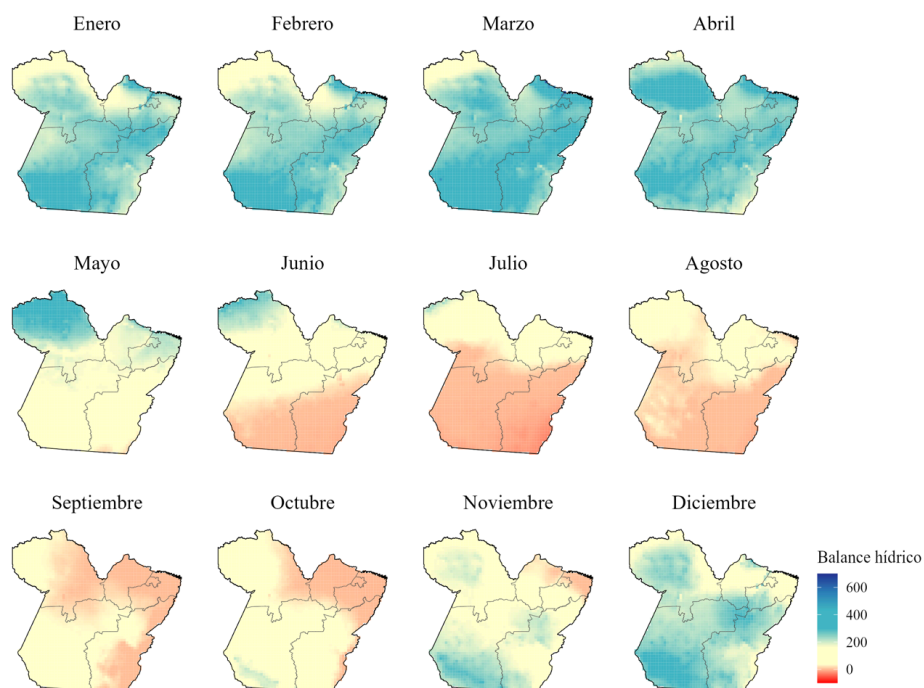


Figura 1- Balance hídrico climatológico para el cultivo de cocoteros enanos verdes en la región amazónica oriental en el escenario histórico (1961-1990).

La parte norte del estado presenta una menor ocurrencia de déficit hídrico, con una mayor incidencia especialmente en los meses de septiembre y octubre. La parte sur del estado, sin embargo, está más distribuida espacial y temporalmente, con una mayor fracción del área bajo deficiencia durante un período de tiempo más largo (tres meses).

Considerando el escenario futuro próximo (2010-2040) y el más pesimista (RCP 8.5), se observa que hay una intensificación de la ocurrencia de déficit hídrico (Figura 2), con la presencia de esta condición hídrica desde mayo, con mayor intensidad en julio. Además, se observa que predominan las condiciones neutras (próximas a 0 mm) en zonas donde antes había excedente hídrico.

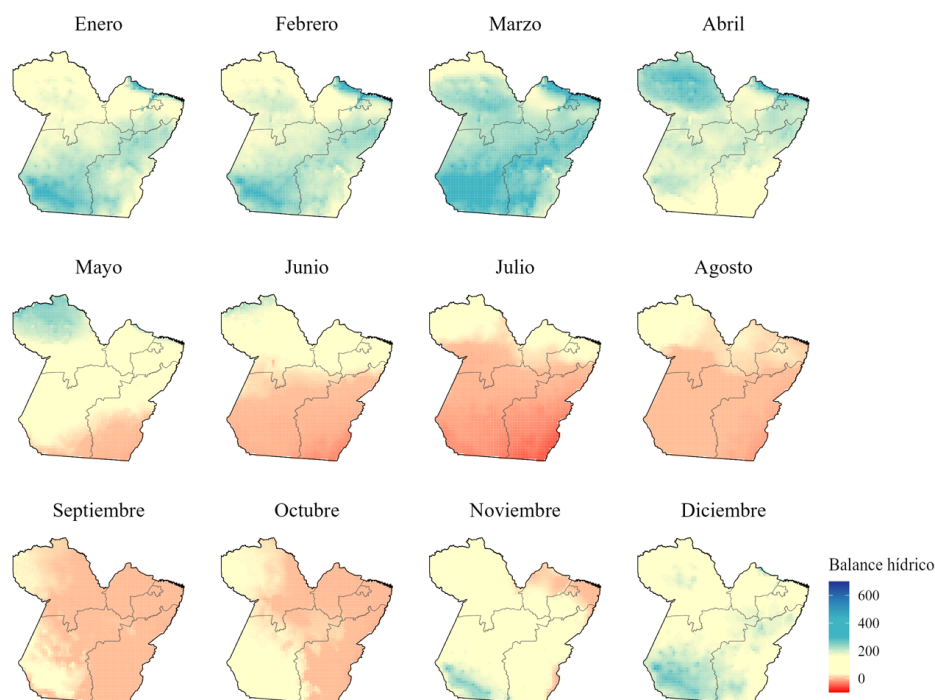


Figura 2- Balance hídrico climatológico para el cultivo de cocoteros enano-verdes en la región amazónica oriental en el escenario futuro próximo (2010-2040), RCP 8.5.

Conclusiones y recomendaciones

Teniendo en cuenta el contexto del cambio climático, en el que habrá un aumento de la temperatura y una reducción de las precipitaciones en la región amazónica brasileña, es probable que los cultivos de la región sufran déficits hídricos cuando la demanda de agua no se satisfaga mediante alguna técnica de sustitución. De acuerdo con los datos presentados, se deben emplear políticas de adaptación y el uso de técnicas que promuevan una mejor gestión de los recursos hídricos para mitigar los daños al cultivo de coco en la región.

Bibliografía

Anjos, L. J., de Souza, E. B., Amaral, C. T., Igawa, T. K., & de Toledo, P. M. (2021). Future projections for terrestrial biomes indicate widespread warming and moisture reduction in forests up to 2100 in South America. *Global Ecology and Conservation*, 25, e01441.

Fernandes, G. S. T., Ribeiro, L. R. T., Rua, M. L., Vieira, W. G. M., Pinto, J. V. N., & Souza, P. J. O. P. (2024). Meteorological conditions affect the seasonal development and yield of green dwarf coconut. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 54, e77037.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola - Lavoura Permanente*. 2020. Disponible en: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Consultado el 13 de agosto de 2023.

PCBR (2022) Portal Projeções Climáticas no Brasil. Disponible en: <http://pclima.inpe.br/analise/>. Consultado el 04 de abril de 2024.

HISTORIAS AMBIENTALES DEL AGUA EN EL OESTE ARGENTINO. ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS EN RELACIÓN A LAS AGENDAS PÚBLICAS.

Sironi, Osvaldo¹; Mamani, Carmen²; Ramírez Guirao, Julián¹; Figueredo, José Antonio¹; & Rojas, Facundo¹

¹Instituto Argentino Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas ²Facultad de Filosofía y Letras - Universidad Nacional de Cuyo

osironi@mendoza-conicet.gob.ar, mamanic96@gmail.com, jramirez@mendoza-conicet.gob.ar,
jafhmedioambiente@gmail.com, frojas@ffyl.uncu.edu.ar

Introducción

El trabajo presentado aquí se enmarca en los intersticios disciplinares establecidos entre la Historia ambiental y la Geografía histórica. Dichos campos de estudio son los encargados de comprender las dinámicas relacionales existentes entre los grupos sociales/culturales y la naturaleza, inclusive desde perspectivas que consideren la indivisibilidad de tales dimensiones, por entenderlas con diferentes grados de hibridajes, a partir de la interpretación de corpus de fuentes históricas y/o archivos. Este giro conceptual supera la dicotomía naturaleza/cultura, atendiendo a relaciones intrínsecas de distinta escala y agencia social.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es realizar una relectura de investigaciones sobre historia ambiental del agua en el Oeste argentino, con el objeto de realizar un estado de la cuestión para detectar cambios y continuidades en las temáticas estudiadas y en sus abordajes teóricos-metodológicos. Un objetivo subsidiario del primero es observar temas de vacancia, sistematizando territorios y abordajes menos estudiados. En ese último sentido, se realizó una comparación preliminar entre las investigaciones sobre historia ambiental, especialmente de Mendoza y San Juan, con las agendas ambientales presentadas por actores extraacadémicos.

Materiales y Métodos

El método elegido fue cuanti-cualitativo, mediante el cual se eligieron publicaciones: a) más citadas; b) más descargadas de los portales de publicaciones y, c) más recomendadas por especialistas (a partir de una encuesta). Las líneas temáticas elegidas fueron aquellas referidas a variaciones en los caudales de ríos, precipitaciones, escasez hídrica, acumulación nival y conflictos y problemáticas hidroterritoriales. Hay que destacar que la particularidad excluyente fue que se referían a investigaciones realizadas a partir de fuentes documentales y archivos históricos. Ello marca una diferencia con otros campos de estudios que se especializan en fuentes arqueológicas, etnográficas, palinológicas, dendrocronológicas o derivadas de estaciones o modelos hidrometeorológicos.

El resultado de la selección suele dirigirse a documentación administrativa de instituciones gubernamentales y/o eclesiásticas, memorias y/o crónicas de viajeros/naturalistas, ya que allí se registran hechos burocráticos cotidianos, como así también sucesos extraordinarios tanto de origen social (conflictos políticos/bélicos, siniestros, visitas de personalidades, etc.) como de origen

físico-natural (eventos meteorológicos extremos -inundaciones, sequías, olas de calor/frío-, epidemias, terremotos, hambrunas, enfermedades, etc.).

Resultados preliminares

Hemos detectado tres publicaciones que han sido más citadas, descargadas y recomendadas. Dichos estudios se refieren a: las sequías en Mendoza; el Inventario Nacional de Glaciares y la acumulación nival en el Paso entre Santiago de Chile y Mendoza, como indicador de oscilaciones climáticas. En un segundo nivel se han destacado publicaciones referidas al conflicto por el río Atuel, la reconstrucción hidrológica del río Mendoza y el glaciar El Plomo (Mendoza), como así la variabilidad hidroclimática en el río Bermejo (Formosa-Chaco) y en otros puntos del país y la región (Tabla 1).

Tabla 1- Publicaciones y temáticas destacadas para el análisis de estudios hídricos en clave histórica-socioambiental.

Investigación	Temáticas	Territorios	Abordajes	Métodos
Rojas et al. 2023	Variabilidad Hídrica	Cuenca del Río Mendoza	Escasez Hídrica y/o Sequías. Percepciones de los actores sociales afectados.	Utilización de fuentes periodísticas históricas. Procesamiento cualitativo/cuantitativo.
Prieto 2022	Climatología Histórica	Andes Centrales. Paso Cordillerano: Argentina y Chile	Construcción de series históricas de acumulación nival. Oscilaciones climáticas.	Utilización de documentos históricos y fuentes periodísticas. Procesamiento cualitativo.
Rojas y Wagner 2021	Conflicto Socioambiental	Mendoza-La Pampa (Río Atuel)	Inventario de glaciares. Polémicas públicas. Disputas de sentido.	Empleo de documentos y cartografía histórica. Observación participante. Entrevistas semi-estructuradas.
Rojas y Prieto 2020	Variabilidad Hídrica	Cuenca del Río Atuel (Mendoza)	Sequías. Crecidas y Caudales. Reconstrucción histórica de Series.	Procesamiento cualitativo/cuantitativo. Utilización de documentos y cartografía histórica.
Prieto et al. 2018	Climatología Histórica	Latinoamérica (Argentina, México, Brasil, Colombia, Chile, Perú, Bolivia)	Reconstrucción climática. Impacto social, económico y político. Agencia Social indígena.	Relevamiento y Sistematización de Antecedentes Bibliográficos temáticos. Análisis de documentación histórica.
Prieto y Rojas 2015	Variabilidad Hídrica	Río Bermejo (Chaco y Formosa)	Sequías y Crecidas. Reconstrucción histórica de Series.	Análisis de documentación y cartografía histórica. Procesamiento cualitativo/cuantitativo.

Otras publicaciones que se destacan -indirectamente vinculadas a estudios del agua- se enfocan en tópicos referentes a explotaciones mineras y contaminación/afectación de cursos hídricos en contextos coloniales y/o republicanos, como así también en la conflictividad minera y la defensa social de los recursos hídricos en los últimos 30 años.

Conclusiones y recomendaciones

Como hemos presentado sintéticamente, los resultados en los párrafos anteriores demuestran el importante desarrollo de la historia ambiental y la climatología histórica en la región en los últimos tiempos. En ese contexto, se identificaron diferentes ejes temáticos predominantes, como son, por una parte, los estudios de series climáticas (casi exclusivamente de precipitaciones y caudales), las extensas series de eventos ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) recopilados y calibrados por diversos/as autores/as (desde perspectivas más cuantitativas). Estos estudios incorporan metodologías que tienden a asegurar la confiabilidad de los datos extraídos de archivos, incluyendo la calibración de las series construidas en función de la información instrumental. A su vez, permiten la contrastación de otras series climáticas provenientes de huellas que han dejado las variaciones climáticas en otras fuentes, como los sedimentos lacustres, los anillos de árboles o los bloques de hielos/glaciares.

Los estudios de sequías o, mejor dicho, de escasez hídrica, han permitido comprender la fuerte vinculación entre la dispar apropiación de los recursos naturales, los problemas ambientales y las tensiones sociopolíticas en torno a la gestión y manejo de los recursos hídricos.

Asimismo, la labor desarrollada para interpretar las relaciones entre diferentes procesos de variabilidad climática y la adaptación y/o vulnerabilidad social ha permitido destacar los estudios que rescatan las agencias socio-étnicas y muestran las diversas concepciones sobre «lo natural», con fuertes implicancias en las prácticas «ambientales» y, por ende, en los abordajes académicos que buscan captar dichas complejidades.

Por último, quisiéramos destacar que existe mucho trabajo por delante, ya que el desafío es consolidar los marcos de discusión conceptual teórica/metodológica a los fines de ordenar las metodologías que nos permitan la comparación con otras series y/o estudios de otras regiones y/o temporalidades. En esa dirección también es necesaria una mayor integración y un mayor debate (teórico y metodológico) entre las diferentes vertientes de estudio propias de la Climatología Histórica y otras disciplinas académicas como la Historia Ambiental, la Ecología Política, la Sociología Ambiental, la Antropología y Geografía Histórica.

Bibliografía

- Prieto, M. R.** (2022). La acumulación nival en el Paso de la Cumbre (Andes Centrales argentino-chilenos y valles intermontanos), como indicador de oscilaciones climáticas. Una mirada desde la historia del clima, siglos XVI al XIX. En L. A. Arrioja Díaz Viruell y A. Alberola Romá (eds.) Estudios sobre Historia y Clima. Argentina, Colombia, Chile, España, Guatemala, México y Venezuela. (1): 73-90. Zamora: El Colegio de Michoacán.
- Prieto, M. R; Rojas, F. y Castillo, L.** (2018). La climatología histórica en Latinoamérica. Desafíos y perspectivas. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 47(2): 141-167.
- Rojas, F; Sironi, O. y Martín, F.** (2023). Sequías en Mendoza (Argentina): una mirada sociohistórica desde la segunda mitad del siglo XIX. Agua y Territorio 22: 147-166.
- Rojas, F. y Wagner, L.** (2021). Inventario de glaciares en Argentina: polémicas públicas y disputas de sentido". En A. Franca y M. Miraglia (comps.) Paisaje y patrimonio: impresiones de la historia en el ambiente natural. 185-232. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Teseopress.
- Prieto, M. R. y Rojas, F.** (2015). Determination of droughts and high floods of the Bermejo River (Argentina) based on documentary evidence (17th to 20th century). Journal of Hydrology 529 (2): 676-683.
- Rojas, F. y Prieto, M. R.** (2020). La variabilidad hídrica en la cuenca del río Atuel, desde la climatología histórica: siglo XVIII a mediados del XX. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 29 (2): 326-353.

LA HUELLA HÍDRICA CON ENFOQUE INTEGRADO: EL CASO DEL AJO EN LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA

Cavagnaro Martín, Salcedo Ana Paula, Ramírez Carolina, Buccheri Mauricio, Burgos Víctor, Mariani Adriana, Ruiz Freites Santiago, Civit Barbara

Subgerencia Centro Regional Andino– Instituto Nacional del Agua (INA).

mcavagnaro@ina.gob.ar

Introducción

Desde el enfoque de la Water Footprint Network, La Huella Hídrica (Hoekstra, et al., 2011, Orr y Liu, 2010) resulta ser una herramienta de apoyo a la planificación estratégica de asignación y ordenación de recursos hídricos y su impacto en diferentes procesos y productos. Sin embargo, como cualquier herramienta de gestión ambiental, tiene sus limitaciones cuando se utiliza de manera aislada, en particular para la elaboración de políticas públicas con perspectivas de sostenibilidad ampliada.

Cuando se trata de políticas públicas hídricas, es crucial adoptar una visión global e integradora. El agua disponible se convierte en un recurso fundamental para las zonas áridas, como el oeste argentino, en la cual, influye en numerosos aspectos de la sociedad y el ambiente. Por lo tanto, una política hídrica efectiva debe considerar diversas perspectivas más allá de las clásicas.

Para esto, el enfoque de sostenibilidad es esencial para analizar las transformaciones territoriales, ya que permite evaluar de forma integral el proceso productivo del cultivo del ajo, considerando un conjunto de dimensiones –criterios socioeconómicos, político-institucionales y otros–, más allá del consumo del agua. Este enfoque interdisciplinario permite una evaluación exhaustiva del uso del suelo y la identificación de zonas aptas para usos específicos, integrando múltiples dimensiones y actores en el proceso de planificación proporcionando una visión amplia para la toma de decisiones en la gestión de recursos.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es identificar variables y/o indicadores que permitan junto con la Huella Hídrica (HH), identificar regiones productivas para el cultivo del ajo. Los indicadores abarcan dimensiones socio-económicas, de infraestructura y de gobernabilidad del agua de forma tal que sirvan de apoyo para la toma de decisiones en las políticas públicas hídricas.

Materiales y métodos

El diseño metodológico es de tipo observacional no experimental, basado en la combinación de estrategias cualitativas y cuantitativas. A través de un análisis deductivo, se procurará identificar los criterios y subcriterios relevantes para una gestión integral y sostenible.

El trabajo se basa en la aplicación de la Evaluación Multicriterio como herramienta metodológica. Además, se realiza un análisis multidisciplinar mediante la selección de variables explicativas y la ponderación de las mismas mediante el Análisis de Proceso Jerárquico (APJ) desarrollado por Thomas Saaty (1980), una técnica para la toma de decisiones multicriterio.

Una vez definidos los indicadores y determinados sus pesos, todo el proceso se sistematizará en un Sistema de Información Geográfica (SIG) a fin de obtener el mapa final de regiones.

Resultados

Los cálculos de HH muestran que el mayor valor total promedio en Mendoza corresponde al ajo colorado ($973 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$), seguido por el ajo blanco ($794 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$) y el ajo morado ($550 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$). En cuanto a las zonas de cultivo, se observa que los mayores valores de HH total se presentan en el sur, seguido por el norte, centro y Valle de Uco.

Se desarrollaron talleres interdisciplinarios en el que participaron especialistas de distintas áreas para aplicar la técnica de APJ y, así jerarquizar, ponderar y seleccionar las variables explicativas a través de considerar múltiples criterios o dimensiones para evaluar alternativas. Se identificaron cuatro dimensiones de análisis con sus respectivas variables explicativas, las cuales posibilitaron comprender las mejores condiciones para potenciar o impulsar la actividad ajera desde el punto de vista de un menor consumo de agua por unidad de producto, con buena accesibilidad logística, disponibilidad de mano de obra, cercanía a los distribuidores de ajo, eficiencia económica y acceso al agua. Las variables identificadas para cada una de las cuatro dimensiones fueron:

- Ambiental (huella hídrica azul, verde y gris).
- Socio-económica (acceso a derechos sociales y conectividad, mano de obra en el sector primario, rendimiento económico, tamaño de la explotación).
- Gobernabilidad del agua (acceso al agua subterránea, zona de restricción de acuíferos, existencia de comunidad de regantes, gestión estatal del reuso del agua).
- Infraestructura (cercanía a rutas, cercanía a centros de acopio, cercanía a red de riego).

Las ponderaciones obtenidas mediante el método APJ indican que el 30% de los pesos o valoraciones está dado por la huella hídrica, seguidamente la variable de reuso del agua y la cercanía a sitios con disponibilidad de pozos de agua con un 22% del peso. Las variables que vienen en tercer orden de valoración corresponden a las de infraestructura.

Conclusiones y recomendaciones

A partir de los resultados parciales obtenidos se pone en evidencia que las variables HH, de infraestructura y de gobernabilidad son las más críticas cuando se requiere establecer políticas hídricas en regiones caracterizadas por la escasez de agua, demostrando los supuestos iniciales del estudio.

Se puede concluir en forma no definitiva que, en primer lugar, la técnica APJ tiene las ventajas de que el problema a resolver se estructura en forma clara, permite la participación de múltiples disciplinas y la jerarquización de las variables se pueden verificar coherentemente. Sin embargo, esta técnica tiene la característica de ser compleja por la cantidad de criterios a analizar y por la subjetividad y sesgos que pueden aparecer en las comparaciones. Además, consolidar lo actuado en un SIG será una potente herramienta para obtener una síntesis territorial del proyecto al integrar diversas variables o capas de información.

En segundo lugar, la huella hídrica es una herramienta valiosa, pero su eficacia como herramienta de gestión es limitada por su enfoque unidimensional –consumo de agua– y su descontextualización. Complementar el análisis con la integración de otros criterios –ambientales, hidrológicos,

infraestructuras, institucionales y económicos– mejoraría significativamente la potencialidad de la huella hídrica. Esta integración permite una evaluación más completa del impacto de los productos y procesos y, a su vez, complementar el desarrollo de políticas y acciones positivas en las cuencas, facilitando decisiones más sostenibles y equilibradas.

A partir de la culminación de esta experiencia en el ajo las recomendaciones apuntarán a optimizar el uso del agua, mejorar las infraestructuras y fortalecer la gobernabilidad. Este enfoque holístico promueve una producción agrícola más sostenible y, también, contribuye a la resiliencia y competitividad de los productores de esta provincia insertos en un mercado liderado por China y Brasil.

Bibliografías

Hoekstra, A.; Chapagain, A.; Aldaya, M. y Mekonnen, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard.

Mariani, A.; Martin, L.; Hernández, R.; Almeida, G.; Lipinski, V. y Civit, B. (2022). Evaluación de la huella hídrica del ajo en Mendoza, Argentina. En Revista IDESIA de la Universidad de Tarapacá (Arica-Chile), 40 (4), 73-79 pp.

Orr, M. S. y Liu, J. (2010). Water footprint overview in the governmental, public policy, and corporate contexts. On the Water Front, 73.

Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill.

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN EL RÍO MENDOZA, COMO HERRAMIENTA DE MANEJO Y GESTIÓN

Mariani Adriana¹, Hernández Rocío², Martín Leandro², Cónsoli Daniela²

¹Instituto Nacional del Agua (INA-SCRA) - ²Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo).

amariani@ina.gob.ar

Introducción

Desde el año 2003 a la fecha, el Instituto Nacional del Agua (INA) y la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA-UNCuyo) están realizando mediciones de distintos parámetros fisicoquímicos y biológicos en el río Mendoza y su red de canales, que abastecen de agua al sector agrícola, industrial y poblacional. Numerosos estudios confirman la existencia de un grado diferencial de contaminación en el río y en los distintos canales de la red de riego, generalmente asociada a las características de la zona que atraviesan (densidad de población, topografía, asentamientos industriales, agricultura intensiva, etc.) y a vuelcos ocasionales domésticos-cloacales a lo largo de su recorrido (Morábito *et al.*, 2005)

Numerosos estudios que evalúan la calidad de agua con fines de riego han utilizado los índices de calidad de agua (ICA) propuestos por el Canadian Council of Ministers of Environment (CCME), considerando parámetros como relación de adsorción de sodio (RAS), carbonato de sodio residual (RSC), conductividad eléctrica, pH, iones bicarbonatos, cloruros, y metales como boro, plomo, hierro, cadmio y cobre en períodos de un año. Lavie *et al.* (2014) aplicaron el Water Quality Index (WQI, ICA en español) del CCME, para caracterizar la calidad del agua del río Mendoza, de manera sintética y gráfica, a partir de un conjunto de parámetros biológicos, físicos y químicos. Este análisis (período 2007-2011) permitió valorar el agua en la cabecera del río como “buena”, y en el tramo final como “marginal”.

La utilización de índices de calidad de agua, resulta una herramienta muy útil ya que permite resumir en un único valor, la información de una serie de parámetros fisicoquímicos y biológicos de un cuerpo de agua destinado a suministrar agua a la población, la industria o agricultura.

Objetivos

El objetivo del presente estudio es analizar la calidad del agua para fines de riego, en distintos sitios de muestreo sobre el río Mendoza y su red de canales, a partir de la utilización de los índices de calidad propuesto por el CCME (ICA) durante tres periodos de tiempo.

Materiales y métodos

Se seleccionaron 7 sitios representativos de la cuenca del río Mendoza, sobre el río propiamente dicho (RI, RII y RIII) y en la red de canales de riego (CI, CII, CIV y CV). Los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados, se centraron en 11 parámetros: temperatura T (°C), pH, conductividad eléctrica CE ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), relación de adsorción de sodio (RAS), iones (en mg/L) como cloruros (Cl^-), fosfatos (PO_4^{3-}), Sodio (Na^+), Nitratos (NO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}), demanda química de oxígeno (DQO en mgO_2/L) y coliformes fecales (NMP células/mL). Todos los análisis se realizaron por medio de

técnicas oficiales y por el Standard Methods (APHA, AWWA, WPCF, 1992) en los laboratorios de la FCA.

De la base de datos, se seleccionaron en cada sitio 3 períodos de tiempo: 2005/2007, 2008/2010 y 2016/2018, excepto en el sitio RII donde se evaluaron solamente 2 períodos. La finalidad de adoptar períodos de medición de 2 años fue visualizar la variabilidad espacial y temporal de los indicadores.

Para la determinación de los ICA, se aplicó la metodología utilizada por el CCME (CCME, 2001), cuya fórmula comprende tres factores: alcance (F1), frecuencia (F2) y amplitud (F3), dando como resultado un valor numérico comprendido entre 0 y 100. De esta forma los ICA comprendidos entre 95-100 corresponden a una calificación "Excelente (azul)", 80-95 "Bueno (verde)", 65-79 "Aceptable (amarillo)", 45-64 "Marginal (naranja)" y 0-44 "Pobre (rojo)".

Como niveles "deseables" de cada parámetro se adoptaron los valores máximos permitidos para reúso de efluentes o vuelco de líquidos a cuerpos receptores, publicados por el Departamento General de Irrigación, organismo encargado de la administración del agua en la provincia de Mendoza, (DGI, 2000).

Resultados

Del análisis de los 11 parámetros seleccionados, en relación a los niveles máximos permitidos adoptados se observó: a) la temperatura, en ningún caso supero el máximo permitido ($T^{\circ}=30^{\circ}\text{C}$), b) el pH solo registró un valor de 8.6 en el sitio RIII, destacando que el sitio corresponde al último tramo del río Mendoza, actuando además como drenaje ya que recibe los aportes de fincas cercanas; c) la CE registró valores superiores a $1400\ \mu\text{S}/\text{cm}^2$ en los sitios RII, RIII, CII y VV; d) los fosfatos y sulfatos, en todos los sitios han superado los límites permitidos en algún momento de los períodos analizando, lo cual podría deberse a aportes naturales de sulfatos por la presencia de yeso en la cuenca, según lo manifiesta Lavie et al. (2010), e) la presencia de coliformes fecales superiores al límite (200 NMP células/ml) se registró en todos los sitios a excepción del sitio RI, f) nitratos: se observaron elevados valores solo en CI (15.95 mg/l) y RIII (13.29 mg/l; y g) DQO: se encontraron valores superiores al máximo permitido (75 mgO_2/l) en los sitios CV y RIII en todos los períodos y en menor medida el sitio RII en el período 2005/2009.

Los valores promedios de ICA obtenidos fueron: RI (86%), RII (57%), RIII (47%), CI (54%), CII (43%), CIV (78%) y CV (34%).

En la figura 1, se observa a primera vista, que la calidad del agua disminuye desde aguas arriba (RI) hacia aguas abajo, es decir, a medida que los canales van atravesando la ciudad y recibiendo aportes generados principalmente por contaminación antrópica. Sin embargo el sitio CIV, cercano al sitio RI también disminuye su calidad, aunque en menor medida, pudiendo atribuirlo a la actividad agrícola. En la variación de los ICA en cada sitio y según los períodos de tiempo analizados, no se observa una tendencia ya que estaría influenciado por vuelcos ocasionales de las actividades circundantes.

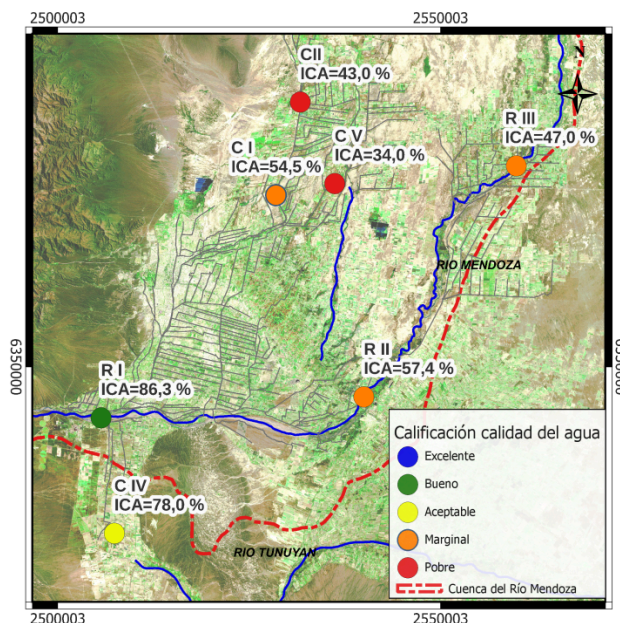


Figura 1-Indicadores de calidad del agua (ICA) en los sitios de muestreo del área regadía del río Mendoza,

Conclusiones y Recomendaciones

Se determinaron los índices de calidad de agua destinadas para el riego en la cuenca del río Mendoza, encontrando que, de los 7 sitios monitoreados el sitio Cabecera de derivación del agua para riego RI presenta calidad “buena”, seguida por el sitio CIV con calidad “Buena a aceptable”, CI, RII y RIII con calidad “marginal” y “calidad pobre” los sitios CII y CV. La calidad del agua disminuye desde aguas arriba hacia aguas abajo, encontrando la menor calidad en los cauces donde convergen los flujos superficiales. Las principales fuentes de contaminación son la antrópica (aguas residuales domésticas, municipales y puntos críticos de residuos sólidos), seguida de la actividad agrícola.

La utilización de índices de calidad ICA, resulta una herramienta poderosa de fácil determinación y gran utilidad en la caracterización de la calidad de las aguas de forma rápida, permitiendo seleccionar los parámetros más relevantes según la finalidad perseguida.

Bibliografía

Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCMEWater Quality Index 1.0, User's Manual. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

Departamento General de Irrigación (D.G.I.) (2000). Resolución N° 627/00. Modificación al Reglamento general para el control de contaminación hídrica”. Mendoza.

Lavie E.; J. Morábito; S. Salatino; A. Bermejillo y M. Filippini. 2010. “Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza”. Rev. FCA UNCuyo. Tomo 42, n° 1, Pág. 169-184. Mendoza – Argentina.

Lavie, E.; J. Morábito y S. Salatino 2014. “Application of an Integrated Water Quality Index in the Argentine Andean Piedmont”. Water Technology and Sciences. Vol.V, No. 4, pp. 23-37.

EFFECTOS HIDROLÓGICOS EN PIEDEMONTE TRAS LOS INCENDIOS DE OCTUBRE DE 2023. CASO DE ESTUDIO: LAS COMPUERTAS, LUJÁN DE CUYO, MENDOZA

Burgos, Victor Hugo ^{1,2}; Salcedo, Ana Paula ¹

¹Instituto Nacional del Agua, Subgerencia Centro Regional Andino (INA SCRA) ²Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRM).

vburgos@ina.gob.ar ; asalcedo@ina.gob.ar

Introducción

Entre los días 28 y 29 de octubre del año 2023 en Mendoza se declaró la emergencia ambiental y habitacional, a raíz de los efectos provocados por un viento Zonda de elevada intensidad, con graves consecuencias como caída de forestales e incendios, tanto en viviendas como en el piedemonte, afectando una superficie cercana a las 4.000 ha.

Diversos autores sugieren que el deterioro de la cubierta vegetal y la consecuente exposición de suelo desnudo al impacto de la gota de lluvia juegan el papel principal en el aumento del flujo superficial y en la aceleración de la erosión del suelo (Cerdà, 1998; Marcos et al., 2000).

Este trabajo resume la estimación de superficies quemadas y severidad de aquel incendio, así como los impactos hidrológicos ante un evento de precipitación determinado. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat-9 y Sentinel-2 con geoprocursos en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y algoritmos en Google Earth Engine (GEE), así como simulación hidrológica.

Objetivo

Caracterizar los impactos hidrológicos producidos por el incendio del 28 y 29 de octubre de 2023 en la cuenca del Colector Blanco Encalada.

Área de estudio

El área de estudio se ubica en el oeste de Luján de Cuyo, distritos Vertientes de Pedemonte y Las Compuertas, provincia de Mendoza.

El sistema hidrográfico presente, es típico de montaña y piedemonte, con quebradas abruptas y abanicos aluviales en la zona de descarga; presentando múltiples cauces anastomosados o entrelazados (divergentes y convergentes) que se activan solo con precipitaciones intensas. Las pendientes (del 5 al 35 %) propician elevadas velocidades de flujo con alto potencial erosivo. Los suelos son de tipo entisoles torriortentes típicos y están formados por gravas y arenas fluviales que presentan un horizonte de carbonato de calcio más o menos cementado a 30 – 60 cm de profundidad. Este horizonte en general no afecta a las plantas leñosas que lo penetran con sus raíces. La vegetación corresponde a una formación de estepa semiárida arbustiva, una asociación de especies dominadas por el género *Larrea* (jarillal). Posee una cobertura alta y es hábitat de diversos animales, por lo que su conservación es de extrema importancia.

Materiales y Métodos

Se utilizaron imágenes satelitales Landsat-9 de fechas 26/10/23 y 03/11/23 y Sentinel-2 del 27/10/23

y 06/11/23, un modelo digital de elevaciones TANDEM X de 10 m/celda para la delimitación de subcuencas y tormentas de diseño (Instituto Nacional del Agua [INA], 2019).

Para la estimación de superficie incendiada y severidad de incendio, se utilizó el método del índice NBR (Normalized Burn Ratio) y dNBR (Difference Normalized Burn Ratio), que relacionan bandas del infrarrojo cercano (NIR) y de onda corta (SWIR) procesando las escenas con QGIS y algoritmos en Google Earth Engine (GEE). La severidad del incendio describe el daño o perturbación causada por el fuego en el conjunto del ecosistema o en alguna de sus características (Key y Benson, 2006).

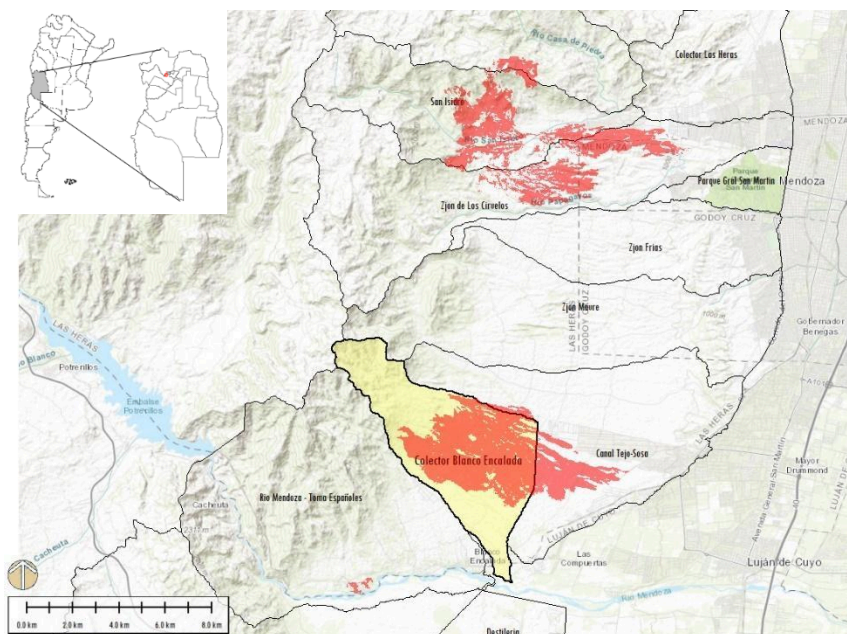
Por medio de simulación hidrológica con modelo matemático de transformación lluvia-caudal se estimaron caudales máximos e hidrogramas de respuestas de las subcuencas intervinientes y para precipitaciones con recurrencias de 5, 25 y 50 años.

Para estimar las pérdidas de precipitación por infiltración y retención foliar, se utilizó el mapa de CN (INA, 2019), considerando una abstracción inicial (I_a) en situación pre incendio con $I_a = S^{0,55}$; y después de incendios con $I_a = 0,05S$, donde S es el almacenamiento de humedad en suelo en función del número de curva (CN). Se adopta en zona quemada un $CN = 90$, por lo tanto: $I_a = 1,4$ mm. El CN medio y la I_a post incendio resultan de ponderar en función de la afectación areal por subcuenca.

Resultados

La superficie quemada abarcó un total de 3.923 hectáreas, distribuidas en tres zonas: 1) Zona Challao y Divisadero Largo: 1.700 ha, 2) Zona Vertientes de Pedemonte, Las Compuertas: 2.200 ha y 3) Zona Colonia Suiza, Blanco Encalada: 23 ha. La afectación del incendio dentro de la cuenca del Colector Blanco Encalada llega a 1.609 ha, representando el 43% de la misma.

a)



b)

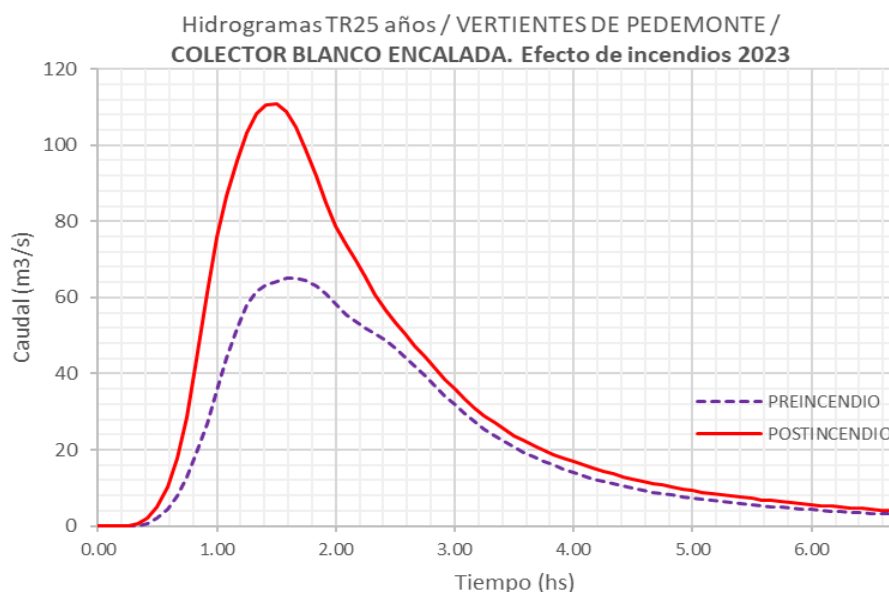


Figura 1- a) Área de estudio y cuencas aluvionales del Gran Mendoza. Cuenca Colector Blanco Encalada resaltada y coberturas de los incendios de octubre de 2023 (áreas rojas). b) Hidrogramas pre y post incendio simulados (TR25).

En la Figura 1 se aprecia el área de interés (Cuenca CBE), las áreas incendiadas en todo el piedemonte, así como los hidrogramas simulados de crecidas en situación pre y post incendio. En Tabla 1 se indican los parámetros morfométricos y resultados de impactos hidrológicos.

Se pueden mencionar incrementos de caudales entre 16 y 105% con una media del 56%. Para recurrencia de 50 años, los valores disminuyen a aumentos de entre un 14 y 90% (datos no mostrados).

Tabla 1- Parámetros morfométricos de subcuencas Colector Blanco Encalada y resultados hidrológicos (TR=25 años). CN: Número de Curva, Ia: Abstracción inicial, Q: Caudal máximo, V: Volumen de crecida.

ID	Área [km²]	Pend. Cauce [%]	Pre Incendio				Post Incendio				Impacto (incremento %)	
			CN	Ia [mm]	Q [m³/s]	V [Hm³]	CN	Ia [mm]	Q [m³/s]	V [Hm³]	Q [%]	V [%]
CBE1	2,53	4,9%	76,0	11,2	7,9	0,035	76,0	11,2	7,9	0,035	0,0%	0,0%
CBE2	6,08	10,5%	76,3	11,1	17,2	0,085	78,6	9,4	19,9	0,099	15,6%	16,5%
CBE3	4,22	12,1%	77,5	10,7	13,7	0,063	86,7	3,9	23,9	0,112	74,5%	77,8%
CBE4	7,00	10,2%	77,6	10,6	20,0	0,105	83,9	6,0	29,6	0,156	47,7%	48,6%
CBE5	11,64	11,4%	81,0	9,5	34,6	0,206	83,8	7,0	41,8	0,25	20,9%	21,4%
CBE6	5,88	5,8%	75,6	11,3	15,3	0,079	87,6	3,0	31,3	0,166	104,5%	110,1%
CBE	37,34				65,0	0,572			110,9	0,818	70,5%	43,0%

Conclusiones

Asignando a la zona afectada valores altos del CN (número de curva que caracteriza el potencial de escorrentía de un suelo) los cambios en el valor medio areal por subcuenca no superan el 16 %. Sin embargo, la otra parte de las pérdidas de precipitación dada por la retención de la vegetación en su follaje sí ha disminuido considerablemente, estimando una reducción de abstracciones iniciales del orden del 44%. Ambos efectos producen en los hidrogramas simulados incrementos de caudal máximo de entre un 14% (para CBE2 y TR=50 años) hasta un 176% (para CBE6 y TR=5 años) para las recurrencias indicadas (datos no mostrados). Los incrementos relativos disminuyen al aumentar el tiempo de recurrencia (TR), siendo las lluvias más frecuentes las que incrementan en mayor proporción. Para la salida de la cuenca (CBE) el incremento pasa del 98% a un 60% si se utiliza una lluvia con 5 años o 50 años. Para TR=25 años, el incremento es del 70,5%.

Para mitigar estos riesgos, se recomienda la implementación de medidas de restauración ecológica (pasiva) en las áreas afectadas, así como la reforestación y estabilización de laderas en cauces secos. Las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) como trampas de agua o bioretenciones, favorecerán la retención temporal de crecidas y permitirán la saturación de suelos, produciendo una mayor tasa de recuperación de la vegetación herbácea y riparia.

Bibliografía

- Cerdà, A.** (1998). Changes in overland flow and infiltration after a rangeland fire in Mediterranean scrubland, *Hydrological Processes*, 12 pp. 1031-1042
- INA** (2019) Evaluación de amenazas aluvionales al O. del Área Metropolitana de Mendoza. IT191. Proyecto de Cooperación Técnica GRT/MC 14 303-AR, Adaptación Cambio Climático
- Key, C., & Benson, N.** (2006). Landscape Assessment (LA). FIREMON: Fire Effects monitoring and inventory system. General technical report RMRS-GTR-164-CD
- Marcos, E., Tarrega, R, Calabuig L.** (2000). Comparative analysis of runoff and sediment yield with a rainfall simulator after experimental fire, *Arid Soil Res.& Rehab.*, 14, 2000, pp. 293-307

VARIACIÓN DE LA INFILTRACIÓN BÁSICA EN SUELOS CON MANEJO DE BASE AGROECOLÓGICO EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES

Grancic Carla E.¹, Rey Montoya, Tania S.^{1,2}, Flores Joaquín², Antonio Mc Cargo², Talabera, Marcos², Langé, Patricia P.³, Paredes Federico A.^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE - Juan Bautista Cabral 2131, (3402) Corrientes. ²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Corrientes. Ruta Nacional N°12 – El Sombrero - Prov. de Corrientes.

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) AER Corrientes. Ruta Provincial N°5 – Corrientes.

carlagrancic@gmail.com

Introducción

La provincia de Corrientes en Argentina presenta condiciones ambientales favorables para diversos cultivos. Los inviernos cortos y leves permiten el desarrollo de numerosos cultivos estivales. Sin embargo, las altas temperaturas y evapotranspiración del verano limitan las especies aptas para las producciones intensivas familiares. La mayoría de las variedades criollas, como el maíz amarillo, la mandioca y el caupí, son de ciclo primavera-verano y están adaptadas a las condiciones locales, siendo fuente de nutrientes para las familias y los animales domésticos. No obstante, su producción ha disminuido debido a la falta de material de propagación, eventos climáticos extremos y la degradación de los suelos. La labranza intensiva y la falta de rotación de cultivos aceleran la degradación física de los suelos (Paredes y Bogado, 2015).

La infiltración básica del suelo es un proceso fundamental que afecta la capacidad del suelo para retener y distribuir el agua. Esta propiedad tiene efectos significativos en la productividad de los cultivos y en la gestión del agua en la agricultura, y para planteos productivos de secano en ambientes subtropicales, es una propiedad frecuentemente empleada como indicadora de la calidad física del suelo.

En los últimos años, se ha enfatizado en la aplicación de principios agroecológicos, como la rotación de cultivos, el uso de abonos verdes y compost, y la integración de cultivos con ganado, para mejorar la salud del suelo y la biodiversidad, aumentando así la resiliencia de los sistemas agrícolas.

Objetivo

Determinar la infiltración básica del suelo en cultivos de maíz (*Zea mays* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) y caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) manejado con prácticas de base agroecológica en comparación a la situación no cultivada.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en un ensayo bajo condiciones controladas en la Estación Experimental Corrientes del INTA (latitud 27° 39' S; longitud 58° 46' W), en El Sombrero, Provincia de Corrientes. El clima es cálido templado, sin estación seca. La temperatura media anual se encuentra entre 20,5 y 21,5 °C; la temperatura mínima absoluta entre -4 y -3°C; y máxima absoluta entre 42 y 44 °C. La precipitación media anual es de 1300 a 1500 mm y la evapotranspiración potencial media anual de

1050 a 1100 mm. Los suelos bajo estudio pertenecen a la Serie Treviño, clasificado por el Soil Taxonomy, 2014 como Argiudol ácuico, descrito por Ligier et al. (2015). Estos suelos presentan un horizonte superficial mólico de 40 cm de espesor, que incluye un BAt; franco arenoso, color pardo grisáceo muy oscuro y reacción débilmente ácida. El horizonte argílico (Bt), franco arcillo arenoso, fuertemente estructurado. Son suelos moderadamente fértiles, con valores intermedios en bases de cambio y de materia orgánica en el epipedón, con bajos contenidos en fósforo.

Se trabajó sobre un lote proveniente de un manejo durante diez años como pastizal para pastoreo, y posteriormente se convirtió en un sistema agrícola similar a los realizados por la agricultura familiar de la región. En éste se instaló un experimento factorial empleando un diseño en parcelas divididas con estructura en bloques completamente aleatorizados (DBCA) para evaluar el desempeño de los cultivos y su efecto en el suelo. Sobre el factor principal, cultivo, se asignaron de manera aleatoria los niveles del otro factor (cultivo de cobertura incorporado antes del cultivo principal) según se detalla en la Tabla 1. En cada uno de los tratamientos se realizó la medición de infiltración con el método de doble anillo utilizando la Ecuación de Kostiaikov (Pla, 1996), esto se realizó al inicio del ensayo (año 2021) y al año siguiente (año 2022) y los datos obtenidos se procesaron con software Infostat (Di Rienzo et al., 2018).

Tabla 1- Tratamientos empleados: factores, niveles y sus combinaciones.

	Parcela principal	Subparcela	Combinación
Niveles	Mandioca (MA)	Sin Cultivo de cobertura	Ma-SCC
		Caupí	Ma-Ca
		Avena	Ma-Av
		Caupí + Avena	Ma-Ca+Av
	Maíz (MZ)	Sin Cultivo de cobertura	Mz-SCC
		Caupí	Mz-Ca
		Avena	Mz-Av
		Caupí + Avena	Mz-Ca+Av
	Caupí (CA)	Sin Cultivo de cobertura	Ca-SCC
		Caupí	Ca-Ca
		Avena	Ca-Av
		Caupí + Avena	Ca-Ca+Av
	Testigo (TE)		Te

Resultados

Se mencionó anteriormente se analizaron dos momentos: al inicio de la siembra del lote que provenía de cultivo de avena negra, donde no se encontraron diferencias estadísticas entre parcelas ($p=0,3161$) y al año de la siembra de los cultivos, donde no se halló diferencia entre las subparcelas ($p=0,1093$) pero sí se hallaron diferencias entre las parcelas ($p=0,0135$). Mediante la prueba de comparaciones múltiples se halló que $TE > CA > MZ > MA$ con valores de $3,30 \pm 0,60$ - $3,09 \pm 0,98$ - $2,54 \pm 1,67$ y $1,64 \pm 1,43$ cm h⁻¹ respectivamente. La infiltración básica fue mayor en el sitio tomado como testigo que en el cultivo de caupí, y que a su vez fue mayor en el cultivo de caupí que en el

maíz, sugiere una relación entre el tipo de cultivo y la infiltración del suelo. Esta relación puede explicarse por varios factores: como ser la cobertura del suelo, el sistema radical, los residuos de cosecha, etc. Los cultivos con una cobertura vegetal densa, como el caupí, suelen tener una mayor infiltración básica debido a que la vegetación ayuda a proteger el suelo de la erosión y a mantener su estructura, facilitando la entrada del agua en el suelo. Por otro lado, la labranza y el tráfico de maquinaria agrícola pueden provocar la compactación del suelo, lo que reduce su capacidad de infiltración, en este caso la labranza intensiva, como la de mandioca, experimentan una disminución en la infiltración del suelo, en los datos obtenidos, se observó una menor infiltración básica bajo este cultivo. La menor infiltración está relacionada con la práctica de labranza y a las características del sistema radical de la mandioca.

Conclusión

Los resultados indican que la infiltración básica del agua en el suelo fue mayor en el sitio testigo con rastrojo de avena y con el cultivo de caupí, en comparación con el cultivo de mandioca. Esto se atribuye a que la cobertura de rastrojos en superficie favorece la formación y estabilidad de los poros en el suelo, lo que mejora la infiltración. Por el contrario, las prácticas intensivas de laboreo de suelos como las empleadas en el cultivo de mandioca redujeron la infiltración.

Los resultados preliminares sugieren que las prácticas agroecológicas, como la reducción de labranza y el uso de cultivos de cobertura, facilitan la infiltración y retención de agua en el suelo. Sin embargo, se necesitan más años de evaluación del sistema para determinar la mejor combinación de cultivos comerciales y de cobertura, especialmente considerando que los años de evaluación fueron secos.

Bibliografía

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, C. W. y Robledo, C. (2018). InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Ligier, H. D., Perucca, A. R. y Kurtz, D. B. (2015). Erosión de suelos en la Provincia de Corrientes. Año II – nro. 4. ISSN 2362 – 5163.

Paredes, F. A. y Bogado, H. R. (2015). Conservación de variedades criollas de la Agricultura Familiar de Corrientes, Argentina. Un aporte al mantenimiento de la diversidad. En Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología. ISBN 978-950-34-1265-7 (archivo digital).

Pla, I. (1996). A soil water balance model for monitoring soil erosion processes and effects on steep land in the tropics. Soil Technology, 11(2), 1-13.

EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE UN EQUIPO DE RIEGO PIVOT CENTRAL CON TRES MODELOS COMERCIALES DE ASPERSORES.

Inzirillo Bajik, Gerardo¹; Avila, Lucía¹; Paez Tissera, Agustín²; Guevara, Mariel²; Carvelli, Antonela²; Martinez, Sofia²; Dragoni, Sabrina²; Savietto, Mariana²

¹Tecnoriego Cuyo S.A.S., ²Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo).

ginzirillobajik@tecnoriegocuyo.com

Introducción

La agricultura bajo riego en zonas áridas significa en muchos casos la única forma de producir alimentos de origen vegetal, suponiendo además una enorme responsabilidad en el uso sostenible del agua, recurso de escasa cantidad y gran valor, tanto en cantidad como en calidad.

El uso de sistemas de riego presurizado por aspersión, en este caso un pivot central, es un equipo que permite aplicar láminas de agua en el momento en que el cultivo lo necesite, optimizando la productividad y haciendo un uso racional del recurso hídrico y eléctrico. Si bien es un sistema de riego muy versátil, es necesario realizar una calibración previo a cada campaña de cultivo, comparando la lámina a aplicar según la carta de aspersión correspondiente para el caudal definido, como así también evaluar el coeficiente de uniformidad, para corroborar que el equipo esté funcionando correctamente, aumentando la rentabilidad económica del productor que ha invertido en un equipo de alta tecnología, ya que la eficiencia del riego determinará la productividad del sistema, tanto así como la sustentabilidad de la producción.

En la provincia de Mendoza la superficie irrigada con sistemas de pivot central es 11.482 hectáreas, destinadas principalmente a la producción de hortalizas (60%) y forrajes (40%), tanto de verano como de invierno, alternadamente con hortalizas a contraestación. Comercialmente los aspersores tipo I-wob, R3030 y Twister son los más utilizados, los cuales al presentar diferentes características se utilizan para diferentes cultivos y sistemas de producción.

Objetivo

Medir la lámina de aplicación a velocidad de giro al 100%.

Evaluar el coeficiente de uniformidad en la lámina aplicada por un equipo de riego pivot central con tres tipos comerciales de aspersores.

Materiales y métodos

La experiencia se desarrolló en la parcela experimental de la cátedra de Zootecnia y Granja, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCUIYO. El equipo de riego es un pivot central marca Valley Mod 8120 de un radio de trabajo de 91,9 m (2,67 ha). Los modelos de aspersores a evaluar fueron i-WOB2, R3030 y Twister, cuyas imágenes y características técnicas se describen en la tabla 1.

La lámina de aplicación a una velocidad de avance de 100% se midió mediante el método de colectores, que consiste en colocar recipientes de diámetro conocido a distancia constante, hacer

un recorrido de equipo que pase por todos los recipientes y midiendo el volumen colectado en cada recipiente, en probeta ANSI/ASAE S436.1. (2001) afectado por la superficie de colección.

Esta medición se realizó con cada serie de aspersores, 5 repeticiones para cada uno, cada cual con su carta correspondiente.

Luego se calculó el Coeficiente de uniformidad de Heermann y Hein (1968) y Coeficiente de uniformidad de Christiansen (1942) y se obtuvieron las curvas de distribución de riego a lo largo del equipo. Se utilizó el software Infostat para realizar un ANOVA con prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Tabla 1- Características técnicas de aspersores comúnmente utilizados en sistemas de riego por pivot central

Tipo de aspersor	i-wob2	R3030	Twister
Imagen representativa			
Presión de trabajo (PSI)	10 a 15	10 a 50	6 a 20
boquillas	#6-13,5	#14-23	
diametro de mojado	10.4 - 17.4 m	15,2-22,6 m	9-16,8 m
tamaño de gota	chica	grande	chica
reacción con el viento	mala	buena	mala
cultivo recomendado	semillas pequeñas, zanahoria.	forraje denso, maíz, papa, heno, trigo.	caña de azúcar, césped, maíz, habas de soja, zanahoria.

Resultados

Se observa en la tabla 2 que no se obtuvieron diferencias significativas en ninguno de los tres modelos, siendo en todos los casos mayor a 90%, por lo que se consideran parcelas muy bien regadas (Morábito et al, 2015).

Tabla 2- Coeficientes de uniformidad para tres tipos comerciales de aspersores para equipo de pivot central

	CUh	CUC
Tipo i-wob2	94.18a	93.88a
Tipo R3030	94.48a	93.63a
Tipo Twister	93.81a	93.78a

En el gráfico 1 se muestra la dispersión de la lámina de aplicación para los tres modelos de aspersores, mostrando mejor desempeño el modelo lwob, variabilidad media el modelo R3030 y mayor variabilidad de aplicación el modelo Twister. En rojo se marca la lámina teórica, según carta de aspersión correspondiente.

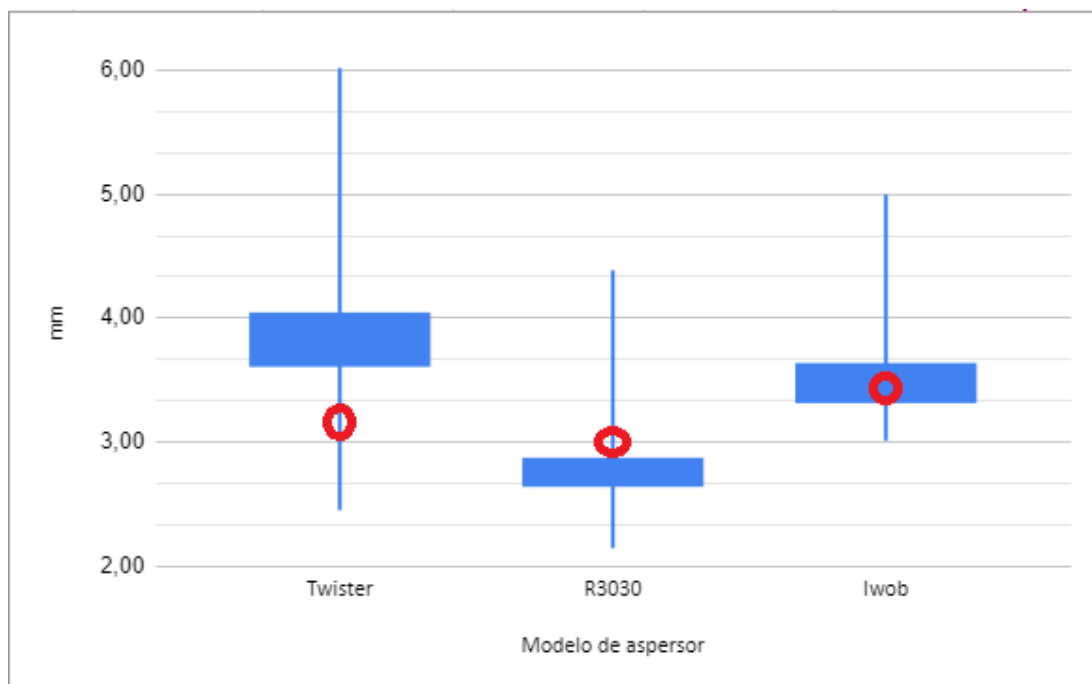


Gráfico 1- Dispersión de la lámina de aplicación.

Conclusiones

Los tres modelos de aspersores presentan un buen coeficiente de uniformidad, por lo que la elección dependerá principalmente del cultivo a realizar. Es importante mencionar que los aspersores son adaptables a todos los equipos de riego por pivot, por lo cual es posible tener juegos de aspersores para cambiar de acuerdo a las necesidades.

Recomendación

Realizar la calibración del equipo previo a cada ciclo de cultivo.

Utilizar el modelo de aspersor que más se ajuste a nuestra producción.

Revisar la presión inicial y final del equipo y la presión debajo del 10% de la cantidad total de reguladores.

Bibliografía

ANSI/ASAE S436.1. (2001). Test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot and lateral move irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles. American Society of Agricultural Engineers. USA.

Christiansen, J. E., 1942. Irrigation by sprinkling (No. 04; USDA, FOLLETO 1532.).

Heermann, D.F.; R. Hein. (1968). Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation system, Transactions of the ASAE 11(1): 11-15.

Morábito J., Rearte E., Schilardi C., Martin L. y Salatino S. 2015. Desempeño del riego de equipos de pivote central en la provincia de Mendoza, Argentina. CONAGUA 2015. Paraná, Entre Ríos, Argentina.

EFFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL SECTOR AGRÍCOLA BAJO ESCENARIOS FUTUROS: CUENCA DEL RÍO MAIPO, CHILE

Henríquez-Dole Leni^{1,2}, Gironás Jorge¹⁻³, Meza Francisco³⁻⁴

¹Red Interdisciplinaria para la Sostenibilidad de los Ecosistemas (EcoAgsus), ²Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile, ³Centro Interdisciplinario de Cambio Global (CCG), Pontificia Universidad Católica de Chile, ⁴Departamento de Ecosistemas y Medioambiente, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile.

L.henriquez@ecoagsus.com

Introducción

El agua es uno de los recursos más valiosos en la agricultura, por lo que se deben implementar acciones para garantizar su suministro. Los estudios sobre sistemas hidrológicos o agrícolas evalúan cómo las tendencias pasadas y los escenarios futuros pueden afectar a los ríos o lagos, comprometiendo el rendimiento y la producción en las fincas. Recientemente, las estimaciones se han vuelto más realistas a medida que los escenarios de cambio de uso del suelo se han combinado con los escenarios climáticos (Boongaling et al., 2018). La integración más común de los escenarios de uso del suelo en la modelización se realiza a través de mapas o escenarios sobre su cambio en magnitud (por ejemplo, la expansión urbana), pero se descuida la configuración, agregación o composición del uso del suelo. Incluir estos aspectos del paisaje puede mejorar los modelos y, en consecuencia, mejorar la evaluación de los escenarios futuros de gestión de los recursos hídricos.

Las medidas de adaptación son propuestas para superar los posibles impactos negativos de los escenarios futuros del cambio climático. Dado que la agricultura es el mayor consumidor de agua, se espera que sea en este sector donde se encuentren más oportunidades para aplicar medidas de adaptación y optimizar el uso del agua sin comprometer al resto de los usuarios del agua. La evaluación de la eficacia de las medidas de adaptación es una métrica para garantizar la eficiencia en el uso del agua en el sistema. Aquellas medidas con mayor eficiencia podrían incluirse en una lista de prioridades donde la evaluación económica debe ser el siguiente paso. Por tanto, debido a que el cambio climático implica temperaturas más altas y menos precipitaciones en la mayoría de las regiones áridas o semiáridas del mundo, esta investigación propone evaluar la eficacia de diferentes medidas de adaptación en la agricultura de riego en Chile Central, donde los escenarios futuros son una combinación de escenarios climáticos y de uso del suelo desarrollados para la región.

Materiales y métodos

El enfoque metodológico general simula la gestión histórica y futura del agua en el sector de estudio. Primero se simula la oferta y demanda del agua de los cultivos en respuesta a las variaciones climáticas históricas y futuras (Escenarios Base). Luego, los resultados de los escenarios de uso del suelo (Henríquez-Dole et al., 2018) se incorporaron al modelo (Escenarios Futuros), sobre los cuales se evaluó la eficiencia de las medidas de adaptación agrícola sobre la gestión del agua (Fig 1).

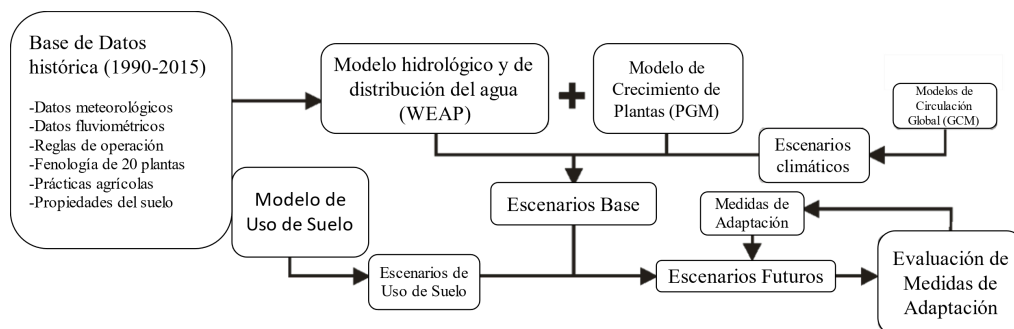


Figura 1- Enfoque metodológico

El área de estudio seleccionada es la Primera Sección del Maipo que riega un poco más de 173 mil ha distribuidas en ocho asociaciones de canalistas que poseen un total de 8133 acciones equivalentes a derechos de agua. La distribución del agua se hace proporcionalmente al número de acciones que cada asociación de canalistas posee, la capacidad máxima del canal de distribución y el caudal del Río Maipo.

La simulación de la distribución del agua se realizó a nivel semanal usando el modelo Water Evaluation and Planning (WEAP). Además, dentro de WEAP se utilizó una herramienta denominada Plant Growth Model (PGM) que simula la demanda específica de agua de los cultivos bajo diferentes condiciones de suelo, clima e irrigación a nivel diario. Datos diarios de tres estaciones meteorológicas y diez estaciones fluviométricas se usaron para la calibración y validación del modelo durante el período de 1990 al 2015; mientras que la información de la superficie de 20 cultivos característicos de la zona fue obtenida de los censos agrícolas de 1997 y 2007. Los usos de suelo históricos y de cuatro escenarios futuros fueron obtenidos de los datos suplementarios publicados para la región (Henríquez-Dole et al., 2018); mientras que los escenarios futuros de clima fueron obtenidos del proyecto ARCLim (Pica-Téllez et al., 2020) que provee una base de datos mensual de diferentes modelos del escenario RCP 8.5 entre el período 2045-2065 con una resolución de 5 x 5 km. Tres modelos fueron seleccionados para representar diferentes condiciones futuras: más severa (GFDL-CM3), intermedia (HadGEM2-CC) y la más favorable (ACCESS1-0).

Se evaluaron un conjunto de seis medidas de adaptación basadas en los hallazgos del proyecto Maipo Plan de Adaptación (Henríquez-Dole et al., 2018): 1) impermeabilización de canales, 2) mejora del riego 1: transformación de todo el sistema de riego por inundación, a riego por surcos, 3) mejora del riego 2: transformación de todo el sistema de riego por surcos, a riego por aspersión, 4) mejora del riego 3: transformación de todos los sistemas de riego por inundación de viñedos, a riego por surcos, 5) uso de todos los derechos de agua, y 6) adaptación combinada: impermeabilización de canales + mejora del riego 3 + uso de todos los derechos de agua. La evaluación se realizó usando la confiabilidad propuesta por Hashimoto et al., 1982, la cual se define como el porcentaje de tiempo en donde el suministro es mayor o igual que la demanda.

Resultados

Se ha estimado la confiabilidad promedio de todas las asociaciones de canalistas (período 2030-2050) bajo todos los escenarios futuros (Tabla 1). Isla Lonquén y ACM presentan la mayor confiabilidad en todos los escenarios, lo que indica una baja vulnerabilidad al cambio climático. Por otro lado, ACUB y Lo Herrera son las asociaciones con mayor vulnerabilidad, lo que se traduce en una menor confiabilidad bajo los escenarios futuros más severos. El primero muestra una

disminución de la confiabilidad, pasando del 98.7% histórico al 72% en el escenario GFDL-CM3 BAU LUD; y el segundo, una disminución del 99.8% al 88% en el escenario GFDL-CM3 PROT LUD.

La eficacia de las medidas de adaptación también se puede identificar mediante la confiabilidad. Teniendo en cuenta los mismos WUO (ACUB y Lo Herrera) con mayor vulnerabilidad, la medida de adaptación con mejor rendimiento por sí sola es la impermeabilización de canales, y la mejor opción disponible es una acción combinada que aumenta la confiabilidad de ACUB del 72.8% al 90.4%, y de Lo Herrera del 88% al 99.4%.

Tabla 1- Media semanal de la confiabilidad (%) para cada asociación de canalistas en la Primera Sección del Maipo

Escenario	ACM	ACUB	Huidobro.o	Herrera	Longuen	Pirque	SCM
Historico	100.0	98.7	99.9	99.8	99.8	100.0	99.5
ACCESS 1-0	100.0	99.6	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0
ACCESS 1-0 BAU HUD	100.0	97.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0
ACCESS 1-0 BAU LUD	100.0	97.0	99.9	100.0	99.9	100.0	100.0
ACCESS 1-0 PROT HUD	100.0	98.7	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0
ACCESS 1-0 PROT LUD	100.0	97.0	99.9	100.0	99.9	100.0	100.0
HadGEM2-CC	100.0	95.3	98.5	99.4	100.0	99.7	99.6
HadGEM2-CC BAU HUD	100.0	87.0	99.5	99.8	100.0	99.5	99.9
HadGEM2-CC BAU LUD	100.0	86.0	99.4	98.6	99.9	99.3	99.4
HadGEM2-CC PROT HUD	100.0	91.4	99.7	99.9	100.0	99.3	99.9
HadGEM2-CC PROT LUD	99.9	86.9	99.6	98.3	100.0	99.2	98.5
GFDL-CM3	99.2	85.9	93.4	93.3	100.0	99.3	94.1
GFDL-CM3 BAU HUD	99.6	73.0	96.8	94.6	100.0	98.6	95.1
GFDL-CM3 BAU LUD	98.8	72.0	96.5	88.9	99.9	98.2	91.4
GFDL-CM3 PROT HUD	99.8	78.7	97.7	97.1	100.0	98.3	95.1
GFDL-CM3 PROT LUD	98.6	72.8	97.5	88.0	100.0	97.9	89.1
Impermeabilización de canales	99.6	80.4	98.5	94.6	100.0	99.1	96.1
Mejora de riego 1	99.8	76.4	98.9	97.3	100.0	99.4	93.0
Mejora de riego 2	98.8	72.5	96.6	89.5	100.0	98.2	91.6
Mejora de riego 3	99.1	73.8	97.7	91.2	99.9	98.2	91.6
Uso de todos los derechos de agua	98.9	78.3	92.8	88.4	99.9	98.3	92.3
Combinación de medidas	100.0	90.4	99.0	99.4	100.0	99.8	97.6

Conclusiones y recomendaciones

Cuando se asignaron los derechos de agua en la Cuenca del Río Maipo, no se tuvieron en cuenta los escenarios futuros. Se ha demostrado que el clima futuro junto con los escenarios futuros de uso del suelo tendrán un impacto diferenciado en la cuenca. La disponibilidad de agua no será la misma que en el pasado, ni su confiabilidad, por lo que es necesario implementar medidas de adaptación. La gestión de la demanda parece tener mayores impactos para los escenarios futuros que los esquemas de asignación de agua y el aumento del suministro de agua por sí solos. Una combinación de medidas (mecanismos de asignación de agua junto con la gestión de la demanda) podría ser la mejor estrategia si se busca alcanzar confiabilidad, eficiencia y equidad en la Primera Sección de la Cuenca del Río Maipo.

Bibliografía

- Boongaling, C. G. K., Faustino-Eslava, D. V., & Lansigan, F. P. (2018). Modeling land use change impacts on hydrology and the use of landscape metrics as tools for watershed management: The case of an ungauged catchment in the Philippines. *Land Use Policy*, 72, 116–128. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2017.12.042>
- Hashimoto, T., Stedinger, J. R., & Loucks, D. P. (1982). Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. *Water Resources Research*, 18(1), 14–20. <https://doi.org/10.1029/WR018i001p00014>
- Henríquez-Dole, L., Usón, T. J., Vicuña, S., Henríquez, C., Gironás, J., & Meza, F. (2018). Integrating strategic land use planning in the construction of future land use scenarios and its performance: The Maipo River Basin, Chile. *Land Use Policy*, 78, 353–366. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2018.06.045>
- Pica-Téllez, A., Garreaud, R., Meza, F., Bustos, S., Falvey, M., Ibarra, M., Duarte, K., Ormazábal, R., Dittborn, R., & Silva, I. (2020). Informe Proyecto ARClím: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile.

BALANCE HIDROLÓGICO EN LA CUENCA DE JESUS MARÍA - RÍO PINTO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

Tini Gisella¹⁻², Paredes Lucía¹⁻², Zgrablich Andrés¹⁻²⁻³

¹Laboratorio de Hidro-Meteorología (LHM), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Universidad Nacional de Córdoba (UNC), ²Observatorio Hidro-Meteorológico de la Provincia de Córdoba (OHMC), ³Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Córdoba.

gisella.tini@mi.unc.edu.ar; lparedes@mi.unc.edu.ar; saz@agro.unc.edu.ar

Introducción

El sector productivo agropecuario en Argentina requiere de la disponibilidad de recursos hídricos para obtener resultados económicos favorables, ya sea a través del aprovechamiento del agua de lluvia, de los escurrimientos superficiales o subterráneos, los cuales son aprovechables por los sistemas de riego. El presente trabajo busca la cuantificación de la disponibilidad de agua en la cuenca integrada de los ríos Jesús María y Pinto, de la Provincia de Córdoba, Argentina.

La variabilidad climática estacional condiciona la oferta hídrica, por lo que comprender el sistema hidrometeorológico es crucial para respuestas a corto y mediano plazo (Gavilán, 2019). Existen diversas tecnologías de monitoreo hídrico regional, como sensores remotos (Montamat et al., 2018). El uso cada vez más frecuente de modelos de Predicción Numérica del Tiempo (PNT) para pronósticos meteorológicos, junto al estudio de la cuenca, permite gestionar localmente los recursos hídricos, lo cual beneficia al sector agropecuario (Rodríguez et al., 2022).

Área de estudio

La cuenca se sitúa en el sector centro-norte de la provincia de Córdoba, en los Departamentos Colón, Río Primero, Totoral, Ischilín, y Tulumba. Cuenta con una superficie aproximada de 3.000 km² (Figura 1). Tiene su nacimiento hacia el oeste en las Sierras Chicas y se desarrolla hacia el este en sentido meridional, teniendo su nivel de base en los bañados de la Laguna Mar Chiquita. Asimismo, está compuesta por dos ríos principales, el río Pinto (Norte) y Jesús María (Sur) (Guillen et al., 2017).

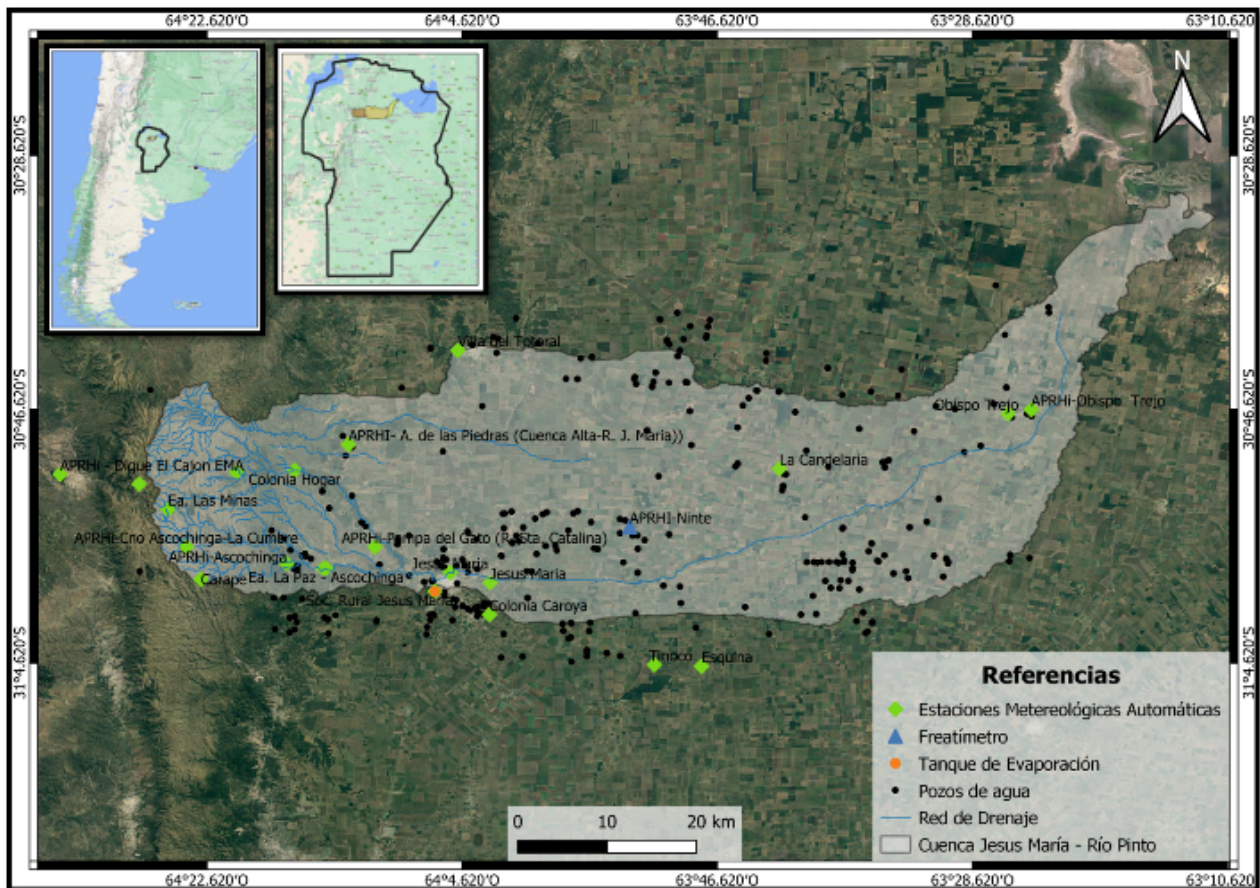


Figura 1 - Ubicación de la zona de estudio.

Objetivos

Mejorar el conocimiento del sistema hidrológico e hidrogeológico de la cuenca, desarrollar un modelo de pronóstico preciso y promover la adopción de tecnologías de predicción hidrometeorológicas en la producción agropecuaria. Estos buscan optimizar la gestión de los recursos hídricos, contribuir a la toma de decisiones y a la sustentabilidad del sistema de producción primaria, reduciendo los riesgos en la actividad agropecuaria asociados a la variabilidad climática.

Materiales y Métodos

1) Imágenes satelitales:

a) Satélite Argentino de Observación Con Microondas (SAOCOM): sistema de dos satélites de observación terrestre equipados con un radar de apertura sintética interferométrico (SAR) en banda L. Fue desarrollado y fabricado por organismos y empresas del sistema científico y tecnológico nacional, como CONAE, CNEA, VENG e INVAP. Estima contenidos de humedad del suelo en los primeros 50 cm y cuenta con una resolución de 1 km.

b) Climate Prediction Center MorphingTechnique (CMOPRH): Es una técnica de estimación de precipitación desarrollada en Estados Unidos por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Cuenta con una resolución espacial de 5 km.

c) Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): Es un indicador del vigor y salud de la vegetación, que se relaciona directamente con la disponibilidad de humedad en el suelo. Adopta valores entre -1 y +1, valores altos de NDVI indican una vegetación densa y saludable, lo que sugiere una adecuada humedad en el sistema.

2) **Estaciones meteorológicas automáticas (EMAs):** Actualmente se encuentran operativas un total de 19 (diecinueve) estaciones pertenecientes a diversos organismos.

Resultados

Se obtuvo para la cuenca el mapa de precipitación acumulada en un periodo de 10 días, su efecto en la reserva de agua en el suelo a 50 cm de profundidad al final de dicho período, la variación de humedad en el perfil, como así también el NDVI el cual nos brinda una medida del estado de salud de la vegetación (Figura 2). El NDVI y la humedad del suelo son indicadores útiles para evaluar la salud de un cultivo ya que un cultivo sano presenta un NDVI alto y una humedad del suelo adecuada. Por el contrario, un NDVI bajo indica estrés por sequía, exceso de agua u otros factores. Esta información es valiosa para la agricultura y se relaciona con el balance hídrico de una cuenca. La salud del cultivo y la evapotranspiración (ET) están interrelacionadas debido a que los cultivos sanos transpiran más, mientras que los cultivos estresados transpiran menos. La ET afecta la disponibilidad de agua en una cuenca, influenciando los niveles de ríos y aguas subterráneas.

Conclusiones

La implementación de tecnologías avanzadas de monitoreo ha producido un valioso producto para la gestión agrícola, proporcionando un balance hídrico a corto plazo (10 días) y una visión del contenido de humedad del suelo a 50 cm de profundidad. Esta información es esencial para que los productores tomen decisiones más eficientes y reduzcan los riesgos agrícolas asociados a la variabilidad climática. La salud de los cultivos, la humedad del suelo, las imágenes NDVI y el balance hídrico de una cuenca están interconectados.

Para mejorar la precisión del balance hídrico, es necesario incorporar más instrumental de monitoreo y tecnologías más precisas, que permitirán obtener datos más fiables sobre las variables del balance hídrico.

Este enfoque es crucial en la cuenca, ya que un mejor conocimiento de los recursos hídricos contribuye a la sustentabilidad del sistema de producción. Al gestionar los recursos de manera más detallada y consciente, se promueve su conservación y uso óptimo, fomentando un desarrollo agrícola sostenible y resiliente. Así, las tecnologías avanzadas de monitoreo son herramientas clave para decisiones basadas en evidencia científica y para fortalecer la producción agrícola en armonía con el entorno natural.

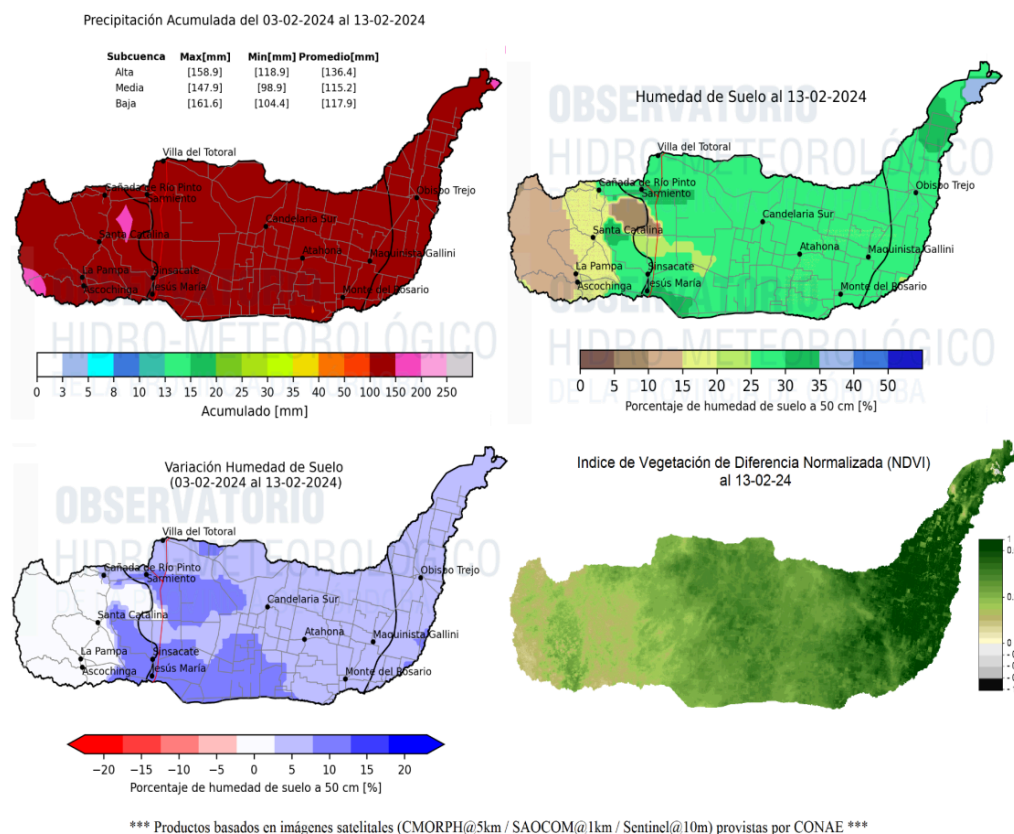


Figura 2 - Mapa de precipitación acumulada, humedad y variación del suelo, e Índice de Vegetación.

Bibliografía

Gavilán, S. (2019). "Modelado del Balance Hídrico a partir de datos satelitales y meteorológicos para el análisis de los flujos superficiales del ciclo hidrológico". Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata (UNLP).

Guillén N., Eder M. et al (2017). "Ordenamiento de los escurrimientos hídricos de las cuencas de los ríos Carnero, Guanacaste, Pinto, Los Mistoles y otros". Secretaría de Agricultura de la Provincia de Córdoba.

Montamat, I., Saffe, J., Martina, A., Poffo, D., Rodríguez Glez., S., Castelló, E. y López, F. (2018). "Integración de Datos de Sensores para Monitoreo y Alerta Hidrometeorológico y Ambiental en el Observatorio Hidro-Meteorológico de Córdoba (OMHMCBA)", IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería 19 al 21 de septiembre de 2018 – Córdoba, (paper 304)

Rodriguez, A., Herreri, H., Lighezzolo, A., García C.M., Catalini C., López, F., Castelló, E., Díaz, E., y Guilén, N. (2018). "Nuevas capacidades para Monitoreo, Seguimiento, Pronóstico y Análisis de Eventos Hidrometeorológicos en el OMH Córdoba", VI Taller sobre Eventos Hidrometeorológicos Extremos, Mendoza. ISBN 978-987-45194-8-1

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FENOLOGÍA Y CONSUMO DE AGUA EN ÁRBOLES DE AVELLANO EUROPEO

Rosales Angélica^{1,2}, Ortega-Farías Samuel^{1,2}, Campillay-Llanos William^{2,3}, De la Fuente-Sáiz Daniel², Morales Rodrigo² y Céspedes Lucas²

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad de Talca (Utalca), ²Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA), ³Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF).

rosalesangelica2401@gmail.com

Introducción

En el hemisferio sur, Chile es considerado el mayor productor de avellanas (*Corylus avellana* L.), con más de 36.000 hectáreas en la zona centro del país, debido a su clima mediterráneo. El Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023) prevé un aumento de temperatura de hasta 1,5°C para el año 2030, lo cual puede alterar las condiciones climáticas, la respuesta fisiológica del cultivo y el manejo de este. Un aspecto que puede verse alterado ante el alza de la temperatura es la fenología, y por lo tanto el consumo de agua por parte del cultivo, ya que el manejo del riego está relacionado directamente a cada etapa fenológica, siendo algunas más sensibles que otras.

Para estimar cada etapa fenológica se puede hacer uso de diferentes modelos matemáticos, utilizando como base el registro de las horas de frío y la acumulación de grados días de crecimiento (GDD) (Ortega-Farías y Riveros-Burgos, 2019; Campillay-Llanos et al., 2024). En estudios previos, el uso de GDD ha logrado prever de manera satisfactoria los estados fenológicos para cuatro cultivares de vid, evidenciando coeficientes de determinación (R^2) de 0,95 a 0,98 mediante el uso de correlaciones no lineales (Ortega-Farías y Riveros-Burgos, 2019). Sin embargo, no se ha precisado el ajuste de estos modelos para representar la fenología del avellano, en condiciones de cambio climático, olas de calor, y la gestión del riego debido al alza de la evapotranspiración a causa del incremento de las temperaturas.

Objetivo

Evaluar el efecto del cambio climático en la fenología en árboles de avellano a través de modelos matemáticos.

Estimar el aumento de la ETo como respuesta a los cambios en la fenología por aumento de las temperaturas.

Material y métodos

El huerto de estudio está ubicado en el sector de Río Claro (-35,053785, -71,149268), Maule. Se realizaron observaciones semanales de los estados fenológicos utilizando la escala italiana (GFI) durante las temporadas agrícolas 2019-20 y 2020-21. El huerto corresponde a la variedad Tonda di Giffoni plantada el año 2010, con un sistema de conducción multieje y regado por microjet. El clima de la zona es templado supratemal, con un régimen de humedad semiárido. Las temperaturas oscilan entre los 29,6°C en enero y los 3,8°C en julio, con una precipitación media anual de 756 mm.

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica automática “Río Claro-CITRA”, la cual pertenece al Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).

Los modelos fenológicos se basaron en la ecuación monomolecular para la fenología reproductiva y logística para la fenología vegetativa, con una relación no lineal entre la escala fenológica modificada cuantitativa (PS) y GDD, considerando el futuro aumento de las temperaturas y, en consecuencia, incremento de la evapotranspiración. Se utilizó el modelo seno simple para calcular los GDD de la temporada 2019-20, con umbrales de temperatura de 10°C y 35°C, respectivamente (Campillay-Llanos et al., 2024).

$$\text{Si } T_{max} y T_{min} < T_u y T_b, \text{ GDD} = 0$$

$$\text{Si } T_{max} < T_u y T_{min} > T_b, \text{ GDD} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b$$

Si

$$T_{max} > T_u y T_{min} < T_b, \text{ GDD} = \frac{1}{\pi} \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b \right) (\theta_2 - \theta_1) + \alpha [\cos \cos(\theta_1) - \cos \cos(\theta_2)] \right] +$$

$$\text{Si } T_{max} < T_u y T_{min} > T_b, \text{ GDD} = \frac{1}{\pi} \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b \right) \left(\frac{\pi}{2} - \theta_1 \right) + \alpha \cos(\theta_1) \right]$$

$$\text{Si } T_{max} > T_u y T_{min} < T_b,$$

$$\text{GDD} = \frac{1}{\pi} \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b \right) \left(\theta_2 + \frac{\pi}{2} \right) + (T_u - T_b) \left(\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) - \alpha \cos(\theta_2) \right]$$

Donde, se comparó la temperatura máxima (T_{max}) y temperatura mínima (T_{min}) diaria, versus los umbrales de temperatura superior (T_u) e inferior (T_b). De esta manera, se indica la fórmula correspondiente para obtener GDD. Igualmente, se calcularon los valores de θ_1 , θ_2 y α mediante los siguientes métodos:

$$\theta_1 = \left(\frac{T_b - \frac{T_{max} + T_{min}}{2}}{\alpha} \right) \quad \theta_2 = \left(\frac{T_u - \frac{T_{max} + T_{min}}{2}}{\alpha} \right) \quad \alpha = \frac{T_{max} - T_{min}}{2}$$

Los valores de PS estimados (PS_t), fueron calculados con la ecuación monomolecular (1) y logística (2). Para lo cual, se determina el estado fenológico inicial (PS_0), el estado fenológico final (PS_F), la tasa de desarrollo fenológico (β) y GDD en cada estado (t).

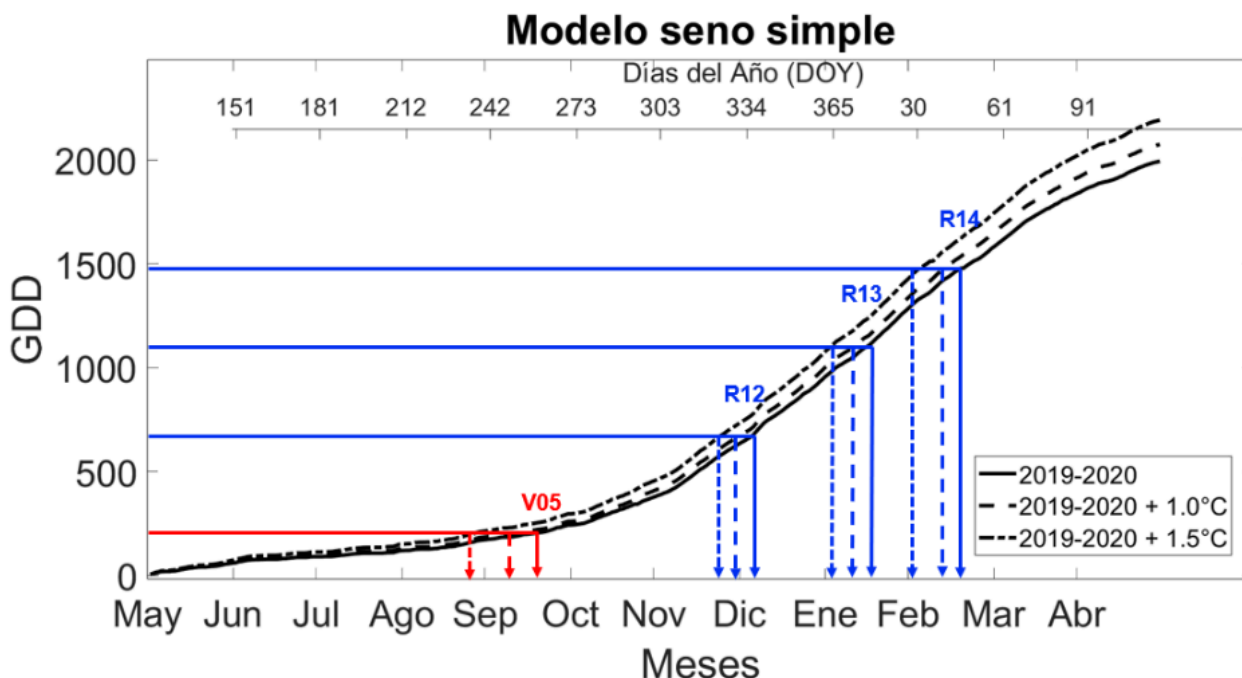
$$PS_t = PS_F - [PS_F - PS_0] \cdot (e^{-\beta \cdot t}) \quad (1)$$

$$PS_t = \frac{PS_F \cdot PS(0) \cdot (e^{-\beta \cdot t})}{PS_F + PS(0) \cdot (e^{-\beta \cdot t} - 1)} \quad (2)$$

Los modelos se calibraron con regresiones no lineales entre PS y GDD para la temporada 2019-20. Para la validación, se compararon PS observados y estimados durante la temporada 2021-22. Se evaluó R^2 , RMSE, MAE y EF (Ortega-Farías y Riveros-Burgos, 2019).

Resultados

Al calcular los GDD con un aumento de temperatura de 1°C y 1,5°C, se prevé un adelanto en la fenología. El estado que más se adelantó en la fenología vegetativa es la extensión de foliolos (V05), mientras para la fenología reproductiva fue la caída de frutos (R14), con 22 y 17 días (Figura 1).



Otra de las variables que se ve afectada por el aumento de la temperatura es la evapotranspiración de referencia (ET_o), la cual es fundamental para la gestión del consumo de agua del cultivo. Al considerar el aumento de 1 y 1,5°C, la acumulación de esta aumenta entre estados, siendo la fenología reproductiva la que experimenta mayores incrementos (Tabla 1).

ET _o acumulada (mm)	Fenología vegetativa			Fenología reproductiva			
	V02  Iniciando brotación 6	V04  Primeros foliolos 8	V05 Folios extendidos 10	R11 Inicio fructificación 26	R12 Frutos inmaduros 28	R13 Frutos maduros 30	R14 Caída de frutos 32
2019-20	25,23	40,53	45,01	416,91	450,03	707,41	867,92
2019-20 + 1°C	25,92	41,65	46,28	426,81	460,65	723,09	886,47
2019-20 + 1,5°C	26,26	42,22	46,92	431,76	465,96	730,92	895,72

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 1-Eto acumulada, considerando el aumento de la temperatura en 1 y 1,5°C.

La tabla 2, indica los GDD observados y estimados por los modelos para predecir la ocurrencia de los principales estados fenológicos.

GDD	Fenología vegetativa			Fenología reproductiva			
	V02  Inicio de brotación 6	V04  Primeros foliolos 8	V05 Foliolos extendidos 10	R11 Inicio fructificación 26	R12 Frutos inmaduros 28	R13 Frutos maduros 30	R14 Caída de frutos 32
O	130,04	143,32	164,47	472,48	615,68	1086,49	1291,03
E	100,64	151,56	178,15	387,36	534,25	757,26	1236,88

Tabla 2-GDD observados (O) y estimados (E) para alcanzar los principales estados fenológicos según (GFI) y (PS).

Conclusión

El aumento de las temperaturas adelantará la fenología del avellano europeo entre 8 y 22 días, además de aumentar la cantidad de agua necesaria para el desarrollo del cultivo. En este sentido, los modelos monomolecular y logístico surgen como una herramienta para la gestión y descripción de la fenología con un R^2 de 0,96 y 0,99. Para dar más sustento a este estudio se recomienda validar los modelos en otras localidades, variedades y otros escenarios futuros de cambio climático.

Bibliografía

- Campillay-Llanos, W., Ortega-Farias, S., & Ahumada-Orellana, L. (2024). Development and validation of phenological models for eight varieties of sweet cherry (*prunus avium* L.) growing under mediterranean climate condition. *Scientia Horticulturae*, 326, 112711. 10.1016/j.scienta.2023.112711
- Ortega-Farias, S., & Riveros-Burgos, C. (2019). Modeling phenology of four grapevine cultivars (*vitis vinifera* L.) in mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, 250, 38-44. 10.1016/j.scienta.2019.02.025
- IPCC Informe de síntesis del AR6: Cambio Climático 2023. IPCC — Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL RIEGO Y MEJORAS DE GESTIÓN HÍDRICA PARCELARIA EN LAS CUENCAS DEL RÍO TUNUYÁN Y MENDOZA

Tozzi, Fabián¹; Mateo, Daiana ¹; Puertas, Carlos ¹; Lavanderos, Débora²; Ferrari, Florencia³; Croatto, Nicolás⁴; Estrella, Maria Giuliana²; Angulo, Carlos³; Agüero, José¹; Galarza, Walter¹

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Junín

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria La Consulta

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Mendoza

⁴ Corporación Vitivinícola Argentina (COVIAR)

tozzi.fabian@inta.gob.ar

Introducción

La agricultura se enfrenta a un escenario de menor disponibilidad de agua y mayor competencia por su uso. Particularmente la provincia de Mendoza, está atravesando un periodo de crisis hídrica sostenida desde hace más de 10 años. Sumado a esto, se ha observado a nivel intra-finca un manejo inadecuado del recurso que no concuerda con la situación de escasez. Por tal motivo, es importante realizar un diagnóstico del manejo del riego para desarrollar estrategias que permitan sobrellevar los futuros escenarios de disponibilidad del agua. En este sentido, las evaluaciones de riego a campo constituyen un requisito para lograr la optimización de los mismos (Schilardi et al., 2010). Regar con una baja eficiencia implica, además de un derroche del recurso en sí mismo, un mayor consumo energético en los sistemas presurizados y gravitacionales dependientes de perforaciones, y por lo tanto mayores costos. El objetivo de este trabajo fue obtener parámetros de desempeño de riego en las zonas evaluadas, realizar propuestas de optimización del mismo y luego transmitir la experiencia de mejora a otros productores de la zona donde se realizaron dichas evaluaciones. Si bien cada caso se analizó en forma particular los productores presentan similitudes en algunos aspectos del manejo del riego y se comparte la metodología de abordaje de la problemática.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó durante el 2019 hasta 2022, en la cuenca del río Mendoza, Tunuyán Inferior y Tunuyán Superior, pertenecientes a la provincia de Mendoza. En la cuenca del río Mendoza se centró el trabajo en la 4^o, 5^o y 6^o zona de riego, zona irrigada que pertenece a los departamentos de Lavalle y San Martín. La cuenca del Tunuyán superior abarca departamentos de San Carlos, Tunuyán y Tupungato, y la cuenca del Tunuyán inferior abarca los departamentos de San Martín, Junín, Rivadavia, Santa Rosa y La Paz. Se relevaron variables para caracterizar el desempeño del riego en 40 parcelas ubicadas en propiedades de distintos productores. Se construyó una base de datos con las siguientes variables de desempeño, necesarias para realizar el cálculo de las eficiencias de riego y posterior optimización del mismo: (1) Aforo (Figura 1); (2) Ensayos de infiltración; (3) Medición del tiempo de avance y receso del frente de agua; (4) Dimensiones de la unidad de riego; (5) Número de melgas o surcos regados simultáneamente; (6) Tiempo de aplicación del agua; (7) Humedad de suelo antes y después del riego; (8) Textura de suelo. Se calculó la eficiencia de aplicación (EAP), de almacenaje (EAL), y de distribución (EDI) (Burt et al., 1997). Posteriormente se utilizó el modelo Winsrfr 5.1.1 (Bautista et al., 2007) simulando diferentes condiciones de manejo hídrico parcelario, para lograr la optimización del riego. Estas

modificaciones simuladas fueron específicas en cada sitio y consisten en ajustar los tiempos de riego, pendiente, caudal, retoque de niveles, entre otros (Figura 2). Finalmente, se indicó al productor los cambios sugeridos por el modelo para la mejora del aprovechamiento del recurso hídrico. Luego, en cada cuenca, se seleccionaron tres propiedades representativas, que fueron una herramienta para facilitar el intercambio de conocimientos, experiencias y capacitaciones a regantes y demás actores en el manejo adecuado del riego.



Figura 1. Medición de caudal ingresado.

Resultados y Discusión

En la figura 2 (Izquierda) se muestran las recomendaciones de manejo hídrico entregadas a los productores. El 31% de las devoluciones consistió en la “disminución del tiempo de aplicación de riego”, es decir, en la mayoría de las fincas se estaba regando en exceso. Por otro lado, al 21% de los productores se sugirió “aumentar el tiempo de riego”, es decir, estaban regando en déficit. Estos resultados contrapuestos ponen en evidencia, que se han utilizado escasos criterios técnicos para definir la cantidad de agua a aplicar en un determinado riego, ya que el problema más recurrente detectado fue el ajuste del tiempo de riego (52%). Luego se mencionan otras recomendaciones: retoque de nivel (18%), aumento de caudal por surco o melga (11%), mejoras en sistematización (conducción e infraestructura de manejo del agua) (11%), disminución del caudal por surco (4%) y laboreos para favorecer infiltración (4%).

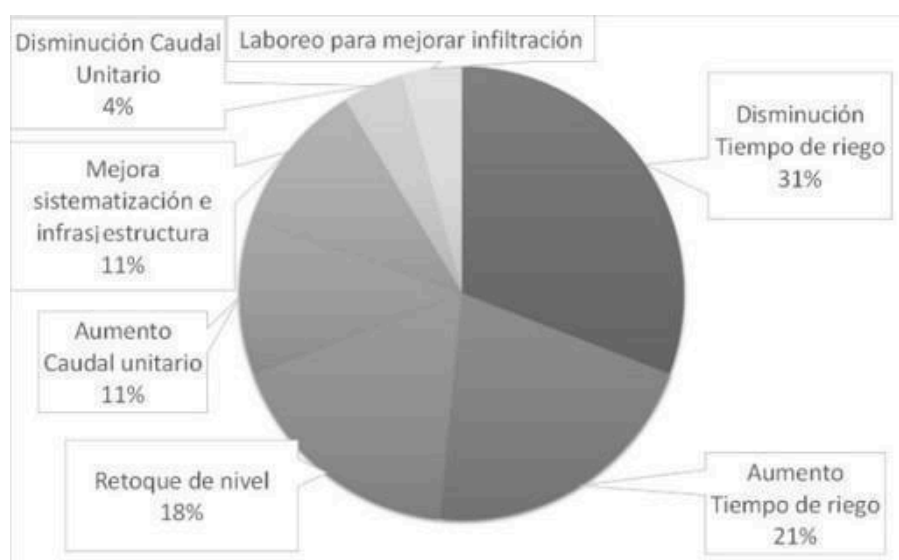


Figura 2.- Izquierda: Distribución de mejoras de riego propuestas y porcentajes en la muestra analizada (n=40).

Tabla 1. Resumen de láminas aplicadas en promedio y en cada cuenca de evaluación. Se presentan los valores de lámina de reposición de acuerdo a necesidades de riego (dr), lámina bruta aplicada (db), lámina infiltrada (dinf), lámina escurrida (desc), lámina almacenada en el suelo (dal) y lámina percolada (dper). Se muestran los valores de desviación estándar (DE)

Lámina (mm)	Media	DE	Tun Inf.	DE	Mendoza	DE	Tun Sup.	DE
dr	83,4	48,1	111,4	51,7	82,8	44,8	58,0	33,6
dbruta	109,5	72,3	122,9	59,2	155,8	67,8	57,4	57,6
dinf	108,6	74,2	121,2	60,3	156,1	68,4	56,3	61,9
desc	7,9	24,0	1,6	5,2	0,0	0,0	21,8	38,6
dal	66,8	37,3	77,7	35,2	79,8	40,5	45,0	28,2
dper	45,7	51,8	46,9	54,4	76,4	53,6	16,4	29,2

En la Tabla 1 se presentan las láminas utilizadas para el cálculo de las eficiencias de riego. En términos generales, en la Cuenca del Tunuyán superior es más frecuente el riego con desagüe al pie (79%) que sin desagüe (21%) (Schilardi et al., 2010) y también se encuentran suelos de textura más fina (Peso específico aparente. – PEA promedio: $1,47 \text{ g.cm}^{-3}$), que en las cuencas del río Tunuyán Inferior y Mendoza (PEA promedio: $1,42 \text{ g.cm}^{-3}$) (Morábito et al., 2007). Esta es la razón de la diferencia entre lámina escurrida en Tunuyán superior respecto de las otras dos cuencas. En la cuenca Tunuyán inferior se observó una lámina escurrida baja ($=1,6 \text{ mm}$), esto es debido al escurrimiento involuntario o accidental, pero no al método de riego aplicado.

En la Figura 3 se observan los valores de eficiencias de riego, siendo la EAP promedio del 58 %, EAL= 87% y EDI=92%, en coincidencia con los resultados de las recomendaciones predominantes relacionadas con la disminución de los tiempos de riego. EAP, indica el porcentaje de agua que queda disponible para la planta una vez realizado el riego. Estos resultados concuerdan con estudios previos realizados en la zona. Morábito et al. (2007) encontraron en la cuenca del río Mendoza resultados similares, siendo EAP: 59%, EAL: 81% y EDI: 87%. Schilardi et al., (2010)

encontraron en la cuenca del Tunuyán superior EAP 43%, EAL 99% y EDI: 91%. En este estudio no se consideró el balance salino. En las cuencas del río Tunuyán inferior y del Mendoza la conductividad eléctrica del agua para riego en promedio es de $1,65 \text{ dS.m}^{-1}$ y $1,18 \text{ dS.m}^{-1}$ respectivamente.

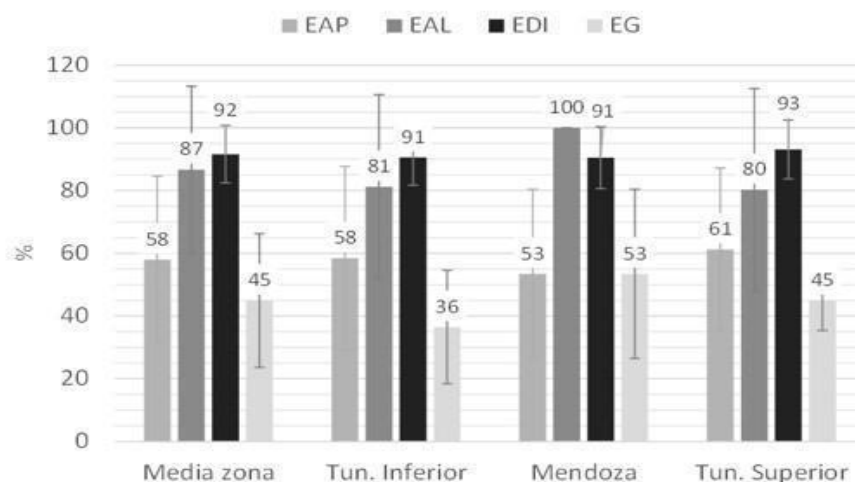


Figura 3.- Porcentaje de eficiencia de aplicación (EAP), de almacenaje (EAL), de distribución (EDI) y eficiencia general (EG) promedio en cada cuenca de estudio y la Media de la zona.

De acuerdo al análisis realizado en cada caso particular y aplicando la modificación del manejo hídrico para la optimización del riego se podría lograr en promedio una EAP 82%, EAL 94%, EDI 91% y EG 78%. Es decir que existe una brecha de un 33% en promedio entre los valores reales ($EG = 45\%$) y potenciales ($EG = 78\%$). Por lo tanto, considerando las variaciones de manejo que no implican un elevado costo de inversión (Figura 2), se podría mejorar la eficiencia del uso del agua, reducir costos, disminuir pérdidas de rendimiento por estrés y mejorar la rentabilidad del sector agrícola en el área evaluada.

Bibliografía

- Bautista, E.; Schlegel, J.L.; Strelkoff, T.; Clemmens, A.J. (2007) "Simulation, design and evaluation of surface irrigation systems with winsrfr". Meeting Proceedings. p. 395-408. United States Department of Agriculture.
- Burt, C. M., Clemmens, A. J., Strelkoff, T. S., Solomon, K. H., Bliesner, R. D., Hardy, L. A., y Eisenhauer, D. E. (1997). Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. Journal of irrigation and drainage engineering, 123(6), 423-442.
- Morabito, J. A., Mirabile, C., & Salatino, S. (2007). Eficiencia del riego superficial, actual y potencial, en el área de regadío del río Mendoza (Argentina). Ingeniería del agua, 14(3), 199-214.
- Schilardi, C., Morábito, J. A., & Vallone, R. C. (2010). Parámetros físicos del riego por superficie en el área de regadío de la Cuenca del Río Tunuyán Superior, Mendoza, Argentina. In XXI Congreso Nacional del Agua (pp. 14-16).

EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN FERTIRRIEGO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN ZAPALLO ACONCAGUA INTA

Lipinski, V.M.^{1,2}, Valdés, A.², Cónsoli, D.², Bermejillo, A.², Micheletti, A.², Venier, M.², Filippini, M.F.², Fornabay, F.³, Dalmasso, J.,¹ Lavanderos D.¹, Porta, M.A.².

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), ²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

vlipinski@fca.uncu.edu.ar

Introducción

En ensayos previos realizados con riego por superficie quedó demostrada la respuesta del zapallo a la fertilización fosfatada, en dosis mayores de 100 kg P ha⁻¹ (Lipinski y Della Gaspera, 2004 y 2006). Buwalda y Freeman (1986) en suelos volcánicos de Nueva Zelanda, de mediana fertilidad, determinaron que para alcanzar rendimientos totales de 55 t de frutos ha⁻¹ en un zapallo híbrido debían agregar 150 kg N ha⁻¹, 120 kg de K ha⁻¹ y 320 kg de P ha⁻¹. La aplicación del fertilizante conjuntamente con el agua aumenta su eficiencia de aplicación, por lo que las dosis de P a aplicar serían menores a las empleadas con riego tradicional. A su vez la eficiencia de uso del agua (EUA) aumenta.

Objetivos

a-Determinar la dosis óptima de fósforo en fertirriego en zapallo Aconcagua. b-Establecer valores diagnósticos de P en hojas y pecíolos de zapallo Aconcagua. c-Determinar el porcentaje de sólidos totales (%ST) para cada tratamiento. D-Calcular la eficiencia de uso del agua (EUA) utilizando diferentes dosis de P y riego por goteo.

Materiales y Métodos

Este ensayo se realizó en la EEA – INTA La Consulta durante la temporada 2017/18 (para corroborar resultados obtenidos la temporada anterior en las mismas condiciones). El suelo es de origen aluvial, profundo, de textura franco arenosa fina, serie La Consulta (Torrifluvente típico) con contenidos medios de Nt de 625 mg kg⁻¹, altos de P disponible 5,7 mg kg⁻¹ y altos de K intercambiable 236 mg kg⁻¹.

Tabla 1. Resumen de las variables de riego consideradas: evaporación del tanque A (EB), el k_c (Coeficiente de cultivo), la lámina de riego calculada y aplicada (d_c y d_r) en mm, la precipitación efectiva (PPef), tensión media del suelo a 30 cm y 60 cm de profundidad tomada con sensor Watermark (W30 y W60) y el número de riegos realizados en zapallos.

Mes	EB mm	K_c	d_c mm	d_r mm	PPef	W ₃₀	W ₆₀	Nº riegos
Nov	100,9	0,22	14,8	11,2	30,8			2
Dic	212,0	0,27	46,8	12,3	49,0	26,7	25,1	6
Ene	216,2	0,42	71,8	53,3	13,3	15,5	15,7	10
Feb	165,4	0,65	82,6	88,9	41,2	27,2	36,8	13
Mar	139,5	0,71	79,3	47,4	0,0	21,2	33,3	9
Total	834,0	0,45	295,3	213,1	134,2	22,7	27,7	40,0

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se establecieron cuatro tratamientos de fertilización con fósforo 0, 30, 60 y 90 kg de P/ha, utilizándose como fuente el ácido fosfórico (85%, δ : 1,7 g/cm³). Todas las parcelas recibieron una fertirrigación con 100 kg de N/ha como SolMix 25-0-0. Se colocó una manguera de goteo por hilera de plantas con orificios a 20 cm. Las parcelas tenían 10 m de largo y constaban de tres hileras de plantas separadas 3 m una de otra. La siembra se realizó el 16/11/17 con un distanciamiento de 1 m entre golpe sobre camas envejecidas, utilizando los rastros como mulching natural y colocando varias semillas del híbrido interespecífico Aconcagua INTA (Cucurbita moschata x C. máxima). La cosecha se realizó el 23/03/18. El resumen mensual de los riegos realizados se presenta en la Tabla 1. Se calculó la EUA obtenida como el cociente entre rendimiento total en kg ha⁻¹ dividido la lámina de riego más la precipitación efectiva, expresada en kg mm⁻¹.

A principios de febrero se muestrearon hojas, seleccionando la primera bien desarrollada, separando pecíolos y láminas donde se evaluó el contenido de K (fotometría de llama), Ca y Mg (complexometría), y P (colorimetría). El N se determinó sobre la muestra seca y molida con el método Kjeldahl. En los frutos se determinó el porcentaje de materia seca o sólidos totales.

Resultados

El rendimiento total fue afectado significativamente por los tratamientos con P (Figura 1) ajustándose un modelo cuadrático obteniéndose el máximo rendimiento con la dosis de 71 kg P ha⁻¹

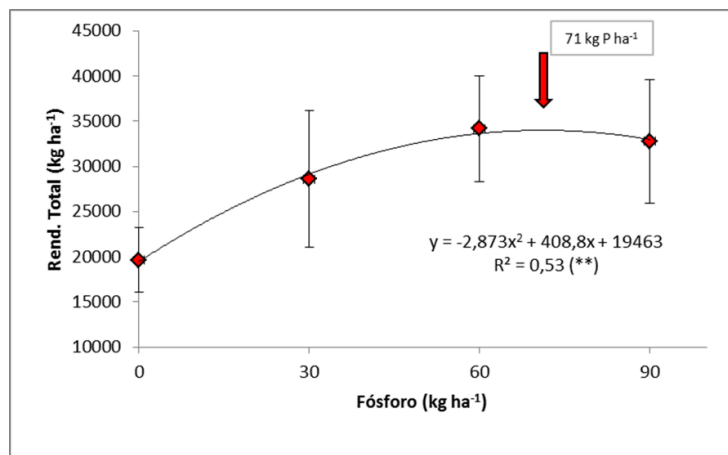


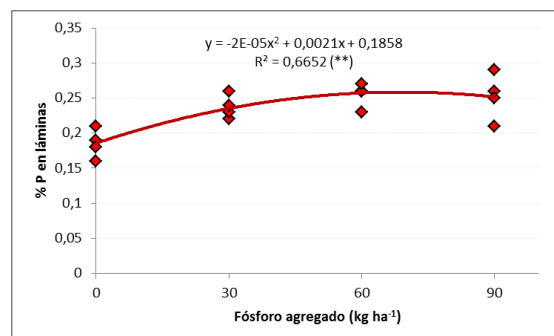
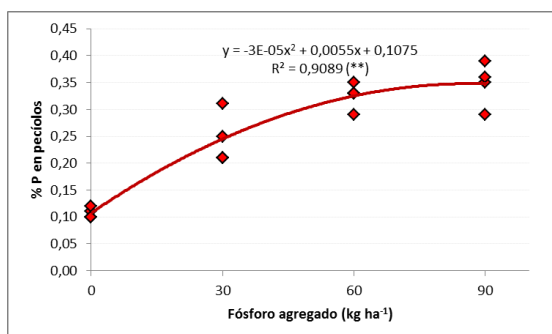
Figura 1. Efecto de las dosis de fósforo sobre el rendimiento total de zapallo Aconcagua INTA, expresado en kg ha⁻¹

Tabla 2. Efecto de los tratamientos con P sobre el número y peso de frutos verdes (Nv y Pv) unidades y kg/ha, número de frutos totales/ha (NTha), peso promedio de frutos (PPF, kg), peso promedio de frutos comerciales (PPFC, kg), peso promedio de frutos verdes (PPFV) y eficiencia del uso del agua en kg/mm (EUA)

Trat	Nv	Ptv	NTha	PPF	PPFC	PPFV	EUA
0	10583	11451	15750	1,25	1,63	1,08	56,58
30	16333	16258	25166	1,13	1,38	0,99	82,38
60	14416	18972	23250	1,48	1,71	1,34	98,43
90	14833	18245	23833	1,37	1,62	1,23	94,48
DMS	4261	5202	5631	0,36	0,48	0,34	25,5
%CV	13,75	14,52	11,59	12,63	13,86	13,36	13,92
sign	*	**	**	ns	ns	*	**

En las Figuras 2 y 3 se puede observar que el % de P aumentó en forma significativa con el aumento de la dosis de fertilizante, tanto en las láminas de hoja como en pecíolo. Sin embargo, el R² obtenido en el pecíolo es mucho mayor que en lámina, lo que demuestra que el pecíolo es un órgano más sensible a las diferencias y por lo tanto más adecuado para el diagnóstico tisular para este elemento, corroborando lo observado en ensayos realizados años anteriores (Lipinski et al, 2023).

En Tabla 3 se presentan los resultados de los análisis tisulares de pecíolo.



Figuras 2 y 3. Concentración de P en pecíolos y en láminas de hojas afectadas por los tratamientos de fósforo.

Tabla 3, Efecto de los tratamientos de P sobre el porcentaje de materia seca (MS), porcentaje de cenizas (Cen), y los porcentajes de nitrógeno total (%N), fósforo (%P), potasio (%K), calcio (%Ca) y magnesio (%Mg) en pecíolos de las hojas de zapallo.

kg P ha ⁻¹	%MS	Cen	%N	%P	%K	%Ca	%Mg
0	8,05	22,21	0,95	0,11	9,2	2,22	0,52
30	7,65	20,03	1,08	0,25	9,25	1,80	0,39
60	7,95	20,85	1,08	0,33	9,25	2,37	0,39
90	7,94	20,76	1,02	0,35	8,8	2,72	0,48
DMS	1,35	5,06	0,24	0,08	1,63	0,82	0,24
Sign	ns	ns	ns	**	ns	*	ns
%CV	7,77	10,94	10,46	13,78	8,11	16,32	24,45

Conclusiones

La fertilización con P maximiza el rendimiento en el zapallo, hasta una dosis de 71 kg ha⁻¹. La aplicación de P incrementó los niveles de P en hojas y pecíolos siendo estos últimos más sensibles, como indican los coeficientes de regresión (R^2) obtenidos en uno y otro caso. Por lo tanto, es preferible utilizar los pecíolos para diagnosticar el estado de fertilidad del cultivo. Estos resultados demuestran que el análisis de pecíolos de hojas sería una herramienta de diagnóstico válida para el ajuste de la fertilización fosfatada en esta especie. La EUA más alta se alcanzó con 60 kg de P ha⁻¹. No se observó diferencias en los porcentajes de MS debido a los tratamientos.

Bibliografía

Buwalda J,G, & R,E, Freeman. 1986. Hybrid squash: Responses to nitrogen, potassium, and phosphorus fertilisers on a soil of moderate fertility, New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 14:3, 339-345

Lipinski, V,M, y P, Della Gaspera. 2004. Respuesta de zapallo Frontera INTA a la fertilización nitrogenada y a distintas fuentes fosfatadas, XXVII Congreso Argentino de Horticultura, VI Reunión Científica de la Cebolla del Mercosur, Merlo, San Luis, 21 al 24 setiembre 2004, Resúmenes.

Lipinski, V,M, y P, Della Gaspera. 2006. Respuesta de zapallo Frontera INTA a la fertilización nitrogenada y fosfatada (3° año), XXIX Congreso Argentino de Horticultura, Catamarca, 21 al 25 de septiembre 2006, Resúmenes.

Lipinski, V.M.; Lavanderos D.; Estrella M.G., Cónsoli D, Venier M, Micheletti A, Valdes A, Vignoni A.P.1, Martínez A., Aliquó G. (20023) Manejo del riego presurizado en ajo morado INTA. CONAGUA 2023; Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-978-47387-3-8

EJE 01

Experiencias productivas

USO DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MENDOZA Y SU IMPACTO EN EL TRAMO INFERIOR DEL RÍO

García Cardoni, Mario Oscar¹, Hiramatsu, Teresa¹⁻²

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo).

mariogcardoni@gmail.com

El río Mendoza, en el final de la cuenca, está -en la mayoría de los años- seco. La zona del noreste de la Provincia de Mendoza, pasó de tener lagunas y sembradíos a ser una vasta zona semidesértica, por la construcción de los diques Cipolletti en Mendoza y Ullum, Caracoles y Punta Negra en San Juan (ya que las Lagunas de Guanacache que ya no existen más, se alimentaban de los ríos San Juan y Mendoza). A ello se suma, en los últimos tiempos, el Dique Potrerillos. Las actividades de subsistencia de sus pobladores desde hace unas décadas, son la cría de ganado caprino y vacuno en algunos casos, la producción de artesanías y la explotación del junquillo. Actualmente la falta de agua y de pasturas dificulta cada vez más su subsistencia.

En este lugar encontramos “hidroarsenicismo crónico, regional endémico” (HACRE) (Bocanegra, 2002). Una enfermedad que produce manifestaciones dermatológicas y viscerales, por la cantidad de Arsénico (As) que tiene el agua, tanto la subterránea como la superficial (ver cuadro 1).

Cuadro N° 1: Contenido de Arsénico (mg.l⁻¹) en muestras de agua

Origen	Profundidad pozo	mg.l ⁻¹ arsénico
Asunción	300 m	0,110
Puesto “El Águila”	27 m	0,059
Puesto “Cola Mora”	12-13 m	0,068
Maipú	Red potable	0,006

Fuente: Laboratorio de Análisis Instrumental (LAI) perteneciente a la Dirección de Estudios Técnicos e Investigación (DETI) de la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo.

La OMS define que el contenido de As no debe ser superior a 0,01mg.l⁻¹. El As es un metaloide naturalmente presente en el aire, el suelo y el agua. Ello se debe a su presencia en el basamento volcánico de la Cordillera de Los Andes y se concentra en algunas áreas. También se ha comprobado que existe en las napas subterráneas de la zona. Su presencia en el agua y en los alimentos para consumo humano, aún en pequeñas cantidades y a través de los años, debido a su poder acumulativo, es capaz de producir, en el hombre, serias lesiones en diversos órganos, entre ellos, la piel y las mucosas.

Los datos de las muestras de agua subterránea del Cuadro N°1, exceden los cánones internacionales permitidos (hasta los pozos de agua de las escuelas) como agua de bebida. Por esto se promueve la necesidad de que esa zona sea declarada con hidroarsenicismo crónico. Esto podría generar políticas para tratar esta situación y proteger a sus pobladores. Hay un proyecto de

ley que ha sido presentado por la Senadora Nahman, tiene media sanción y está a la espera de su definitiva aprobación en la legislatura Provincial.

Para paliar el problema del As el Municipio comenzó a repartir filtros (unos pocos por Comunidad) para hacer una prueba. Uno de los problemas es que no hay un lugar seguro para depositar el As acumulado. Luego de unos meses de uso comprobaron que el filtro se colmata y es demasiado costoso reponerlo.

Por la falta de agua en el río Mendoza, los pobladores contaban sólo con agua de pozo. El gobierno ha intentado paliar la falta de agua de consumo humano con una cañería instalada desde un pozo de Gustavo André que llega hasta cerca del Encón y se abre para San José y Lagunas por un lado y hacia San Miguel, Lagunitas, Forzudo por otro. Al principio costó mucho que llegara hasta Lagunas, tuvieron que poner dos estaciones de bombeo. En Los Lechuzos se hace como una "Y" y en Pata de Vaca (se hace bombeo con energía solar). En algunos tramos se pusieron cañerías de 110 mm y 75 mm y no se puede transportar mucha cantidad.

Pero el caudal no es suficiente y la provisión se corta en muchas ocasiones durante semanas. Sin embargo, sólo los pobladores que tienen sus puestos cerca de la cañería cuentan con este beneficio. Hay una gran parte de la población que sigue tomando agua de los pozos balde, que son pozos de alrededor de diez metros de profundidad, sostenidos por palos, desde donde sacan agua subterránea con ayuda de animales, con un sistema de roldanas.

El agua que tienen en la Comunidad de Villegas, en San José, proviene de un acueducto. Pero hay un paraje que se llama "Las Cuentas", son unas 75 personas, donde el INTA y la Municipalidad están tratando de llevar el acueducto. Para llegar a ese lugar sólo se puede ir en vehículo "cuatro por cuatro". Están tratando de poner un acueducto de 10 km pero no consiguen los fondos necesarios. Ellos tienen agua de pozo balde, que contiene As y contaminación microbiológica. No pueden hervir el agua porque se concentra más la sal. También tienen agua de jagüel, cuando llueve.

Toda el agua que consumen, en el lugar, tiene As. En algunos puestos se reparte con un camión cisterna de la Municipalidad. Tienen que comprar y a veces tienen que esperar 15 ó 30 días hasta que se lo lleven. Son 200 litros por familia.

El pozo de San Pedro y de Gustavo André desde donde se conduce el acueducto también tiene As, aunque en menor cantidad. El acueducto se distribuye en gran parte de las comunidades, pero no todos los puestos tienen acceso al acueducto. Por ejemplo, Laura Guardia a quien entrevistamos, en el puesto en el que está ahora, tiene que llevar el agua en tachos de 50 litros desde Asunción, a 18 km de distancia. Usan solo para beber. Para el mate y para cocinar usan agua de pozo balde.

Con el acueducto instalaron medidores. No se debe consumir más de 700-800 litros diarios porque los multan. Pagan \$520 por mes (2021) siempre y cuando no se pasen de ese límite. Por eso todos tienen pozo balde para lavado, a veces para cocinar ya que el agua del acueducto se usa para algunas cosas. Y les pusieron medidores a todos. "Está bien pagar, pero estamos pagando por agua que saben que hace mal a la salud". Fue un gran avance el acueducto, pero lamentablemente tiene un porcentaje de As superior al indicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Se busca que aseguren el caudal ecológico que corresponde a la zona, del Río Mendoza, lo que paliaría en alguna medida todos estos problemas.

Bibliografía

Bocanegra, O.C., Bocanegra, E.M., Álvarez, A. (2002) Arsénico en aguas subterráneas: su impacto en la salud. UNCuyo.

García Cardoni, M. et al. (2022) Un acercamiento a las condiciones socioambientales, a la salud oral y general de los pobladores de áreas no irrigadas de Lavalle (Mendoza). En: Jofré, I.C. (ed) Cartografía de conflictos en territorios indígenas del Cuyum (Región de Cuyo, Argentina). San Juan, UNSJ.

CONTAMINANTES EMERGENTES. DETECCIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN CUENCAS HÍDRICAS. CASO DE ESTUDIO MATANZA - RIACHUELO.

Navarro Gustavo¹

¹Facultad de Ciencias Exactas – Universidad Nacional de La Plata (UNLP), ¹Instituto Nacional del Agua (INA)

gnavarro@ina.gob.ar

Introducción

La producción y el uso de los polímeros plásticos han presentado un crecimiento exponencial durante las últimas décadas. Este incremento se debe, fundamentalmente, a su capacidad para ser moldeado, así como también a su bajo costo, alcanzando una producción anual de 367 millones de toneladas en el año 2020 (Plastic Europe, 2020). El alza en su producción ha creado problemas no conocidos previamente.

El aumento de la producción ha conducido a la generación de una enorme cantidad de residuos plásticos que en parte ingresan a los ríos, mares y océanos. Se estima que entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de residuos plásticos terminan cada año en mares y océanos, y su acumulación podría alcanzar los 270 mil millones de toneladas (Jambeck, y otros, 2015).

Una de las principales causas de los problemas generados por estos materiales es su degradación. Los plásticos al ser expuestos a la radiación solar, la abrasión y el tiempo se degradan en fragmentos cada vez más pequeños denominados microplásticos (tamaños de partículas menores a 5 mm) (Crawford & Quinn, 2016).

Los microplásticos son considerados como contaminantes emergentes, ya que, si bien su presencia en el medioambiente no es nueva, su detección creciente en componentes ambientales (agua, sedimento, atmósfera y biota) y los riesgos que implican su disposición inadecuada así lo establecen. Esta situación da origen al problema técnico de su determinación analítica y cuantificación para poder estimar este riesgo.

Objetivo

Estudiar la presencia y composición de microplásticos en muestras de agua superficial provenientes de la Cuenca Matanza-Riachuelo (Figura 1).

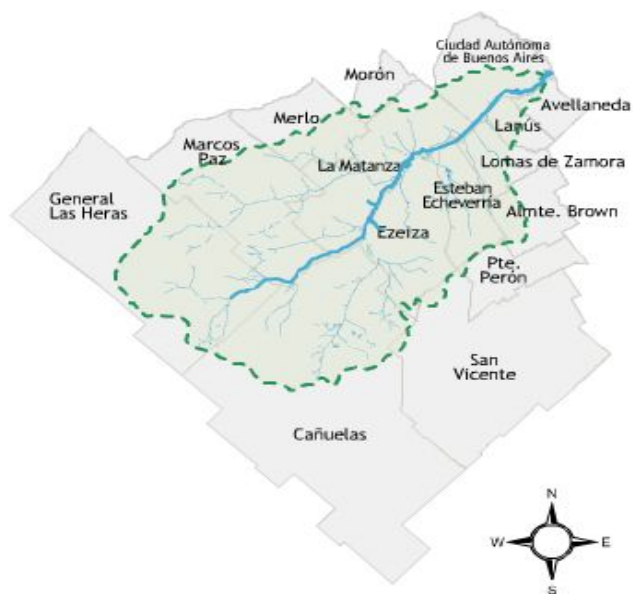


Figura SEQ Figura_nº * ARABIC 1:Ubicación geográfica de la Cuenca Matanza-Riachuelo.

Materiales y métodos

Se tomaron muestras de agua superficial en un sitio (Figura 2) ubicado sobre el curso principal. El cual fue elegido considerando criterios de influencia de mareas y factibilidad de acceso. En esta etapa del estudio se optó por muestrear solo este sitio.

Se siguió un protocolo estandarizado de análisis, utilizando para la colecta de las muestras envases de vidrio color ámbar, evitando el uso de envases plásticos. Las muestras fueron refrigeradas y transportadas al laboratorio. Se realizaron diferentes tratamientos según el contenido de materia orgánica: tamizado, tratamientos digestivos empleando soluciones de KOH 10 % o agua oxigenada y posterior filtrado empleando un embudo Büchner y papel de filtro de celulosa de 47 µm.

En las muestras filtradas se buscó con microscopio óptico la presencia de microplásticos. Posteriormente, se realizó una selección de diferentes ítems con el objetivo de determinar la composición química a través de técnicas espectroscópicas. Las técnicas fueron espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) y espectroscopía micro-Raman dependiendo del tamaño de los microplásticos..

El tamaño de las partículas determinó el método analítico. Para aquellas partículas mayores a 1 mm se empleó un accesorio de Reflectancia Total Atenuada acoplado al espectrómetro FTIR (ATR-FTIR, ThermoNicolet 6700, cristal de diamante). Para partículas de menor tamaño se utilizó un microespectrómetro Raman confocal (HoribaJobin T6400) que posee una resolución espacial de aproximadamente un micrón.



Figura 2: Sitio de monitoreo 1, Río Matanza, altura puente Autopista Gral. Ricchieri, límite entre Ezeiza y E. Echeverría. (Coordenadas: 34.747654 S, 58.521887 O).

Resultados preliminares

Los resultados preliminares corresponden al primer sitio de estudio. Se replicará en otros puntos, pero actualmente las actividades se encuentran suspendidas por razones técnico-administrativas. En las muestras analizadas se observaron principalmente fibras de origen antrópico. Actualmente se está trabajando en el análisis de la composición de las mismas.

Conclusión

En función de los resultados obtenidos y para la etapa del proyecto se concluye que hay presencia de fibras de origen antrópico en el sitio seleccionado con evidencia suficiente para continuar el estudio y realizar mediciones en la Cuenca Matanza Riachuelo.

Con los estudios (Schicchi, 2021) y artículos encontrados (Tamashiro, 2023), el avance de los ensayos realizados y la puesta a punto de la técnica se concluye que es conveniente un estudio exhaustivo de los microplásticos en la cuenca Matanza Riachuelo y sus subcuencas y así poder confirmar su presencia y sitios críticos.

Bibliografía

Crawford, C. B., & Quinn, B. (2016). Microplastic Pollutants. Science.

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., y otros. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. Science.

Plastic Europe. (2020). Plastics – the Facts 2020. Plastics Europe , 11-17.

Schicchi, A. (2021). Transporte de microplásticos en el Río de la Plata a partir de simulaciones numéricas. Buenos Aires: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES.

Tamashiro, S. (2023). Sobre la tierra. <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/>: <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/microplasticos-sin-limites/>

CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DE RIEGO SUPERFICIAL EN LA ZONA DE LA HIJUELA ESTEBAN, EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA

Martín Tomás¹, Indiveri María Elisa¹, Ferrer Julieta¹

¹Departamento General de Irrigación (DGI)

tomas.martin@irrigacion.gov.ar

Durante la temporada 2022-2023 se realizaron obras para la modernización del sistema de riego de la hijuela Esteban, un canal de riego que atraviesa los distritos de El Borbollón, El Pastal (departamento de Las Heras) y Jocolí Viejo (departamento de Lavalle) en el oasis norte de la provincia de Mendoza. Dicha modernización consistió en obras de impermeabilización de 12 km del canal matriz, la instalación de compuertas y derivadores y la construcción de un reservorio de 250.000 m³ de capacidad. Este conjunto de obras permitiría a la autoridad de administración del canal una mayor flexibilidad para la entrega de los turnos de agua a 171 usuarios y más de 1.700 ha de regadío. Esto implica una oportunidad para ajustar la oferta de agua a la demanda real de los cultivos, dejando atrás el sistema tradicional de turnados de frecuencia y caudal fijos. De esta forma se logra una entrega del recurso hídrico más adecuada, aumentando la eficiencia global del sistema y su resiliencia ante el escenario provincial de cambio climático y escasez hídrica. Pero esto también significa la necesidad de que los regantes mejoren su capacidad de adaptación frente a situaciones variables de riego, mejorando las tecnologías aplicadas en la toma de decisiones respecto de la necesidad (demanda actual) y la oportunidad (frecuencia y tiempo de aplicación).

Para ello se realizaron evaluaciones de eficiencia de riego superficial interparcelaria en 11 fincas de la zona beneficiada para caracterizar los sistemas de riego gravitacionales (riego por surcos o melgas) que predominan en la región (76,1% en Las Heras y 93,7% en Lavalle, CNA 2018) por sobre los sistemas localizados (riego por goteo, por aspersión, etc.). Se midieron las principales variables cuantitativas y cualitativas relacionadas al evento de riego a través de mediciones directas a campo, con la metodología establecida por el DGI y aplicadas ampliamente en la provincia (Morábito et al, 2003; Schilardi et al, 2010; Tozzi et al, 2012; Ferrer et al, 2017, Martín et al, 2019). Así mismo se realizaron modelaciones de los eventos de riego para la elaboración de escenarios de optimización y recomendaciones generales de riego a través del programa WinSRFR (USDA, 2019). Cada evaluación se acompañó con una encuesta y una entrevista informal al productor o regante. Finalmente, se realizó una devolución de los resultados de la evaluación con una formulación de recomendaciones para mejorar la eficiencia de uso del recurso.

Los objetivos que se plantearon fueron los siguientes:

- Caracterizar las prácticas de riego de los productores de la Inspección Hijuela Esteban y parametrizar las principales variables de operación.
- Detectar las falencias y problemáticas en el manejo del agua que causan las mayores ineficiencias en la aplicación del agua dentro de las parcelas.
- Capacitar a los productores en la relación agua-suelo-planta-atmósfera para la toma de decisiones respecto del riego.

Los indicadores de eficiencia para las 11 evaluaciones realizadas se presenta en la **Tabla 1**.

Tabla 1 - Indicadores medios de eficiencia parcelaria de riego

Eficiencia de aplicación (EAP)	Eficiencia de almacenaje (EAL)	Uniformidad de distribución (UD)	Adecuación (ADlq)	EAP razonable (EAPr)
59,4%	100,0%	78,3%	1,74	80,7%

Esto nos indica que más del 40% del agua destinada al riego percola por debajo de la profundidad aprovechable por las raíces (ya que se trata en todos los casos de riegos sin escurrimiento al pie). Además, una uniformidad de distribución (UD) por debajo de 85% indica la ineficacia de la distribución del agua por desuniformidades en la aplicación en distintos puntos del cuadro. La adecuación (ADlq) nos indica que en promedio se agrega al suelo 1,74 veces la lámina requerida en el sector más desfavorecido de la unidad de riego. La eficiencia de aplicación razonable (EAPr), obtenida mediante la optimización de los modelos de cada evento de riego evaluado, nos indica que existen más de 20 puntos porcentuales de diferencia con la EAP, lo que representa el margen de mejora de la eficiencia de riego solo ajustando las variables más simples del manejo que no requieren una importante inversión por parte del productor (tiempo de riego, cantidad de surcos regados en simultáneo, retoque de niveles, entre otras).

Como parámetros medios de interés podemos resaltar que el caudal de manejo fue de 81 l/s, la unidad de riego ("tapada") fue de 0,61 ha, el tiempo de riego fue de 150 minutos y el largo de los surcos de 107,9 m. Los suelos son predominantemente francos a franco-arenosos, aunque se encuentran muchas discontinuidades texturales de capas franco-limosas.

Además, se comprobó que en más del 70% de los casos las tareas de riego eran realizadas por el propietario o el contratista. En el resto de los casos el personal de riego ocupaba una relación laboral de dependencia (encargado u operario). En más del 80% de los casos se comprobó que la dedicación a las tareas de riego resultaba insuficiente (regular a mala), con lo que se constató que uno de los principales problemas es la falta de personal especialmente dedicado a la tarea del riego y a su supervisión constante (necesaria para corregir caudales unitarios, definir un corte oportuno y asegurar cierto nivel de uniformidad).

Otro de los aspectos relevados fue la existencia del potencial salino de la zona, con un elevado promedio de CEes (conductividad eléctrica) de 2,96 dS/m, que en algunos casos superaba el límite de tolerancia de los cultivos, con la consecuente pérdida de productividad. Esto se debía principalmente a que en la zona existe un riesgo freático, por encontrarse el nivel de napas muy cercano a la superficie (en un caso se midió a los 70 cm), que produce un efecto de revenimiento y concentración de las sales aportadas por el agua de riego (de 1,05 dS/m de CE media), lo que se agrava cuando los riegos resultan excesivos, cuando no existe una planificación del drenaje parcelario y cuando el mantenimiento de los desagües zonales es escaso. Esta situación y su impacto productivo no era adecuadamente dimensionada por la mayoría de los productores.

La recepción de las recomendaciones resultó mayoritariamente positiva y en un 45% de los casos se mostraron interesados en llevar adelante las propuestas realizadas. Las principales recomendaciones fueron: disminución del tiempo de riego (72,7%), retoque de niveles (36,4%) y cambio del tamaño de la tapada (18,2%).

La tarea de capacitación de personal en materia de riego y el seguimiento a productores que realizan mejoras para eficientizar su sistema de riego resultan relevantes al entender que la difusión de prácticas dentro del sector agrícola más tradicional funciona a través de la observación directa de experiencias y la práctica concreta.

EVALUACIÓN DEL RIEGO EN EMPRENDIMIENTO RURAL INTEGRADOR JANUS, RIO NEGRO

Mañueco, Lucia¹; Guiñazú, Maira¹; Ambort, Cecilia²; Aragón, Jorge²; Sheridan, Miguel¹; Storti, Cesar³

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ²Proyecto Rural Integrador Janus ³Departamento Provincial de Aguas

manueco.lucia@inta.gob.ar

El proyecto rural integrador “Janus” está ubicado a la vera del río Neuquén en Contralmirante Cordero, provincia de Río Negro. Está inserto en el Sistema Integral de Riego del Alto Valle (SIRAV), la obra de riego y drenaje comunitaria más importantes del Alto Valle de Río Negro y Neuquén (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del Sistema Integral de Riego del Alto Valle y detalle del predio.

Las prácticas de riego y drenaje son centrales en el desarrollo de las áreas productivas en ambientes áridos. El incremento de la eficiencia del riego, además de racionalizar el uso de los recursos hídricos y evitar la degradación de los ambientes productivos, contribuye al aumento del rendimiento de los cultivos y mejora de la calidad. Para los sistemas de producción agroecológica de alimentos en condiciones de regadío deben considerarse, además del uso consuntivo de los policultivos en su ordenamiento espacial y temporal, el aporte del riego, los cauces y la contribución freática por ascenso capilar. Esto contribuye al sostenimiento de componentes auxiliares para la implementación integral y progresiva de los principios agroecológicos que se ponen en juego a escala predial: diversidad, regeneración y cuidado del suelo, reciclaje, sinergias y bienestar animal (Dirección Nacional de Agroecología, 2023). Entre los usos auxiliares del agua de riego que aportan a la salud del agroecosistema, se destacan las cortinas forestales, los corredores biológicos, las reservas de vegetación espontánea y el sombreado de áreas de pastoreo. También se ponen en juego, a escala de paisaje y distrito de riego, estos factores que benefician a la salud ambiental y la capacidad de sumidero de carbono.

El trabajo articulado entre técnicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Departamento Provincial de Aguas (DPA), consorcio de riego local y propietarios y administradores de Janus, derivó en una evaluación del desempeño predial del riego. También se evaluó la evolución del nivel freático a lo largo del año mediante el monitoreo con freatímetro. La identificación de problemas en el riego y el drenaje como factores limitantes para el desarrollo productivo de los frutales y la sustentabilidad del sistema, resultó fundamental para el abordaje integral de la situación. Las evaluaciones prediales de desempeño de riego se realizaron adaptando la metodología de Morabito y Schilardi (2013) a las condiciones locales y permitieron la caracterización de la práctica y la identificación de mejoras operativas y estructurales. En el caso de Janus, se evaluaron diferentes aspectos como el momento más oportuno de dar un riego, las necesidades de agua de los cultivos considerados, la disponibilidad de agua para el riego y su calidad, la capacidad de la zona radicular para almacenar el agua y la posibilidad de drenar los excedentes.

En la evaluación se encontraron parámetros del sistema difíciles de modificar como la longitud de las melgas y las características de suelo y otros posibles de mejorar como el caudal de manejo, la nivelación del terreno y el tiempo de aplicación o corte de agua. La eficiencia de aplicación (EAP) fue del 5%, clasificando como mala la práctica de riego. Este indicador resultó bajo porque la humedad del suelo antes del riego a (0,60 y 0,90 m de profundidad) fue próxima a capacidad de campo por el aporte capilar de la freática superficial a la zona radicular.

Los resultados del seguimiento del nivel freático y del desempeño del riego fueron discutidos logrando un consenso respecto a los siguientes puntos:

- Lamina de bruta y aporte capilar: de acuerdo con la baja EAP y el elevado contenido de humedad del suelo, se debería aplicar una lámina adecuada (tiempo de riego bajo y con caudal alto) y ajustar las frecuencias de los riegos (Mañueco et al, 2021).
- Estructuras de aforo y obras de arte: se sugirió la adecuación de estructuras para la medición del caudal de ingreso a la chacra y la construcción de obras de arte para mejorar la distribución del agua de riego.
- Dominio y nivelación: se debería mejorar la capacidad de conducción de la acequia y su dominio (elevación de revanchas) y corregir los niveles del terreno.
- Drenaje: el área de estudio está clasificada como crítica permanente desde el punto de vista del drenaje, con niveles freáticos entre 0,50 y 1 m de profundidad durante todo el año (Rossi, 2013). Se recomienda avanzar en la mejora del drenaje predial, ya que se identificó que la red existente no está operativa.

En relación con las modificaciones sugeridas y el vínculo creado con Janus, se ha avanzado en la concreción de algunas mejoras en la distribución de agua de riego como la incorporación de compuertas. Además, se han retomado las acciones de mejora en el drenaje, esperando que se avance con la obra principal antes del inicio de la temporada de riego.

Bibliografía

Dirección Nacional De Agroecología. (2023). Marco conceptual de la Agroecología. [en línea] <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/agroecologia/Publicaciones/>

Mañueco, M.L.; Rodríguez, A.; Montenegro, A.; Galeazzi, J.; Del Brio, D.; Curetti, M.; Muñoz, A.; Raffo, M.D. (2021). Quantification of capillary water input to the root zone from shallow water table and determination of the associated Bartlett pear water status. En: XIII International Pear Symposium. Montevideo, Uruguay, 4 – 7 diciembre 2018.

Morabito, J.; Schilardi, C. (2013). Evaluación del desempeño en riegos por superficie. Apuntes de curso de posgrado de Maestría de Riego y Drenaje. UNCu-FCA,. Mendoza, Septiembre2013. 58 p.

Rossi, P. (2013). Agua subterránea en el Alto Valle de la Provincia de Río Negro. DPA, Provincia de Río Negro. 37 p [en línea]. <https://dpa.rionegro.gov.ar/?contID=30234>.

EXPERIENCIAS DE NIVELACIÓN DE TIERRAS PARA RIEGO EN UN PROYECTO MINIFUNDIO-PROFEDER

Frías, Carolina¹⁻²; Angella, Gabriel¹⁻²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero; ²Facultad de Agronomía y Agroindustrias-Universidad Nacional de Santiago del Estero (FAyA-UNSE)

frías.carolina@inta.gob.ar

Resumen Extendido

La localidad de Colonia el Simbolar, que se ubica en el Departamento Robles, provincia de Santiago del Estero, fue gestada como un área piloto de riego del "Proyecto Río Dulce" (PRD), con una superficie total de 11.000 hectáreas (ha) distribuidas en 380 parcelas de alrededor de 25 ha cada una. El riego empleado en la zona es el riego por superficie, provisto por el canal Secundario el Simbolar. En la década de 1970 llegaron los primeros colonos provenientes de diversas localidades del resto del área de riego, a quienes se les asignaba una parcela con derecho a riego permanente y una vivienda ubicada en una zona central, urbanizada. De esta manera comenzó el desarrollo de estas nuevas tierras habilitadas a agricultura irrigada, destacándose, a nivel nacional, por las producciones frutihortícolas, a la que luego se sumó la incorporación del algodón y, mucho más recientemente, la alfalfa.

En la década de 1990 comenzaron a evidenciarse procesos de salinización secundaria, cuyo principal origen fue el riego en lotes desparejos, donde las láminas aplicadas eran heterogéneas, debido a la misma heterogeneidad del relieve. La desuniformidad del riego causaba también el lavado desuniforme de las sales. Este proceso, reiterado en el tiempo, fue generando acumulación salina en los horizontes superficiales. Otro proceso que con el tiempo se fue dando, fue el ascenso de la capa freática por la aplicación de excesivas láminas de riego, encontrándose en algunos campos el frente de ascenso capilar a un metro de profundidad.

Desde INTA, en el marco del Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural Sustentable (ProFeDer), implementó en esta zona el Proyecto de Productores Familiares (PROFAM) "Intensificación de las actividades agropecuarias del Dpto. Robles, área de riego del río Dulce, Santiago del Estero", con énfasis en la problemática de la salinización de los suelos. A pesar de las recomendaciones técnicas sobre la necesidad de nivelación de los lotes, los productores no aceptaron esta propuesta, razón por la cual se decidió trabajar en la implementación del riego por curvas de nivel, como etapa previa a la nivelación y con el objetivo de mejorar el manejo del riego y la salinidad.



Figura 1- A la izquierda parcela de zanahoria sin nivelar, a la derecha parcela de zanahoria nivelada.

Los agricultores advertían que, si bien las curvas de nivel mejoraban el manejo del agua en las parcelas, no lograban revertir el avance de la salinización, por efecto del microrelieve entre las curvas. En ese momento, alrededor del 20% de la superficie productiva se encontraba abandonada, en gran parte por problemas de salinidad, lo que también era acompañado de falta de capital para revertir el proceso. Ante la necesidad de abordar con mayor intensidad las mejoras de riego, se generó el proyecto “Contribuir a la sustentabilidad de los sistemas productivos bajo riego de la Colonia El Simbolar mediante el uso eficiente de los recursos naturales,” siendo uno de los objetivos, que los productores adquirieran destreza para identificar problemas de salinidad y determinar las prácticas convenientes para revertirlos. El proyecto se centró en la propuesta de nivelación, como primer paso necesario para alcanzar un riego más eficiente, un mejor lavado de sales, la recuperación de los lotes y lograr producciones más rentables y homogéneas.

Del diagnóstico se partía con la resistencia, por parte de los agricultores, en la implementación de la nivelación como tecnología necesaria para mejorar el riego por superficie. Ellos percibían que las zonas altas eran improductivas, por la acumulación de sales, mientras que las zonas bajas se mantenían productivas y la nivelación implicaba cortar el suelo de las zonas altas (con acumulación de sales) para rellenar las zonas bajas (sin problemas de salinidad), lo que generaba el riesgo de deterioro de los sectores productivos.



Figura 2- A la izquierda, relevamiento altimétrico realizado por productores, a la derecha primera experiencia de nivelación.

Dada la situación, el proyecto se planteó con un fuerte componente de capacitación, que permitiera a los productores interpretar los fenómenos del movimiento del agua y las sales en el suelo, las causas que lo originaron y las tecnologías disponibles para revertir dichos procesos. Se planteó una experiencia piloto de nivelar $\frac{1}{4}$ de ha, donde pudieron ver los cambios favorables con los primeros riegos. Eso permitió avanzar sobre los distintos lotes de los productores participantes, donde la propuesta fue replicar la experiencia en 1 a 2 ha de sus campos. El trabajo, en una primera instancia, se realizó con un nivel óptico y miras provistas por el INTA y los tractores y palas disponibles en la zona. El trabajo como grupo permitió un aprendizaje continuo del uso del nivel y miras, el registro de los datos, la lectura e interpretación de planos acotados de curvas de nivel, planos de movimiento de suelo y el uso del tractor con pala para mover suelo en función del plano proyecto.



Figura 3- a la izquierda, niveleta hecha por el grupo de productores, a la derecha nivelación con pala y equipo laser

La dificultad de conseguir fondos, ya sean propios o externos, para adquirir una niveleta, los llevó a ingeniar y construir una, comprando materiales de descarte y armándola entre todos. Al concluir el proyecto, los productores habían adquirido una niveleta y 7 ha niveladas, distribuidas en 5 parcelas. Los conocimientos adquiridos y resultados positivos que se alcanzaron en los lotes nivelados condujeron a que el gobierno de la provincia entregara una pala niveladora y un equipo de nivelación láser a la Asociación de Productores Agropecuarios de la Zona V (APAZ V). En la actualidad algunos productores medianos también adquirieron este equipamiento. Se estima que actualmente hay niveladas entre 1.000 a 1.200 ha en Colonia el Simbolar, a través de distintas prácticas. Entre las razones de por qué hoy los productores recomiendan nivelar los terrenos, aluden a que el riego es más fácil, rápido y parejo, pasaron de demorar alrededor de 2 a 1:10 hr. ha⁻¹ en los riegos en suelos vacíos, y al recuperaron sectores salinos de los lotes, lograron cultivos más uniformes y mejores rendimientos, en zanahoria pasaron de un promedio de 20.000 a 50.000 Kg. ha⁻¹, en cebolla de 10.000 a 25.000 Kg. ha⁻¹ y en algodón de 2.500 a 4.000 Kg. ha⁻¹.

DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE FACTORES DE ESTRÉS EN VIÑEDOS DE LAS PAREDES, SAN RAFAEL

Lastra Perdigués Facundo

Facultad de Ciencias Agrarias

facundolastra9@gmail.com

La experiencia se llevó a cabo en propiedades del distrito Las Paredes, en San Rafael, en el marco del espacio curricular Pasantías Aplicadas Agronómicas, de la carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, durante los meses de enero a mayo 2024. La empresa consultora agronómica que gerencia las fincas, afrontó los costos de los análisis, y se contó con el seguimiento de profesores de la facultad.

Se realizaron mediciones de parámetros de desempeño del sistema de riego por goteo; muestreos de agua y suelo para análisis de fertilidad y salinidad; y muestreo de raíces y suelo para análisis nematológico. Con la información recabada se logró conocer la realidad de cada finca, detectando la interacción de los posibles factores de estrés en los viñedos. Dichos factores pueden deberse a problemas de riego, fertilidad del suelo, salinidad del suelo, salinidad del agua y plagas como los nemátodos.

Para evaluar el sistema de riego se midieron los caudales erogados (L/h) por los goteros ubicados en la cabecera, medio y pie de las hileras, en la primera manguera, última y dos intermedias de cada cuadro. Se registraron las presiones (kg/cm²) de trabajo de los extremos de las mangueras. Con dichos datos, se calculó el coeficiente de uniformidad de caudales (CU), y se analizó la distribución de los valores de caudal y presión, en el espacio.

Se detectaron fallas de diseño del sistema de riego, mayormente causadas por subestimar las pérdidas de carga. Las recomendaciones para estos casos fueron: subdividir cuadros agregando válvulas, adaptar los tiempos de riego para compensar los caudales bajos, logrando la lámina diaria necesaria, y regular la presión desde la válvula del cuadro para mejorar la uniformidad de riego.

Otra causa de la heterogeneidad del riego fue la falta de mantenimiento del equipo. Se detectaron obturaciones en los goteros, causadas por sedimentos depositados en el interior de las mangueras, debido a que no se realizó la apertura periódica de los extremos de las mismas, y de las válvulas de limpieza de las cañerías terciarias. Otro factor de obturación fueron las algas, para este caso, recomendó emplear alguicidas inicialmente, para actuar sobre los goteros, y posteriormente carpas siberianas (*Ctenopharyngodon idella*) en la represa. Asimismo, se encontraron precipitados salinos, los cuales fueron removidos con ácido fosfórico.

Se analizó la salinidad y la cantidad de iones presentes en el agua de riego. A partir de estos datos, se calculó el requerimiento de lixiviación (RL), indispensable para evitar salinizar el suelo. Con el RL y la evapotranspiración de la vid según su fenología, se calculó el tiempo de riego para las operaciones de riego de cada finca.

Para el análisis de fertilidad, salinidad y nematológico del suelo, se extrajeron muestras compuestas, de 0 a 30 cm de profundidad, al pie de las plantas. Por cada muestra de suelo, se extrajo una muestra de raíces, para el análisis de nemátodos.

A partir del análisis de salinidad del suelo (expresada como conductividad eléctrica, CE, en $\mu\text{S}/\text{cm}$) se calcularon las pérdidas de rendimiento por estrés osmótico, y se evaluó la necesidad de realizar lavados de sales durante el invierno.

También, se diseñó un plan de fertilización adecuado a la capacidad de las plantas (determinada por su crecimiento y productividad en ciclos anteriores), para alcanzar los rendimientos propuestos para el ciclo. A los requerimientos de la planta, se le descontaron los aportes del suelo y se afectó por la eficiencia de fertilización acorde a la textura. El riego por goteo nos permite fertilizar acompañando la curva de absorción de cada nutriente, para así suministrar en el momento en el que la planta lo demanda.

En relación a las plagas y enfermedades, se observaron zonas de los viñedos con síntomas de ataque de nemátodos. Todas las fincas están plantadas a pie franco (susceptible a nemátodos). Para los cuadros 4, 5 y 9 (Tabla 1), se recomendó la incorporación de orujo fresco en agosto. No se optó en dichos casos por coberturas vegetales invernales por interferir con el lavado de suelo, el cual se ponderó como más urgente. Para el cuadro 9, se recomendó el uso de coberturas vegetales de gramíneas invernales, orujo fresco, y un nematicida en primavera (al cual se estima que respondería por ser el único factor de estrés además de la nutrición con fósforo).

Tabla 1: Resumen del estado global de cada cuadro de una finca. Los colores indican la situación respecto a cada parámetro, siendo verde la más optimista, amarilla la intermedia y rojo la más pesimista.

Número de cuadro y variedad	Sistema de Riego	Salinidad del suelo ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Fertilidad	Grado de infestación de nemátodos
4. Cabernet	CU: 82,25%	3150	N: Bajo	Infestación media en suelo y raíces.
	P: nominal		P: Alto	
	Q: heterogéneos. Desobturar con ácido fosfórico		K: Medio	
5. Cabernet	CU: 87,17%	3150	N: Bajo	Infestación media en suelo y raíces.
	P: bajas en la mitad norte, altas en el sur.		P: Alto	
	Q: bajos en la mitad norte, altos en el sur. Colocar otra válvula, independizar cuadros 5 norte y 5 sur.		K: Medio	
8. Malbec	CU: 88,77%	2190	N: Alto	Infestación media en suelo y raíces
	P y Q: nominales al este de la represa, pero bajas al oeste, por pérdidas de carga al rodearla		P: Bajo	
			K: Medio	
9. Malbec	CU: 85,59%	5300 (salinizado por regar sin RL)	N: Alto	Infestación severa en suelo y raíces
	P: bajas		P: Medio	
	Q: bajos Error de diseño, aumentar el tiempo de riego. Desobturar con alguicida		K: Alto	

Referencias: CU (coeficiente de uniformidad de caudales), P (presiones), Q (caudales), N (nitrógeno total), P (fósforo disponible), K (potasio intercambiable)

La experiencia muestra la importancia de abordar los factores de estrés del cultivo en su conjunto, atribuyéndole la importancia relativa a cada uno, y ofreciendo soluciones integrales. Para esto es necesario indagar información de las temporadas anteriores, relevar la situación actual, y en adelante llevar un registro continuo y ordenado.

DE LA PARCELA EXPERIMENTAL A LA PRODUCCIÓN A GRAN ESCALA DEL CULTIVO DE TRIGO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN

Balmaceda Mariana¹, Paez Sandra¹, Yudewitz Gabriel², Carrizo Martin A.², Ruiz Mónica^{1,2}

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ²Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

balmaceda.mariana@inta.gob.ar

Eje: Agua, clima y planificación

El trigo es el tercer cereal más producido en el mundo y el segundo de mayor importancia para la dieta humana (Gutiérrez-Moya et al., 2021), ya que aporta alrededor de una quinta parte de las calorías y proteínas diarias (Shiferaw et al., 2013). El cultivo puede desarrollarse en diferentes altitudes y latitudes, cultivándose en una gran diversidad de climas, en el hemisferio sur se produce entre los 25 y 55° de latitud sur y entre los 35 y 55° de latitud en el hemisferio norte, destacándose con la mayor superficie y producción el hemisferio norte (Abbate et al., 2017). En Argentina es un cultivo que desempeña un rol importante en la economía del país, por su consumo interno y exportación. En la provincia de San Juan la producción del cultivo de trigo no tiene el mismo impacto económico que a nivel nacional, sin embargo entre fines del siglo XVI y principio del XVII la producción de trigo fue la principal fuente de trabajo en dos departamentos de la provincia. Actualmente se está gestando un nuevo plan de trabajo que tiene como objetivo alentar la producción de trigo en la provincia apostando al desarrollo de la cadena productiva junto con los molinos presentes en la provincia (Ministerio de Producción y Desarrollo Económico de la provincia de San Juan [MPyDE], 2023), con esto se espera para los próximos años un aumento de la superficie de siembra de trigo en San Juan.

Sin embargo los costos de inversión en sistemas de riego presurizados son elevados para los productores, por lo que plantear un sistema de riego que permita amortizar el costo de instalación de los sistemas presurizados y que además los rendimientos sean buenos y de calidad sería de gran importancia. Por lo expuesto es que desde la Estación Experimental Agropecuaria San Juan (EEA San Juan) se planteó la implantación de parcelas de tamaño superior a las experimentales realizadas en la estación, lo que permitió tener un balance aproximado de costos reales que justifique con certeza la promoción de la actividad, en caso de obtener balances positivos. En el año 2020 se realizó la primera experiencia de siembra del cultivo de trigo a gran escala con dos parcelas; una con riego por goteo y otra con riego tradicional, donde fue posible evaluar en una superficie de 1 ha el desarrollo, rendimiento y calidad de los granos, además de costos de producción. Se utilizó el genotipo comercial MS INTA 815 que es una variedad relativamente nueva (2016) inscripta por el INTA. Esta variedad se destaca del resto de los cultivares comerciales por su corto ciclo vegetativo-reproductivo, su potencial de rendimiento y su muy buen comportamiento y su resistencia a la roya del tallo y fusariosis de la espiga. Se unificó la densidad a 100 kg/ha de semillas, bajo distintos marcos de siembra (Figura 1). Para evaluar los costos de producción se tuvo en cuenta los gastos generados para la preparación de suelo y fertilizantes para ambas parcelas, además para la parcela de riego por goteo se adicionó los gastos en insumos e instalación. Los resultados evidenciaron que las condiciones climáticas de la provincia permitieron un buen desarrollo del cultivo, ocurriendo el estadio de espigazón el 15 de octubre y la madurez fisiológica el 15 de noviembre en ambas parcelas. En la parcela de riego por goteo se obtuvo un rendimiento de

5200 kg/ha en contraste con la parcela de riego tradicional con rendimientos de 3800 kg/ha. Con este resultado se destaca la importancia del uso de riego por goteo por su eficiencia en el uso del recurso hídrico y su impacto en la producción del cultivo. Los costos de producción para en la parcela de riego por goteo resultaron un 27% más que la parcela de riego tradicional, esto se debe principalmente a los gastos de insumos de riego e instalación de los mismos. En cuanto a la calidad de los granos se obtuvo un peso hectolítrico (PH) de 76. El peso hectolítrico, además de ser un parámetro de calidad del grano, es una medida de la homogeneidad de la partida de trigo, factor clave en el proceso industrial. Teniendo en cuenta los rangos industriales de PH siendo el primero 79.00 kg/hl, el segundo de 76.00 kg/hl y por último el tercero de 73.00 kg/hl. Por lo que los granos obtenidos son de segunda categoría. Otro parámetro de calidad determinado en los granos cosechados es el porcentaje de gluten, esencial para determinar la calidad de panificación de las harinas. La muestra evaluada presentó un 40 % de gluten siendo este un dato muy bueno teniendo en cuenta que para una buena panificación se necesita de 27 a 32% de gluten. Esta experiencia de producción de trigo a gran escala en la provincia es de gran importancia pues deja en evidencia que es posible su producción con excelente calidad panadera. Además es importante destacar que la presencia de dos molinos en la provincia le asegura al productor vender toda su producción.

A



B



Bibliografía

Abbate, P. (2017) Bases ecofisiológicas del manejo del cultivo de trigo en la región pampeana. En libro: Manual del Cultivo de Trigo (pp.33-52) Capítulo: 3. Primera edición.

Gutiérrez-Moya E., Adenso-Díaz B., Lozano S. (2021) Analysis and vulnerability of the international wheat trade network. Food Security 13:113-128.

MPyDE (2023) San Juan evalúa ampliar las hectáreas de cultivo de trigo. <https://sisanjuan.gob.ar/produccion-y-desarrollo-economico/2023-01-24/46752-san-juan-continua-diversificando-su-matriz-productiva-ahora-alientan-la-siembra-de-trigo>

Shiferaw B., Smale M., Braun H.-J., Duveiller E., Reynolds M., Muricho G. (2013) Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. Food Security 5:291-317.

TRANSFORMACIONES DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y SU VÍNCULO CON LA GOBERNANZA DEL AGUA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Filippini María Flavia¹; Cónsoli Daniela¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, Mendoza-Argentina

mfilippini@fca.uncu.edu.ar

La transformación educativa en la gobernanza del agua es un imperativo contemporáneo que exige una visión integral y proactiva. El concepto de gobernanza implica procesos y estructuras mediante los cuales se toman decisiones y se gestionan los recursos hídricos, involucrando a diversos actores público-privados como gobiernos, comunidades, empresas y organizaciones no gubernamentales. En este contexto, la Educación Superior juega un papel crucial, abordando los desafíos que hoy interpela el recurso hídrico, a través de enfoques pedagógicos innovadores y herramientas avanzadas. La Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo) desde hace varios años, trabaja sostenidamente en la integración de conocimientos y prácticas orientadas a la gestión eficiente y sostenible de los recursos utilizados en los sistemas agropecuarios y naturales.

El objetivo de este texto es recorrer la experiencia de la FCA-UNCuyo para enfrentar los desafíos de la Educación Superior y la Gobernanza del Agua. La FCA-UNCuyo cuenta con más de 1600 estudiantes de pregrado y grado, con una amplia oferta académica: Tecnicatura Universitaria en Viticultura y Enología (TUEV), Bromatología (B), Ingeniería Agronómica (IA), Ingeniería en Recursos Naturales Renovables (IRNR) y Licenciatura en Bromatología (LB). Estas carreras están estrechamente relacionadas con la gobernanza del agua. En procesos industriales como los abordados en las TUEV, B o LB, el agua es un componente fundamental, cuya gestión es primordial para la sustentabilidad de los agroecosistemas. Las carreras de grado, como IA e IRNR, abordan temáticas como la hidrología, la calidad del agua, la gestión de cuencas hidrográficas, la eficiencia en el uso del agua, el tratamiento de efluentes, la huella hídrica y el agua virtual, la conservación de cuencas entre otras, así como la adaptación a nuevas tecnologías referidas al manejo y preservación de los recursos hídricos en diferentes escalas.

En este sentido, recientemente se han aprobado por el Consejo Directivo de la FCA los nuevos planes de estudios para las carreras de IA e IRNR, los cuales representan una propuesta audaz, moderna e innovadora en la formación de los futuros profesionales comprometidos con la gobernanza del agua. Estos planes incluyen competencias de egreso que abarcan habilidades técnicas, actitudes emprendedoras y éticas, y ofrecen flexibilidad curricular a fin de personalizar los trayectos formativos de cada estudiante. Se incorporan herramientas modernas y nuevos desafíos, enfocando el eje principal del aprendizaje en la resolución de situaciones problemáticas, desde lo disciplinar e interdisciplinar, con un enfoque significativo en la práctica profesional integradora y el trabajo integrador final. A partir de esta experiencia, se está proyectando generar nuevos planes de estudios para el resto de las carreras de grado (LB) y pregrado (B, TUEV) de esta casa de estudios, ya que la organización del plan se basa además de los conceptos vertidos anteriormente, en la modularización de las asignaturas desde su formato clásico, como se ha hecho con IA o IRNR.

En el ámbito de las carreras de posgrado, la FCA-UNCuyo sola o en red con otras instituciones universitarias, cuenta con más de 160 profesionales activos que participan en una amplia gama de programas que incluyen: Doctorado en Agronomía; Doctorado en Ordenamiento Territorial y

Desarrollo Sostenible; Maestría en Viticultura y Enología; Maestría en Riego y Drenaje; Maestría en Responsabilidad Social; Maestría en Gerenciamiento de Negocios Agroindustriales; Maestría en Extensión y Desarrollo Rural; Maestría en Cultivo e Industrias del Olivo; Diplomatura de Posgrado en Riego; Diplomatura de Posgrado en Extensión y Desarrollo Rural y la Diplomatura de Posgrado en Derecho y Economía Vitícola, el Diplomado de Posgrado en Herramientas para la Implementación de ODS en Organizaciones, entre otros. Estos programas permiten profundizar en temas específicos y transversales en la gestión integral del recurso hídrico, utilizando tecnologías y abordajes de vanguardia. A partir de 2018, las maestrías en Riego y Drenaje y en Viticultura y Enología han evolucionado hacia una orientación netamente profesional, respondiendo a la necesidad de formar profesionales capacitados para enfrentar los desafíos actuales en sus campos. En 2022 ambas maestrías obtuvieron la Categoría A (máximo nivel) en el proceso de acreditación efectuada por la entidad nacional responsable de evaluar la calidad de las carreras CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria). Esta nueva estructura no solo profundiza en el conocimiento teórico y metodológico, sino que también fortalece competencias prácticas y de gestión necesarias para enfoques integradores y transversales de los sistemas agropecuarios, donde el agua cumple un rol preponderante.

Para potenciar la Educación Superior en la Gobernanza del Agua, es esencial abordar una mirada interdisciplinaria y sistémica que integre diversas disciplinas relacionadas con las ciencias ambientales, la ingeniería, las ciencias sociales y el derecho, entre otras. Este enfoque proporciona una comprensión holística de la gestión del agua, combinando aspectos técnicos, científicos, políticos y éticos. La incorporación de simulaciones de gestión del agua y estudios de casos prácticos permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos teóricos a situaciones del mundo real. Estas actividades desarrollan habilidades de toma de decisiones y preparan a los estudiantes para enfrentar desafíos complejos en sus futuras labores profesionales. Establecer programas de prácticas y colaboraciones directas con entidades gubernamentales, ONG y empresas del sector del agua es fundamental para que los futuros graduados obtengan experiencia práctica y contribuyan a la resolución de problemáticas reales. Algunos ejemplos de vinculación con estos actores del medio son la Escuela de Oficios FCA-DGI, que ofrece el "Curso de gestión del recurso hídrico", y la Summer School FCA-UNIPD (Università degli Studi di Padova-Italia) enfocada en la "Conservación de agua y suelos en viñedos: herramientas digitales de análisis"

Por otra parte, la FCA-UNCuyo cuenta con más de 150 docentes investigadores con numerosos proyectos de investigación y publicaciones científicas que reflejan el compromiso de esta Casa de Estudios en la generación de conocimiento relevante y aplicado a la gestión del agua. Además, a través de la vinculación con el sector público privado se observa una fructífera participación en modelos de triple hélice, en procesos de transferencia tecnológica, innovación y emprendedurismo, contribuyendo al desarrollo y cambio de la matriz socio-productiva de la región. Ejemplos de esta vinculación incluyen prácticas profesionales integradoras, pasantías aplicadas y la Escuela de Oficios MASTERAGUA, que fomenta la formación sobre "Instaladores de riego. Introducción al riego por goteo: instalación, operación y mantenimiento" como así también los proyectos de restauración de áreas naturales del Dique Potrerillos junto al Gobierno de Mendoza.

La implementación de proyectos de conservación del agua en el campus y en la comunidad local es esencial para involucrar a los estudiantes en actividades prácticas que promuevan la sensibilización y la acción. Además, organizar eventos, conferencias y seminarios con expertos en gestión del agua proporciona a los estudiantes una visión actualizada de los desafíos y avances en el campo.

A medida que se avanza hacia un futuro donde la gestión del agua será aún más crítica, es esencial mantener un compromiso continuo con la innovación educativa en consonancia con la participación efectiva de los distintos actores y de la sociedad. La educación superior debe seguir siendo un faro en la búsqueda de soluciones sostenibles para la gobernanza del agua. La

adaptación continua a los avances científicos y tecnológicos es fundamental para asegurar que los programas académicos sigan siendo relevantes y efectivos.

En síntesis, la experiencia de la FCA-UNCuyo en la Educación Superior y la Gobernanza del Agua demuestran que es posible desafiar el status quo y avanzar hacia un paradigma dinámico, en continua evolución, con una mirada integradora. A través de un enfoque interdisciplinario y sistémico, la incorporación de herramientas innovadoras, el trabajo en red con otras casas de estudio, la vinculación con entidades externas a la universidad y un fuerte compromiso con la investigación aplicada, se trabaja en la preparación de los futuros profesionales para que sean capaces de adaptarse a los nuevos tiempos, comprometidos con la gestión sostenible de los recursos naturales. Estos esfuerzos benefician no solo a los estudiantes, sino también al claustro docente y contribuyen al desarrollo sostenible de la región y al bienestar de la sociedad en su conjunto. A medida que se continúe enfrentando los desafíos globales también con una mirada local, la Educación Superior seguirá desempeñando un papel indelegable contribuyendo en la búsqueda de soluciones posibles.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE UNA OBRA DE SISTEMATIZACIÓN DE ESCURRIMIENTOS EN LA CIUDAD DE RÍO COLORADO, RÍO NEGRO

Agneni, Araceli ⁽¹⁾; Buccheri, Mauricio. ⁽¹⁾; Castro, Silvana. ⁽²⁾; Comellas, Eduardo⁽¹⁾; Drovandi, Alejandro. ⁽¹⁻²⁾; Humai, Ariel. ⁽³⁾; Mena, Guillermo. ⁽³⁾; Mena, Lucas⁽⁴⁾; Ramírez, Carolina⁽¹⁾; Ruiz Freites, Santiago⁽¹⁾; Salcedo, Ana Paula⁽¹⁾; Soto, Florencia⁽¹⁾; Villalba, Verónica⁽⁴⁾

⁽¹⁾ INA Subgerencia Centro Regional Andino; ⁽²⁾ INA Subgerencia Centro Regional Litoral; ⁽³⁾ INA Sistemas de Información y Alerta Hidrológico; ⁽⁴⁾ Municipio de Río Colorado

araceli.agneni94@gmail.com

El proyecto a analizar en esta presentación forma parte del Plan Federal de Macro Drenaje Urbano (PFMU), desarrollado en el marco del Convenio de Cooperación Técnica para el Desarrollo del Plan Estratégico de Gestión del Instituto Nacional del Agua (INA, 2021). El objetivo del Plan es generar herramientas específicas de asistencia al desarrollo de la planificación urbana en las localidades y aglomerados urbanos del país que requieran intervenciones para mitigar el riesgo de inundación.

En el periodo 1990-2023 la ciudad de Río Colorado, Provincia de Río Negro, se vio afectada por 4 eventos de gran magnitud originados principalmente por intensas precipitaciones, que causaron anegamientos e inundaciones en el área urbana, así como cortes de rutas por acumulación de agua.

Primeramente, se generó un diagnóstico de la problemática actual en la localidad de Río Colorado. Posteriormente, se desarrolló un Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS), a fin de identificar y valorar impactos ambientales y sociales, así como proponer soluciones mitigadoras o correctivas a fin de mejorar las condiciones actuales de drenaje.

Se detectó que los desagües actuales en Río Colorado no responden a una red planificada, sino que fueron desarrollándose de manera errática y desordenada. En particular, la cuenca urbana ubicada al Sur de las vías del Ferrocarril General Roca (FCGR) concentra gran parte de la población de Río Colorado, la que no cuenta con una red de desagües pluviales bien implementada, presentando deficientes escurrimientos que impactan en forma directa sobre la zona urbana.

En la actualidad, la red de desagües pluviales se encuentra materializada por un sistema de canales de tierra, del tipo trapezoidal, que presenta anegamientos y señales de obsolescencia por tramos. Los objetivos del presente estudio han sido: (i) Elaborar el Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS) y el Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) del proyecto, considerando también la readecuación de obras de evacuación principal, de acuerdo con las Leyes y reglamentos que rigen en la Provincia de Río Negro. (ii) Presentar el EIAS ante la autoridad ambiental provincial competente (Secretaría de Ambiente y Cambio Climático de Río Negro) para la obtención de la Resolución Ambiental que permita el inicio de las acciones del proyecto.

En la figura N°1 se presenta un esquema con las trazas a intervenir.

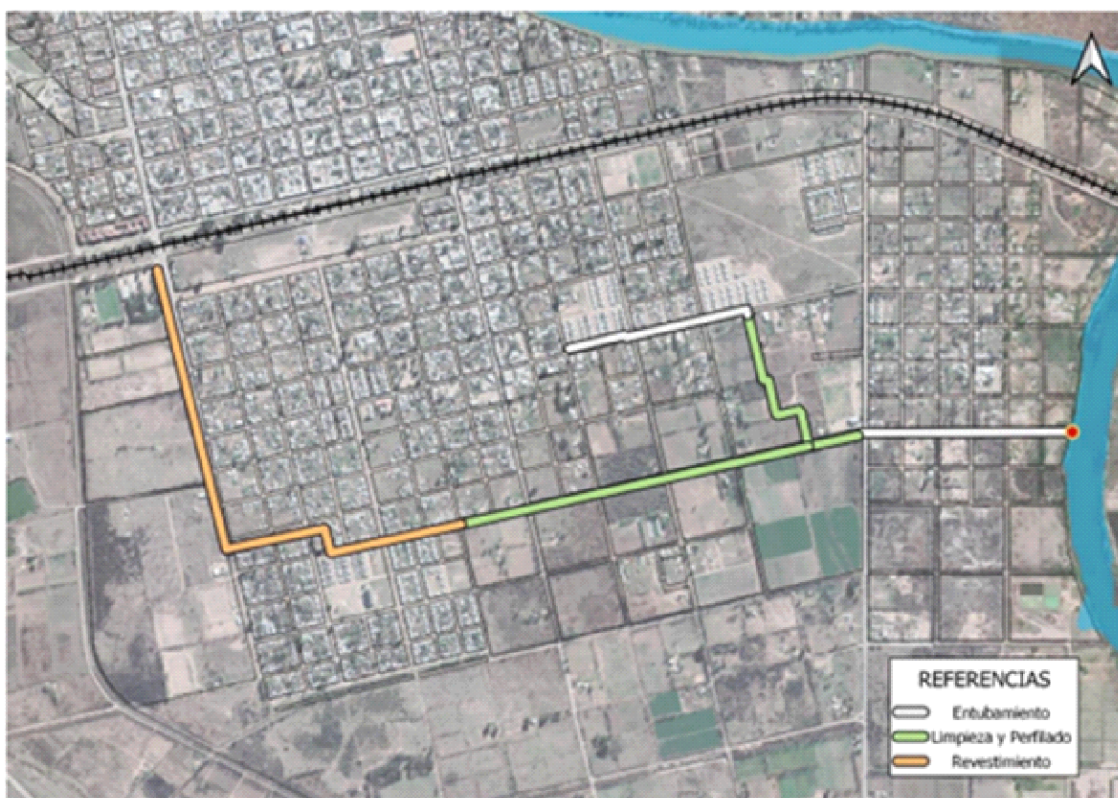


Figura N°1 – Trama urbana de la Ciudad de Río Colorado y trazas a intervenir.

El análisis ambiental realizado, incluyó la elaboración de una Matriz de Impactos (Matriz de Importancia), la que presenta las interacciones acción – factor, identificadas y valoradas.

Dentro de los impactos positivos con mayor importancia se destacan aquellos surgidos de la operación del sistema, tales como la reducción del riesgo de inundaciones, mejoras en las viviendas y en la infraestructura vial y en el equipamiento social. Adicionalmente, la adecuada operación del nuevo sistema y el mantenimiento de la traza revestida generarían impactos positivos sobre el factor erosión, e indirectamente potenciarían las actividades agropecuarias vecinas.

No se presentarían impactos negativos Severos. En la categoría de impactos negativos Moderados se encuentran los resultantes de Excavación y movimiento de suelos, de Construcción y reconstrucción de alcantarillas, de afectación del paisaje, erosión, características físico mecánicas del suelo, etc.

Entre las medidas previstas para los impactos negativos, puede mencionarse la selección de un sitio adecuado para la instalación del obrador, impermeabilización de zonas de mantenimiento de maquinarias y vehículos, acopio de residuos, control de desmonte, de destrucción de hábitats, de ruidos, de movimiento de maquinarias, y otros.

Puede concluirse diciendo que el Estudio de Impacto Ambiental y Social del proyecto “Sistematización de los escurrimientos del sector sur de la ciudad de Río Colorado” muestra que con la Construcción y Operación del mismo no se presentarían impactos negativos de importancia mayor, sino impactos Moderados e Irrelevantes, que pueden ser controlados con facilidad y sin costos elevados.



EJE 02

Tecnologías de gestión del agua

EJE 02

Trabajos cientificos

CULTIVO DE MOHA (*Setaria italica*) EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA

Rebora, Cecilia¹, Ibarguren, Leandra¹, Bertona, Alejandra¹, López, Álvaro¹, Guerrero, Diego¹, Argumedo, Alejo¹, Martín, José¹, Savietto, Mariana¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo)

crebora@fca.uncu.edu.ar

Introducción

La moha (*Setaria italica*) es un forraje estival anual, cuyo principal destino en Argentina, es la henificación. El interés en esta especie forrajera ha resurgido en el contexto del cambio climático, que genera condiciones de menor disponibilidad de agua. Por sus características ecofisiológicas, la moha hace un uso eficiente de los recursos (fundamentalmente el hídrico) y presta el servicio de control de malezas estivales en los agroecosistemas. Además, su ciclo corto (2 a 3 meses), su alta eficiencia fotosintética (se trata de una gramínea C4) y su resistencia a plagas y enfermedades, han renovado el interés por su cultivo (Shanthi, et al. 2017).

La moha tiene mucha plasticidad para determinar el momento de siembra y puede ser interesante para algunos planteos de rotaciones de cultivos. En este sentido, es un buen antecesor de praderas de alfalfa y verdes de invierno (Sardiña y Diez, 2016). Es un excelente forraje para ser utilizado como heno en todos los sistemas productivos de leche y carne. Es un alimento energético que aporta principalmente fibra efectiva.

En línea con estas ventajas estratégicas, el INTA ha desarrollado tres cultivares de moha mejorados, que son los únicos fiscalizados de origen nacional. Estos son: Yaguané Plus INTA, Carapé Plus INTA y Nará INTA. En este proyecto, se probaron estos 3 cultivares, en 2 fechas de siembra con el objetivo de generar información sobre la producción de moha en el oasis norte de la provincia de Mendoza.

Objetivos

- Determinar días de siembra a cosecha de forraje para cada combinación de variedad y fecha de siembra.
- Valorar la producción de materia seca (MS) por hectárea de tres variedades de moha según la fecha de siembra.
- Cuantificar el consumo de agua.

Materiales y métodos

La experiencia se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo, Mendoza (33°00'38" S y 68°52'28" O). En la primavera 2022 se sembraron 3 variedades de moha: Yaguané Plus INTA, Carapé Plus INTA y Nará INTA, en 2 fechas de siembra (15/11/22 y 15/12/22). Las parcelas experimentales fueron de 5 m²; 5 líneas de 5 m de longitud cada una, distanciadas a 0,20 m. La densidad de siembra fue de 700 semillas viables por m², correspondiendo alrededor de 20 kg semilla/ha. El diseño experimental fue de parcelas al azar con tres repeticiones, lo que totaliza 18 parcelas experimentales (3 variedades de moha, por 2 fechas de siembra y 3 repeticiones).

El riego del ensayo se realizó por aspersión con pivote central. La cosecha se realizó en estado fenológico de panojamiento. Sobre el material cosechado, se determinó peso fresco y sobre una muestra de 200 g porcentaje de MS, en estufa a 65 °C, hasta peso constante.

Análisis estadístico: se realizó análisis de varianza utilizando el software JAMOV.

Resultados

Tabla 1- Fecha de siembra, fecha de corte, días de siembra a cosecha, biomasa forrajera (kg de MS por ha), precipitaciones en el ciclo del cultivo (mm), cantidad de agua aplicada (mm) y biomasa forrajera producida por mm de agua aplicado, en tres variedades de moha.

Variedad	Fecha de siembra	Fecha corte	Días de siembra a cosecha	kg MS/ha	mm de lluvia	mm de agua aplicados	Kg MS/mm
Yaguané Plus INTA	15/11/22	26/01/23	72	7.983 Bb	30	398,2	18,64 Bb
Carapé Plus INTA	15/11/22	26/01/23	72	7.605 Bb	30	398,2	17,76 Bb
Nará INTA	15/11/22	13/02/23	90	12.123 Ba	40,75	451,8	24,61 Ba
Yaguané Plus INTA	15/12/22	22/02/23	69	9.297 Ab	38,5	334,2	24,94 Ab
Carapé Plus INTA	15/12/22	22/02/23	69	8.991 Ab	38,5	334,2	24,12 Ab
Nará INTA	15/12/22	09/03/23	84	14.098 Aa	40,5	385,2	33,11 Aa

Letras mayúsculas indican diferencias entre fechas de siembra y letras minúsculas indican diferencias entre variedades ($p \leq 0,05$).

Como puede observarse en la tabla 1, para ambas fechas de siembra, Yaguané Plus INTA y Carapé Plus INTA tuvieron un ciclo más corto que Nará INTA. La cantidad de días de siembra a cosecha fue mayor para la primera fecha de siembra respecto a la segunda fecha.

En relación con la producción de materia seca (kg MS/ha) no hubo interacción entre variedad y fecha de siembra ($p= 0,703$). Se detectaron diferencias significativas entre variedades ($p= 0,01$), siendo Nará la más productiva. También se detectaron diferencias significativas entre fechas de siembra ($p= 0,01$), siendo más productiva la siembra de diciembre. La MS producida por milímetro de agua aplicado fue mayor en la segunda fecha de siembra, siendo la variedad Nará INTA la más eficiente en ambas fechas.

Conclusiones y recomendaciones

La siembra de diciembre produjo más forraje que la siembra de noviembre, en las 3 variedades ensayadas. Nará INTA fue más productiva en las dos fechas de siembra. En la siembra de diciembre se produce más biomasa forrajera por milímetro de agua aplicado. En síntesis, se recomienda la siembra de mediados de diciembre para la zona de estudio.

Bibliografía

Sardiña, C., Diez, M. 2016. Evaluación de cultivares de Moha (*Setaria italica*) con y sin fertilización nitrogenada en el Noroeste Bonaerense. Disponible en:

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20173013231>

Shanthi, P., Radha Kumari, C., Niveditha, M., Pavan Kumar Reddy, P. and Sahadeva Reddy, B. 2017. Genetic Variability Studies in Italian Millet (*Setaria italica* (L.) Beauv) Varieties under Rainfed conditions in Scarce Rainfall Zone of Andhra Pradesh. The Andhra Agric. J 64 (2): 330-334.

EVALUACIÓN DEL BOMBEO SOLAR FOTOVOLTÁICO EN UN SISTEMA DE RIEGO COMUNITARIO EN LOS VALLES CALCHAQUIES

Diblasí Federico José¹, Zucarelli Agostina², Salgado Ramiro³

¹Dirección de Recursos Hídricos de la provincia de Tucumán, ²Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del litoral, ³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

ing.diblasifederico@gmail.com

Introducción

La tecnología vinculada a la energía solar ha proporcionado varias formas de satisfacer las necesidades de los seres humanos, incluido el riego. La energía solar se recibe en la superficie de la Tierra y su uso genera energía eléctrica y calor sin emisión de gases de efecto invernadero.

Entre las ventajas de los sistemas basados en energía solar se destacan su contribución a la reducción de emisiones de carbono, su capacidad para proporcionar acceso a agua potable en áreas remotas o con infraestructura limitada, la independencia energética respecto a fuentes de energía no renovables y su bajo costo operativo y mantenimiento mínimo. Sin embargo, las principales desventajas que limitan el uso de estos sistemas radican en la alta inversión inicial (Singh et al., 2021) así como en la gran dependencia a las condiciones climáticas, que genera una variabilidad en la eficiencia del equipo de bombeo.

Normalmente, un sistema de riego basado en energía solar consta de un panel solar para proporcionar energía eléctrica, una bomba y algún tipo de sistema de distribución de agua. La electricidad de alto voltaje generada por el panel solar pasa por un controlador de carga y parte de la potencia se transfiere al módulo conversor que la reduce a bajo voltaje y otra parte puede ser almacenada en una batería como respaldo. Además, el diseño del sistema de bombeo solar fotovoltaico es crucial para lograr aplicar la cantidad adecuada y requerida de agua en la finca y conocer sus características de rendimiento bajo diferentes cabezales de bombeo e irradiaciones solares (Santra, 2021).

A través de una convocatoria del Proyecto de Inclusión Socio Económica en Áreas Rurales (PISEAR) en el año 2022, se financió la realización de una perforación y la instalación de un equipo de bombeo abastecido de energía solar en la localidad de Anjuana, en la provincia de Tucumán, Argentina, con el fin de establecer un suministro de agua para riego de 180 hectáreas. Sin embargo, el sistema instalado se ve comprometido debido a una serie de circunstancias, lo que pone en riesgo su sostenibilidad.

Objetivo

Como objetivo general de esta investigación se propone, evaluar el funcionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico de extracción de agua de pozo para el abastecimiento de un sistema de riego comunitario.

Materiales y Métodos

El sistema de bombeo solar fotovoltaico se encuentra instalado en el sistema de riego de Anjuana, una comunidad formada por pueblos originarios en el Distrito de Colalao del Valle al noroeste de la provincia de Tucumán (26°25'2"S; 65°59'21"W). El sistema de riego comunitario abarca actualmente una superficie de 90 has con fincas entre 1 has y 2 has. La fuente de agua para riego procede de las crecidas del río Santa María entre enero y febrero por medio de tomas directas sobre el río y es conducida hasta las fincas por acequias de tierra y piedra con un 40% de eficiencia de conducción. El método de riego es por manto aplicado en melgas de 4 m a 10 m de ancho con pendientes moderadas (0,4‰) donde se introduce todo el caudal recibido en cada finca.

La economía de las familias anjuaneñas se basa en la agricultura para autoconsumo y los excedentes para la comercialización. Los principales cultivos son alfalfa y cebada para el ganado y en menor medida maíz, zapallo, cebolla y distintas hortalizas. También, crían cabras, ovejas y bovinos para autoconsumo. La aptitud de los suelos permite la producción de vid, olivo, sandía, ajo, pimienta, etc., pero está sujeta a la disponibilidad de agua para riego. Sumado a esto, la mayoría de estas familias cuentan con asistencia financiera desde el Estado para evitar la migración a los grandes centros urbanos y lograr que mantengan una forma de vida rural.

El clima de los Valles Calchaquíes es típico de desierto. De acuerdo a los registros de la estación meteorológica de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres en Colalao (26°22'38"S; 65°57'57"W) instalada desde 2017, la temperatura media anual es de 18°C, la máxima media de 27°C y la mínima media de 8°C. El mes más lluvioso es enero y el más seco es agosto. La precipitación anual media es de 148 mm, mientras que la evapotranspiración potencial es de 1741 mm determinando un balance hídrico negativo. Los suelos son de textura franco arenosa, con escaso desarrollo, de origen aluvial, con un 5% de piedra, bajos en fertilidad y con densidades aparentes de 1.5 g cm⁻³, porosidad total del 43%, contenido de agua a capacidad de campo del 14 %vol vol⁻¹ y en punto de marchitamiento permanente del 6 %vol vol⁻¹, con 80 mm de agua disponible total al metro de profundidad y una conductividad eléctrica de 1,04 dS m⁻¹.

Actualmente, el sistema de riego funciona con agua exclusivamente de una perforación de 180 m de profundidad con bombeo solar fotovoltaico que se encuentra a 1 km del sistema de riego comunitario (26°24'59"S; 65°59'18"W) y no dispone de reservorio ni de fuentes de energía alternativas. El nivel estático del agua en la perforación es de 22 m y el nivel dinámico de 88 m (depresión de 66 m) para un caudal de bombeo de 448 l s⁻¹ lo que determina un caudal específico de 9.8 l s⁻¹ m⁻¹. La bomba instalada es una electro bomba sumergible de 30HP (Marca: Sylwan, Modelo: 8P200JBR) conectada a 64 módulos fotovoltaicos de 500 W_p. El sistema de erogación se conforma por una válvula esclusa de 200 mm, con brida que permitir entregar un caudal máximo de (Q_e) de 56 l s⁻¹.

Para la evaluación del sistema de bombeo solar fotovoltaico se midió el caudal bombeado (Q_b) bajo dos irradiaciones solares, un día con 100% de irradiación ($Q_{B,100}$) realizada el 08/09/23 y un día con nubosidad promedio ($Q_{B,1/2}$) el 09/09/23 desde las 6 de la mañana y durante 14 horas, con aforos realizados cada una hora. Cabe destacar, que la nubosidad habitual en el área sucede durante las horas medias del día (entre las 12 horas y 16 horas del día). También, se evaluó la variabilidad del caudal instantáneo bombeado a las 14 horas del día 09/09/23 cada 5 minutos a través del Coeficiente de Variación (CV). Los caudales de bombeo se midieron mediante aforos volumétricos, con un recipiente graduado fijado a la salida de la bomba.

Como indicador de la eficiencia operativa del sistema de bombeo (Ef), se calculó el cociente entre el volumen bombeado total y la radiación solar respectiva.

Resultados

Para dos días con diferentes irradiaciones solares el rendimiento del sistema de bombeo solar fotovoltaico varió en consecuencia. Durante las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde, la energía generada por los módulos fotovoltaicos no fue suficiente para arrancar la bomba (Figura 1a). Por lo tanto, para ambos días el bombeo neto fue de 10 horas. Para el día con 100% la radiación global total fue 914 W m^{-2} y el $Q_{B,100}$ medio fue de 16 l s^{-1} (máximo de 25 l s^{-1} ; mínimo de 13 l s^{-1}) con un volumen bombeado total de $860 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$. Para el día con nubosidad promedio la radiación total fue de 879 W m^{-2} y el $Q_{B,1/2}$ medio fue de 13 l s^{-1} (máximo de 25 l s^{-1} ; mínimo de 8 l s^{-1}) con un volumen bombeado total de $680 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$. Las diferencias observadas entre los días se deben exclusivamente a la disponibilidad de irradiación solar, descartando cualquier otro tipo de factor como ser la temperatura sobre los paneles.

La Figura 1b presenta la variación del caudal bombeado por el sistema de bombeo solar fotovoltaico durante una hora a las 14 horas del 9/9/23. El caudal medido promedio fue de 17 l s^{-1} (± 8) y CV de 48%.

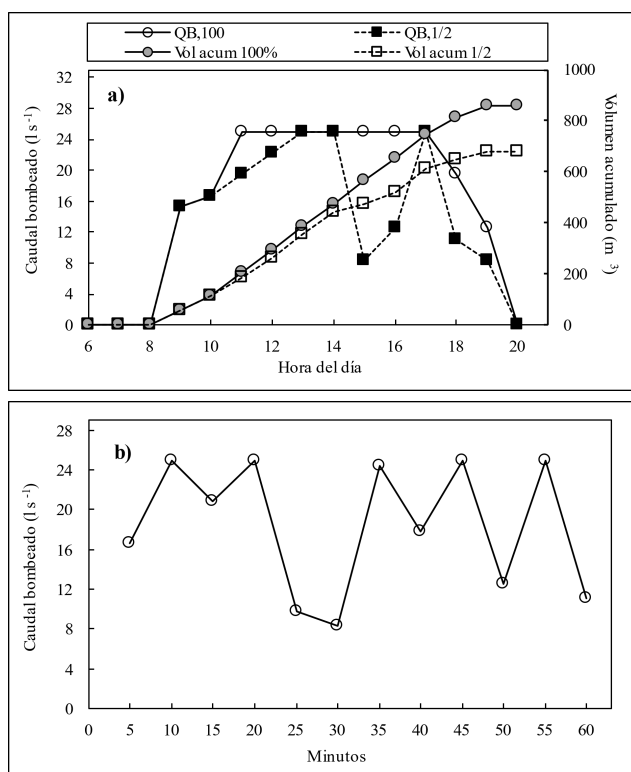


Figura 1- a) Caudal bombeado (QB,100) y volumen acumulado (Vol acum 100%) en un día con 100% de irradiación y caudal bombeado (QB,1/2) y volumen acumulado (Vol acum 1/2) con una nubosidad promedio por el sistema de bombeo solar fotovoltaico; b) Caudal bombeado medido cada 5 minutos por el sistema de bombeo solar fotovoltaico durante una hora el 9/9/23.

Para el día con 100% de radiación se tiene un indicador de eficiencia operativa del sistema de bombeo de $Ef_{100} = \frac{860 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}}{914 \text{ W m}^{-2}} \approx 0.9 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1} \text{ W}^{-1} \text{ m}^2$ mientras que para el día con nubosidad promedio, $Ef_{promedio} = \frac{680 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}}{879 \text{ W m}^{-2}} \approx 0.8 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1} \text{ W}^{-1} \text{ m}^2$. Se destaca que la eficiencia operativa del

sistema de bombeo fue un 10% menor en un día de nubosidad promedio respecto al día con 100% de radiación solar.

Conclusiones y recomendaciones

La evaluación del funcionamiento de un sistema de bombeo solar fotovoltaico es indispensable para detectar los puntos de mejora y optimizar la gestión en un sistema de riego comunitario en una región árida, donde las fuentes de agua superficiales son escasas y variables durante el año.

El sistema de bombeo solar estudiado entrega un caudal que varía durante el día debido a la oferta de radiación solar lo que afecta directamente a la gestión de los turnados de entrega del agua de riego y al método de riego utilizado en las fincas.

Se recomienda la construcción de un reservorio para aumentar el aprovechamiento del sistema de bombeo solar y minimizar el efecto de la variación de caudal bombeado sobre el sistema de riego comunitario existente. Además, permitirá mejorar la gestión del recurso hídrico sin afectar la eficiencia de riego dentro de las fincas.

Bibliografía

Santra, P. (2021). Performance evaluation of solar PV pumping system for providing irrigation through micro-irrigation techniques using surface water resources in hot arid region of India. *Agricultural Water Management*, 245, 106554.

Singh, D. B., Mahajan, A., Devli, D., Bharti, K., Kandari, S., & Mittal, G. (2021). A mini review on solar energy based pumping system for irrigation. *Materials Today: Proceedings*, 43, 417-425.

VALIDACIÓN DE UN MÉTODO DE TELEDETECCIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE ALGODÓN BAJO RIEGO

Mitre Carlos³, Salgado Ramiro¹, Salvatierra José Ignacio¹, Sánchez María Cristina¹⁻²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ²Facultad de Agronomía y Agroindustrias Universidad Nacional de Santiago del Estero (FAYA-UNSE), ³Asociación de Productores de la Zona IV del Sistema de Riego del Río Dulce (APAZ IV)

salgado.ramiro@inta.gob.ar

Introducción

El procedimiento propuesto por FAO para calcular la evapotranspiración del cultivo ($ET_{c,estandar}$) se basa en la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y un coeficiente de cultivo ($K_{c,estandar}$) tal que $ET_{c,estandar} = K_{c,estandar} ET_o$. Alternativamente, el método de coeficiente de cultivo dual, $ET_{c,estandar} = (K_{cb,estandar} K_s + K_e) ET_o$, separa la transpiración de la planta ($K_{cb,estandar}$) y la evaporación del suelo (K_e), donde K_s considera la reducción de la transpiración debido al déficit hídrico (Allen et al., 1998). La limitación es que rara vez coincide con la realidad por razones agronómicas, económicas e hídricas por la incertidumbre sobre si las condiciones vegetativas y de crecimiento reales se relacionan con las representadas por los K_c o K_{cb} idealizados.

Una opción es derivar los perfiles temporales de K_{cb} a través de la teledetección por su relación directa con la respuesta espectral de la cubierta vegetal, especialmente con los índices de vegetación (IV). La fracción de cubierta vegetal (f_c) puede relacionarse con los IV de manera lineal, o aproximadamente lineal, desde suelo desnudo hasta cobertura casi completa (Salgado & Mateos, 2021).

El cálculo de las necesidades de agua de los cultivos y la programación del riego son aspectos de la agronomía a las que no se presta adecuada atención, lo que impacta negativamente en la eficiencia del uso del agua. Los agricultores raramente utilizan un balance de agua para decidir el momento del riego y se basan en decisiones empíricas, en la disponibilidad del turno de riego o adoptan recetas de manejo diseñadas para otras regiones.

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es un cultivo regional y de gran importancia económica para Santiago del Estero con 180.800 ha en 2022-2023 (Ministerio de Economía de Argentina), de las cuales 60.000 ha bajo riego se encuentran en el Sistema de Riego del Río Dulce (SRRD).

Objetivo

Validar y comparar un método basado en teledetección como herramienta para la estimación de la ET_c de algodón utilizando un conjunto de mediciones de campo para el diseño de estrategias de riego.

Materiales y Métodos

En la estimación de ET_c a través de los IV ($ET_{c,IV}$) aplicando un balance hídrico del suelo, el cálculo de K_{cb} se basa en la relación lineal entre la f_c derivada de un IV . Una forma normalizada de esta relación es: $K_{cb,IV} = \min\left[K_{cb,max}, \frac{K_{cb,max}}{f_{c,Kcbmax}} \left(\frac{IV - IV_{min}}{IV_{max} - IV_{min}}\right)\right]$, donde el incremento lineal de $K_{cb,IV}$ es desde el valor de IV (IV_{min}) correspondiente a suelo desnudo ($f_c = 0$) hasta el valor de IV (IV_{max}) correspondiente a vegetación pura ($f_c = 1$). $K_{cb,max}$ es el valor máximo de K_{cb} , generalmente igual a $K_{cb,med'}$ y $K_{cb,med}$ corresponde a $f_c = f_{c,max}$. Esto supone que $K_{cb} = 0$ para $f_c = 0$ reconociendo que la evaporación del suelo desnudo se reducirá a cero o casi cero durante períodos prolongados de secado (Salgado & Mateos, 2021). $K_s = 1$, si $D_r \geq (1 - p) ADT$, para cultivos no estresados, si no $K_s = \frac{ADT - D_r}{(1 - p) ADT}$, si $D_r < (1 - p) ADT$, donde D_r es el agotamiento de agua en la zona de las raíces, ADT el agua disponible total y p la fracción del ADT entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitamiento permanente (PMP) por debajo del cual se reduce la transpiración. La profundidad de raíz $Z_r = Z_{rmin} + (Z_{rmax} - Z_{rmin}) \frac{K_{cb}}{K_{cb,max}}$, donde Z_{rmax} (m) y Z_{rmin} (m) corresponden a la profundidad máxima efectiva y durante la etapa inicial de crecimiento del cultivo, respectivamente. D_r se puede calcular con un balance diario en la zona de raíces. Teniendo en cuenta los eventos de humedecimiento (riego o lluvia) y la disponibilidad de energía en la superficie del suelo, se calcula $K_e = \min[K_{c,max} f_{ew}; K_r (K_{c,max} - K_{cb})]$, K_r es el coeficiente de reducción de la evaporación, $K_{c,max}$ el valor máximo de K_c y f_{ew} es la fracción del suelo expuesta ($1 - f_c$) y mojada siendo $K_r = 1$ después del riego o lluvia. Cuando la superficie del suelo se seca, K_r se reduce linealmente hasta llegar a cero (Allen et al., 1998).

La validación y comparación del método $ET_{c,IV}$ se realizó en 15 franjas (47 m x 300 m) con nueve diferentes manejos aplicados a un cultivo de algodón bajo riego por superficie en una finca en la localidad de Beltrán (27°49'40"S; 64°05'14"W) representativa del SRRD. Cuatro manejos fueron sembrados el 02/11/2022 sobre trigo, uno fertilizado en presiembra con 2 Tn ha⁻¹ de guano de vaca (**FS1-Tr-1R-FG**) y otro sin fertilizar (**FS1-Tr-1R-SF**) ambos con riego presiembra de 90 mm, otro fertilizado con 2 Tn ha⁻¹ de guano en presiembra (**FS1-Tr-2R-FG**) y otro sin fertilizar (**FS1-Tr-2R-SF**), con riegos presiembra (146 mm) y 63 días después (304 mm); dos manejos sembrados el 12/11/2022 sobre algodón como antecesor con riegos presiembra (257 mm) y 55 días después (219 mm), uno fertilizado con 2 Tn ha⁻¹ de guano en presiembra (**FS2-Alg-2R-FG**) y otro fertilizado con fosfato diamónico (50 kg ha⁻¹) a la siembra, urea (50 kg ha⁻¹) en prefloración y fertilizante foliar en floración y llenado de cápsulas (**FS2-Alg-2R-FS**); tres manejos sembrados el 22/11/2022 con riegos presiembra (350 mm) y 38 días después (222 mm), uno fertilizado con 2 Tn ha⁻¹ de guano presiembra (**FS3-Alg-2R-SF**) y otro fertilizado a la siembra con fosfato diamónico (50 kg ha⁻¹), urea (50 kg ha⁻¹) en prefloración y fertilizante foliar en floración y llenado de cápsulas (**FS3-Alg-2R-FS**) ambos sobre algodón, y uno sin fertilizar (**FS3-AA-2R-SF**) con alfalfa como antecesor.

El cultivar fue DP1238 BGRR sembrado en hileras a 76 cm de distanciamiento. En cada franja se seleccionó un área de 400 m² (4 píxeles de 10 m x 10 m de las imágenes de Sentinel-2) para realizar todas las determinaciones. Los parámetros de suelo se determinaron para los primeros 40 cm (conductividad eléctrica: 1,1 dS m⁻¹; pH: 7,7; Fósforo extractable: 6 ppm; Nitrógeno total: 0,1%; Carbono Orgánico Total: 0,6%; Arcilla: 12%; Limo: 40%; Arena: 49%). Las constantes hídricas se determinaron con Soil Water Characteristics® (Ver. 6.02.70) para los 2 m de profundidad (contenido de agua en Saturación: 46%vol vol⁻¹; CC: 23% vol vol⁻¹; PMP: 9%vol vol⁻¹). El periodo analizado fue del

24/10/2022 al 10/04/2023. Se utilizaron 26 imágenes (± 7 días) de Sentinel-2 (JLQ) re proyectadas (POSGAR 98/Argentina; EPSG: 22174) con QGIS 3.10[®] para extraer el IV utilizado, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada ($NDVI$), de cada imagen y fecha. Los datos meteorológicos se obtuvieron de una estación meteorológica Daza[®] (DZWH2900) cercana al ensayo. La precipitación en el periodo de análisis fue 667 mm. Para la validación se compararon los contenidos de agua en el suelo obtenidos por gravimetría y del balance de agua en el suelo obtenidos con el método $ET_{c,IV}$ en todos los manejos al metro de profundidad el 24 de octubre de 2022, el 5, 6 y 12 de diciembre de 2022 y el 13 de marzo de 2023. Luego, se compararon las $ET_{c,estandar}$ estacional propuesta por FAO acoplada a un balance de agua en el suelo y la $ET_{c,IV}$ para todos los manejos. Tanto la validación como la comparación de métodos se evaluaron mediante el error cuadrático medio ($RMSE$). Los parámetros de cultivo utilizados para calcular $ET_{c,estandar}$ fueron: profundidad de suelo 1,50 m; $K_{cb,estandar}$ inicial 0,15, medio 1,15 y final 0,45; duración etapa inicial 30 días, desarrollo 40 días, mitad de temporada 65 días y final de temporada 43 días; $K_{cb,max}$ 1,15 y $K_{c,max}$ 1,20; f_c para $K_{cb,max}$ 0,80; p 0,65; $Z_{r,max}$ 1,50 m y $Z_{r,min}$ 0,40 m; $NDVI_{max}$ 0,90 y $NDVI_{min}$ 0,10.

Resultados

El diagrama de dispersión de la Figura 1a indica que los contenidos de agua derivados del método $ET_{c,IV}$ para las fechas de muestreo del método gravimétrico (entendidos como la verdad de campo) reproducen satisfactoriamente las mediciones de campo obtenidas, independientemente de los manejos. A pesar de ello, el método $ET_{c,IV}$ subestima ligeramente el contenido de agua en suelo ($RMSE = 14$ mm).

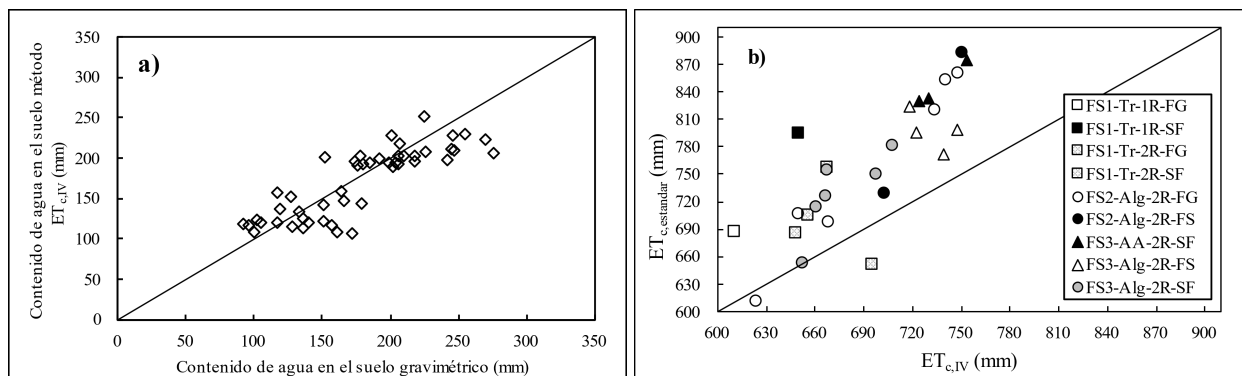


Figura 1- a) Relación entre contenidos de agua en el suelo al metro de profundidad obtenidos el método $ET_{c,IV}$ y por gravimetría en diciembre de 2022 y marzo de 2023; b) ET_c estacional obtenida de $K_{cb,estandar}$ y de $K_{cb,IV}$ para nueve manejos del cultivo de algodón bajo riego en el SRRD.

Trasladando el análisis para todo el periodo de cultivo, $ET_{c,estandar}$ sobreestima la evapotranspiración del cultivo en relación $ET_{c,IV}$ ($RMSE = 80$ mm) marcada por el alejamiento de los valores de la línea 1:1 en la Figura 1b. La $ET_{c,estandar}$ media para todos los manejos en el periodo fue de 761 mm (± 73) mientras que la $ET_{c,IV}$ fue 694 (± 42). Esto se debe a que el método estándar representa un cultivo prístino en los diferentes tipos de manejo planteados. Por lo tanto, la desviación de $K_{cb,IV}$ y

$K_{cb,estandar}$ refleja la brecha en el rendimiento del cultivo y apunta a la utilidad del método específico de campo para la evaluación del consumo de agua bajo diferentes manejos.

Conclusiones

La estimación de ET_c a través de los IV acoplado a un balance de agua en el suelo se presenta como un método sólido basado en la interpolación diaria de los K_{cb} y su capacidad de captar la variabilidad espacial y temporal en los cambios en el estado del suelo y del cultivo asociado al conocimiento de su manejo durante su desarrollo. Por ello, contar con acceso a IV de imágenes satelitales con cierta frecuencia, datos de ET_o y datos mínimos de campo permiten el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos y la programación del riego espacialmente distribuida y de manera precisa.

Bibliografía

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.

Salgado, R., & Mateos, L. (2021). Evaluation of different methods of estimating ET for the performance assessment of irrigation schemes. Agricultural Water Management, 243, 106450.

RESPUESTA PRODUCTIVA DEL PISTACHERO A ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA

Sánchez Cañete Gonzalo^{1,2}, Trentacoste Eduardo³, Ruiz Mónica²

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), ² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Pocito, San Juan. ³ INTA EEA La Consulta.

sanchez.gonzalo@inta.gob.ar

Introducción

La fruticultura desarrollada en las provincias del oeste de Argentina se encuentra bajo escenarios de escasas hídrica, cada vez más frecuentes e intensos, lo que exige la búsqueda de especies vegetales cuyos requerimientos hídricos sean menores, o bien sean capaces de resistir riegos deficitarios con un impacto mínimo en el rendimiento. El pistachero es una alternativa interesante, por ser considerado tolerante al déficit hídrico, de manera que puede producir bajo condiciones subóptimas de dotaciones de agua (Pérez-López et al., 2018). En la provincia de San Juan se encuentran condiciones edafoclimáticas óptimas para el desarrollo del pistachero, concentrando más del 90% de la superficie nacional (INDEC, 2021). Si bien el cultivo del pistachero ha tenido un fuerte desarrollo y constituye una alternativa muy interesante en la matriz productiva de San Juan, no existen estudios regionales respecto al manejo del riego y su respuesta al riego deficitario.

Dos estrategias de riego deficitario han sido evaluadas en una gran cantidad de especies frutales. El riego deficitario sostenido (RDS) consiste en la aplicación de láminas de agua por debajo de las necesidades óptimas del cultivo durante todo el ciclo de crecimiento (Lipan et al., 2019). El RDS es una herramienta muy utilizada en la determinación de la curva de productividad del agua y para obtener coeficientes de programación de riego localmente adaptados. El riego deficitario controlado (RDC) consiste en la imposición de períodos preestablecidos de déficit hídrico (Goldhamer, 2005). Estos períodos responden a etapas fenológicas específicas, dependiendo del objetivo buscado. En este sentido, una restricción hídrica en periodos menos sensibles no provocaría pérdidas significativas de la producción con el beneficio asociado a menores costos de bombeo y mayor eficiencia del uso del agua. El objetivo del trabajo fue evaluar la influencia de dos estrategias de riego deficitario sobre el estado hídrico, la producción y calidad del pistachero cv. Kerman en el Valle del Tulum, San Juan.

Materiales y métodos

El experimento se realizó durante la estación de crecimiento 2022-2023 en una finca comercial ubicada en el departamento de Pocito, San Juan. En agosto 2022 se seleccionó una parcela homogénea (árboles con similar volumen de copa) de la var. Kerman implantada en 2001 con marco de 5 m x 5 m (400 árboles ha⁻¹). El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados, con 4 repeticiones. La unidad experimental estuvo formada por tres hileras de tres árboles cada una, utilizando la planta central de la hilera central como unidad observacional.

Se evaluaron 3 estrategias de riego: **Tratamiento Control** donde se repuso el 100 % de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) desde floración a cosecha. **Tratamiento de riego deficitario sostenido (RDS)** donde se repuso el 60% del Control desde floración a cosecha. **Tratamiento de riego deficitario controlado (RDC)** donde se repuso el 100% Control desde floración hasta inicio de

crecimiento del embrión y un 40% del Control desde inicio de crecimiento del embrión hasta la cosecha.

La ET_c fue estimada a partir de la ecuación: $ET_o \times k_c$, donde ET_o es la evapotranspiración de referencia obtenida de la estación meteorológica próxima al sitio de estudio y el k_c corresponde a los coeficientes de cultivos sugeridos por Goldhamer y Beede (2004) para las condiciones de California (USA).

Durante toda la temporada de crecimiento y con frecuencia quincenal se midió el potencial hídrico tallo (Ψ) en días despejados y al medio día solar. En cosecha, se recolectaron y pesaron los frutos del árbol central de cada parcela experimental. En laboratorio, se tomó una muestra de 50 frutos, se pesaron y se determinó el número de frutos abiertos, abiertos parcialmente, cerrados y vacíos. Los frutos fueron pelados y partidos individualmente separando las semillas. En cada semilla se determinó el peso fresco, largo y ancho. La eficiencia de uso de agua de riego fue calculada como la producción de frutos por hectárea y la lámina de riego aplicada en cada tratamiento.

Resultados

En los árboles del tratamiento Control, la lámina de riego aplicada (918 mm) más la precipitación efectiva (79 mm) repuso el 109% de la ET_c estimada para la temporada. En los tratamientos RDS y RDC, las láminas de riego aplicadas fueron de 551 mm y 620 mm, resultando un ahorro del 40 y 33% respecto al Control, respectivamente.

En la Fig. 1 se presenta la evolución del potencial hídrico (Ψ). El tratamiento Control presentó valores medio de -0,54 MPa, variando en el rango de -0,25 y -0,90 MPa. En el tratamiento RDS el Ψ se mantuvo con valores de -0,87 MPa desde plena floración (30 de septiembre) hasta 98 días después de floración (DDPF). Luego el Ψ disminuyó significativamente por debajo de Control, alcanzando en cosecha valores mínimos de -1,27 MPa. El tratamiento RDC presentó valores de Ψ similares al Control hasta 98 DDPF, 30 días posteriores al inicio de la restricción hídrica. Luego el Ψ disminuyó progresivamente hasta alcanzar mínimos de -1,49 MPa en cosecha.

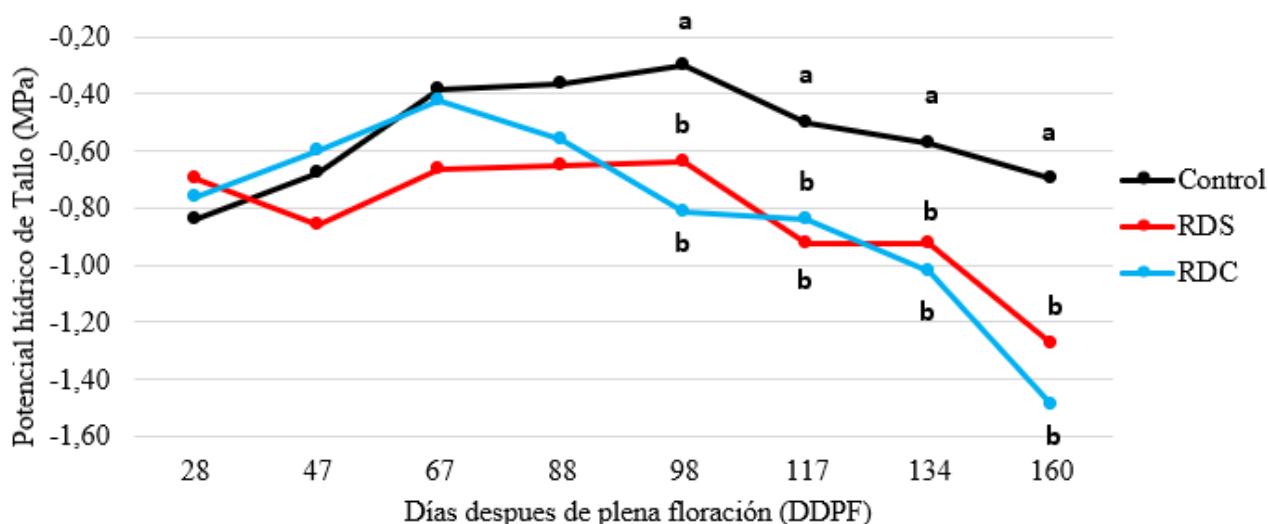


Figura 1 - Evolución del potencial hídrico de tallo medido al mediodía en pistacheros regados con tres estrategias de riego. Control y RDS regados 100% y 60% de la evapotranspiración de cultivo (ET_c) desde floración hasta cosecha (160 días después de floración), respectivamente. RDC regado 100% de la evapotranspiración del cultivo desde floración hasta inicio de llenado de fruto y 40 % desde llenado de fruto hasta cosecha. Los * indican diferencias significativas entre tratamientos a un $p \leq 0,05$.

La producción de frutos y su clasificación por el grado de apertura de las cáscaras no fueron afectados por las estrategias de riego estudiadas (Tabla 1). En las características medidas en las semillas, las estrategias de riego no afectaron significativamente el peso y largo de la semilla. En contraste, las semillas de Control fueron similares a RDC, pero tuvieron un mayor ancho que las semillas de los pistachos cosechados de RDS. La eficiencia en el uso del agua de riego incrementó, aunque no significativamente al aplicar estrategias de riego deficitario, siendo más eficiente la estrategia de RDS que RDC.

Tabla 1 - Productividad, parámetros cualitativos y características de semilla de pistachos regados con tres estrategias de riego. Control y RDS regados 100% y 60% de la evapotranspiración desde floración hasta cosecha (160 días después de floración) respectivamente. RDC regado 100% de la evapotranspiración del cultivo desde floración hasta inicio de llenado de fruto y 40 % desde llenado de fruto hasta cosecha.

Tratamiento	Producción (t/ha)	EUAR		Nuez			Semilla		
		(kg/mm)	% Abiertos	% Abiertos parciales	% Cerrados	% Vacíos	Peso fresco (g)	Largo (mm)	Ancho (mm)
Control	25,2 ns	27 ns	59 ns	5 ns	27 ns	8 ns	27,1 ns	17,9 ns	10,36 a
RDS	24,7	45	50	4	28	17	25,8	17,7	10,05 b
RDC	19,1	31	32	5	48	15	25,5	17,9	10,15 ab
P valor	0,3991	0,1369	0,0987	0,7703	0,1079	0,329	0,3981	0,3675	0,0224

EUAR: Eficiencia en el uso del agua de riego. ns: no significativo

Conclusiones

La estimación de las necesidades de hídricas en el tratamiento Control (Etc 100%) usando los coeficientes de cultivo estimados por Goldhamer y Beede (2004), mantuvo las plantas en ausencia de déficit hídrico ($\Psi > -0,8$ MPa). Si bien son resultados de un año de estudio, las estrategias de RDS y RDC muestran tendencia a la reducción de la producción, así como disminución en algunas características de las semillas. Se prevé continuar con las evaluaciones en la próxima temporada, a fin de conocer los efectos de las estrategias de riego deficitarias para el pistachero en San Juan.

Bibliografía

Goldhamer, D. A. (2005). Tree water requirements & regulated deficit irrigation. En Fergusson, L. (Ed.), Pistachio Production Manual. Davis, California (pp. 103–116).

Goldhamer, D. & Beede, R. (2004). Regulated deficit irrigation effects on yield, nut quality and water-use efficiency of mature pistachio trees. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79(4), 538–545.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. INDEC. (2021). Censo Nacional Agropecuario 2018: Resultados Definitivos (1era Edición).

Lipan, L., Martín-Palomo, M. J., Sánchez-Rodríguez, L., Cano-Lamadrid, M., Sendra, E., Hernández, F., Burló, F., Vázquez-Araújo, L., Andreu, L., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2019). Almond fruit quality can be improved by means of deficit irrigation strategies. Agricultural Water Management, 217, 236–242.

Pérez-López, D., Memmi, H., del Carmen Gijón-López, M., Moreno, M. M., Couceiro, J. F., Noguera-Artiaga, L., Galindo, A., Torrecillas, A., & Moriana, A. (2018). Chapter 11 - Irrigation of Pistachios: Strategies to Confront Water Scarcity. Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment, 247–269.

EFFECTO DE DISTINTOS NIVELES DE RIEGO EN NOGAL DE ALTA DENSIDAD SOBRE ESTADO HÍDRICO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE NUECES EN TUNUYÁN, MENDOZA

Serra María Florencia^{1,2}, Trentacoste Eduardo²

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), ² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, Mendoza, Argentina

serra.maria@inta.gob.ar

Introducción

Los frutos secos, como la nuez, la almendra y el pistacho, son alimentos esenciales de una dieta saludable. El mayor interés de los consumidores en los aspectos nutricionales de los alimentos ha llevado a un aumento sustancial en la producción mundial de frutos secos. En este contexto, la nogalicultura Argentina ha experimentado un fuerte crecimiento, superando en la actualidad las 18.000 ha, distribuidas principalmente en las provincias de Mendoza, Catamarca y La Rioja que en conjunto dan cuenta del 80% de la producción nacional (INDEC, 2020). En Mendoza la superficie cultivada ha incrementado hasta las 6.000 ha, concentrada mayoritariamente en los departamentos del Valle de Uco.

Los sistemas de diseño y manejo utilizados en las nuevas plantaciones, requieren una alta dotación de agua, superior a la de otros cultivos utilizados en la región, como la vid, frutales de carozo y olivo (Calvo et al., 2022). En adición, el nogal es considerado una especie sensible al déficit hídrico y normalmente se utiliza para la programación del riego la máxima demanda de agua del cultivo. En contraste, el nogal también es sensible al exceso de riego, el cual puede conducir a una disminución de la productividad por excesivo sombreado y/o la presencia de hongos de raíz (Calvo et al., 2022). El cultivo de nogal en nuestro país se desarrolla en ambientes áridos y semiáridos, donde las crecientes limitaciones de los recursos hídricos, en costo y disponibilidad requieren incrementar el conocimiento sobre las necesidades hídricas e incrementar la eficiencia de uso de agua para reducir costos y aumentar la superficie cultivada.

Las nuevas plantaciones se han realizado con cultivares de carga lateral, densidades de plantación superior a 300 árboles ha⁻¹ y formación de la copa en seto que facilita la mecanización de la poda y la cosecha (Cólica, 2015). La copa de los setos pueden alcanzar grandes dimensiones, y el manejo del riego debe contribuir a manejar el crecimiento vegetativo y en consecuencia la estructura del seto, reduciendo la necesidad de podas intensas y mejorando la iluminación de la copa.

Las necesidades óptimas de riego del nogal plantado en alta densidad y su respuesta a la restricción hídrica durante distintas etapas del cultivo permanece aún desconocida. Teniendo en cuenta lo conocido hasta ahora, el objetivo de este estudio fue evaluar la aplicación de distintos niveles de riego aplicados durante toda la estación de crecimiento sobre el volumen de copa, la productividad, calidad de la nuez y eficiencia en el uso del agua.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó durante la estación de crecimiento 2022-2023 en una finca comercial ubicada en Los Sauces, departamento de Tunuyán, Mendoza. En agosto 2022 se seleccionó una parcela homogénea (árboles con similar volumen de copa) de la var. Chandler implantada en 2017 con

marco de 7 m x 4 m ($357 \text{ árboles ha}^{-1}$) y regados por 4 líneas de goteo con emisores de $2,3 \text{ Lh}^{-1}$ distanciados cada 1 m. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados, con 4 repeticiones. La unidad experimental estuvo formada por tres hileras de tres árboles cada una, utilizando la planta central de la hilera central como unidad observacional. Se evaluaron 3 tratamientos de riego aplicados desde inicio de brotación (mediado septiembre) hasta caída de hojas (mediados mayo). Los tratamientos fueron equivalentes al 125, 100 y 75% de la evapotranspiración de cultivos (ET_c). La ET_c fue estimada como $ET_o \times k_c$, donde ET_o es la evapotranspiración potencial obtenida de una estación meteorológica ubicada cerca de la parcela experimental y el k_c corresponde a los coeficientes de cultivos sugeridos por Goldhamer (1988) para las condiciones de California (USA).

Durante toda la temporada de crecimiento y con frecuencia quincenal se midió al medio día el potencial hídrico en hoja embolsada (Ψ_{tallo}). En cosecha, se recolectaron las nueces del árbol central de cada repetición, se contó el número de nueces y se pesó la producción previo quitar restos de pelón adherido a las nueces. Una muestra de 100 nueces por repetición fue colocada en hornos de secados durante 36 horas a 35°C . En laboratorio se midió a cada nuez el calibre ecuatorial y peso. Luego las nueces fueron quebradas individualmente separando la pulpa o mariposas. En la pulpa se determinó el peso, calibre ecuatorial y el color asignando el valor 1, 2 y 3 para las categorías extra-claro y claro y ámbar, respectivamente, según escala de color USDA. El porcentaje de llenado fue estimado de la relación entre peso pulpa y peso nuez. La eficiencia de uso de agua (EUA) fue calculada como la producción de nueces por hectárea y la lámina de riego aplicada en cada tratamiento. Luego de cosecha se determinó el volumen de copa midiendo la altura y ancho de la copa.

Resultados

En los árboles del tratamiento T100, la lámina de riego aplicada (925 mm) más la precipitación efectiva (102 mm) repuso el 107% de la ET_c estimada para la temporada. En los tratamientos T125 y T75, las láminas de riego aplicadas fueron de 1156 mm y 694 mm, respectivamente.

El Ψ_{tallo} (Fig. 1) promedio para toda la temporada fue -0,63 MPa, -0,60 MPa y -0,68 MPa, similares entre los tratamientos T125, T100 y T75, respectivamente. Durante el mes de Diciembre y con la ocurrencia de altas temperaturas sostenidas durante el periodo desde el 8 al 27 de diciembre, el Ψ_{tallo} evidenció un marcado descenso alcanzando mínimo de -1,13 MPa en T75, significativamente más bajo que Ψ_{tallo} de -0,86 y -0,81 MPa alcanzado en T100 y T125, respectivamente.

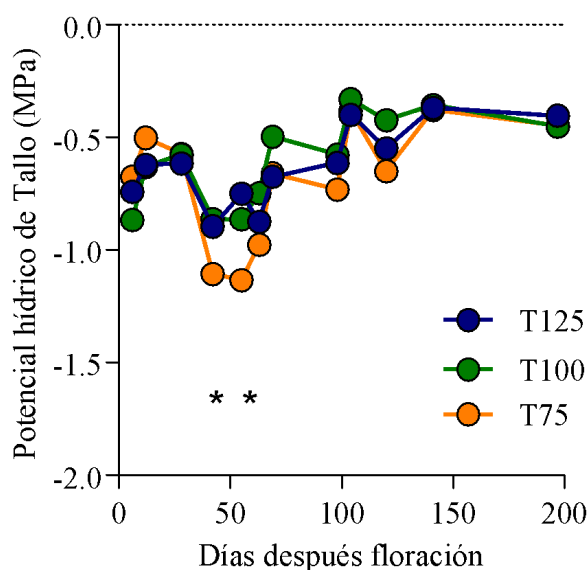


Figura 1. Evolución del potencial hídrico de tallo medido al medio día en árboles de nogal regados con tres láminas de riego 125%, 100% y 75% de la evapotranspiración de cultivo aplicadas desde floración hasta caída de hoja (200 días después de floración).

Las distintas láminas de riego no influyeron significativamente sobre el volumen de copa de los árboles medidos luego de la cosecha (Tabla 1). La producción de nueces en los árboles regados al 100% ETc fue 10% más productiva que los tratamientos regados al 125 y 75% ETc. Las características medidas en las nueces (calibre y peso) no fueron afectados por la dosis de riego y estuvieron incluidos dentro de la categoría superior (32-34 mm). Sin embargo, la pulpa de las nueces recolectadas del tratamiento T100 fue de mayor tamaño tanto en peso y calibre, que el resto de tratamiento. El color de la pulpa fue similar entre los tratamientos. La eficiencia en el uso del agua fue significativamente más alta en el tratamiento menor irrigado y disminuyó significativamente con el incremento en la dosis de riego.

Tabla 1. Crecimiento vegetativo, productividad, características de las nueces de la pulpa en árboles de nogal regados con tres con tres láminas de riego 125%, 100% y 75% de la evapotranspiración de cultivo aplicadas desde floración hasta caída de hoja (200 días después de floración).

Tratamiento	Producción (kg/ha)	#/árbol	EUA (kg/mm)	Nuez		Pulpa				Volumen de copa (m³)
				Peso (g)	Calibre (mm)	Peso (g)	Calibre (mm)	Llenado (%)	Color	
T125	3748b	945ns	3.2 a	10,5ns	32,0ns	5,0b	24,4b	48ns	1,4ns	22,3ns
T100	4130a	938	4.5 b	11,6	32,2	5,7a	26,1a	49	1,4	26,3
T75	3771b	842	5.4 c	10,6	32,9	5,2b	24,8b	49	1,5	23,1

Valores con la misma letra no son diferentes significativamente por el test de LSD Fisher a $P \leq 0.05$.

EUA: Eficiencia en el uso del agua. ns: no significativo

Conclusiones

La estimación de las necesidades hídricas en el tratamiento T100 usando los coeficientes estimados por Goldhamer (1998), pareció estimar apropiadamente las necesidades hídricas del nogal para las condiciones agroclimáticas del Valle de Uco. El riego con láminas por encima (T125) y por debajo (T75) de T100 redujeron la productividad y afectaron algunas características de la pulpa. El T75 fue apropiado para incrementar la eficiencia de uso de agua. La continuación del experimento en los próximos años permitirá refinar las programaciones de riego evaluadas.

Bibliografía

Calvo, F. E., Silvente, S.T., Trentacoste, E.R. (2022). A mini review of the impacts of deficit irrigation strategies for walnut (*Juglans regia* L.) production in semiarid conditions. *Irrigation Science*, 1-9.

Cólica J (2015). Análisis de costos en nogal. III Simposio internacional de Nogalicultura del NOA. Simposio llevado a cabo por el CFI en Santa María, Catamarca, Argentina.

Goldhamer DA (1998) Irrigation scheduling for walnut orchards. In: Ramos D (ed). Walnut production manual (1st edition), University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California.

INDEC (2020) Censo Nacional Agropecuario 2018. Resultados preliminares. Agricultura. Ministerio de Economía de la Nación, Buenos Aires, Argentina. [https:// I2018.indec.gob.ar/](https://I2018.indec.gob.ar/)

EVALUACIÓN DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE RIEGO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE ACEITE Y DEL AGUA EN OLIVARES EN SETO CON MECANIZACIÓN INTEGRAL DE PODA Y COSECHA EN FAMATINA, LA RIOJA

Abrigo Sergio⁴, Calahorra María Andrea^{1,2}, Calvo Franco^{2,3}, Minchioti Daniel⁴, Trentacoste Eduardo⁵

¹Estación Experimental Agropecuaria Chilecito - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ²Universidad Nacional de Chilecito, ³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), ⁴Unión Agraria S.A.R.C.I. E.I., ⁵Estación Experimental Agropecuaria La Consulta - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

calahorra.maria@inta.gob.ar

Introducción

Desde la década del 2000, tanto en Argentina como en otras regiones del mundo, la superficie cultivada con olivos ha experimentado un aumento significativo. Las nuevas plantaciones están diseñadas específicamente para facilitar la cosecha mecanizada, promoviendo así la expansión de plantaciones superintensivas donde las copas de los árboles forman setos continuos. Los olivares superintensivos (1500-2000 árboles ha⁻¹) ofrecen como ventajas mayor precocidad, altos rendimientos y adaptación al paso de cosechadoras continuas. Para implementar la cosecha mecánica con cosechadoras continuas, es esencial mantener las dimensiones de los setos de acuerdo con las dimensiones de la cosechadora, sin comprometer la productividad y la calidad de los aceites. En ambientes semiáridos, como los utilizados para el cultivo del olivo en Argentina, donde el cultivo depende casi exclusivamente del riego, la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado podría tener un efecto significativo en el manejo y el control de las dimensiones de los setos (Chalmers et al., 1984; Trentacoste et al., 2019).

En este estudio, se evaluó la restricción del riego, al 50% de la evapotranspiración del cultivo, durante tres períodos fenológicos distintos en un olivar de súper alta densidad de Famatina, La Rioja, Argentina. El periodo I abarcó desde la brotación hasta el inicio de la floración. El periodo II inició luego del cuajado de frutos y continuó hasta el final del endurecimiento del endocarpio. El periodo III abarcó desde el final del endurecimiento del endocarpio hasta 30 días después de la cosecha. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de diferentes periodos de déficit hídrico sobre la productividad y la eficiencia de cosecha en setos estrechos de olivo podados mecánicamente en primavera.

Materiales y métodos

El experimento se realizó durante las campañas 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023 en un olivar comercial del cv. Arbequina, plantado en Famatina, provincia de La Rioja. Los setos se establecieron en 2014, con hileras orientadas N-S y árboles espaciados a 4,0 m x 1,25 m. Al inicio del experimento se seleccionó una parcela homogénea de 16 hileras adyacentes con 180 árboles hilera⁻¹, donde cada tratamiento se aplicó en cuatro hileras adyacentes completas.

Se definieron cuatro regímenes de riego, entre ellos en el tratamiento Control los setos se regaron a lo largo de toda la temporada intentando reponer el 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc). La ETc se calculó según la ecuación $ETc = ETo \times Kc \times Kr$, donde ETo es la evapotranspiración de

referencia, K_c es un coeficiente de cultivo de 0,60 y K_r es un coeficiente que tiene en cuenta los cambios en la cubierta vegetal y se usó un valor de 0,85. Los árboles Control se regaron utilizando emisores de 3,6 L/h espaciados a intervalos de 0,85 m a lo largo de una única línea de goteo por seto.

Los tres tratamientos de riego deficitario fueron: DI-1, donde el riego se redujo al 50% del Control durante el Periodo I: desde la brotación hasta el inicio de la floración. El tratamiento DI-2 redujo la dosis de riego al 50% del Control durante el Periodo II: desde el final del cuajado hasta el endurecimiento del hueso. Por último, el tratamiento DI-3 recibió el 50% del Control durante el Periodo III: desde el endurecimiento de carozo hasta la post-cosecha. Los tratamientos DI recibieron el mismo riego que el Control antes y después del periodo de riego deficitario. Se midió el potencial hídrico del tallo (Ψ) al medio día solar en días completamente despejados. En cosecha, cada fila fue recolectada con cosechadoras New Holland 9090X Olive y pesada individualmente. La productividad del agua (PA) fue calculada como la relación entre la producción de frutos por hectárea y la lámina de riego aplicada (riego + precipitación efectiva) en cada tratamiento.

Resultados

En el tratamiento Control, la lámina de riego aplicada (638 mm) más la precipitación efectiva (79 mm) repuso, en promedio, el 97% de la ET_c estimada para cada temporada. Mientras que en los tratamientos DI-1, DI-2 y DI-3, las láminas de riego promedio fueron de 562, 535 y 533 mm, resultando un ahorro del 12 al 16% respecto al Control.

Durante la temporada 2021-2022, los setos DI-1 mostraron un potencial hídrico de tallo (Ψ) similar al Control, incluso al final del Periodo I, cuando DI-1 recibió el 50% de la lámina aplicada al Control. En la temporada 2022-2023, los setos DI-1 tuvieron un Ψ significativamente menor que los otros tratamientos al final del Periodo I, pero se volvieron similares al Control desde el cuajado hasta la cosecha. Para los setos DI-2, tanto en 2021-2022 como en 2022-2023, el Ψ fue significativamente inferior a la de los otros tratamientos al final del Periodo II. Sin embargo, durante los periodos de endurecimiento del carozo hasta la cosecha, cuando tanto DI-2 como Control recibieron el mismo riego, los valores de Ψ fueron similares. En la temporada 2021-2022, los setos DI-3 mostraron Ψ similares a Control, incluso al final del Periodo III cuando DI-3 recibió el 50% Control. Sin embargo, en la temporada 2022-2023, los setos DI-3 tuvieron un Ψ significativamente menor (-3,5 MPa) en comparación con los otros tratamientos (media -1,6 MPa) (Tabla 1).

Tabla 1- Potencial hídrico del tallo al mediodía (MPa) en respuesta de cuatro regímenes de riego durante 2021-2022 y 2022-2023. El potencial hídrico del tallo se midió el día en que finalizaron los periodos de déficit hídrico estudiados y el periodo de cuajado de frutos. Valores con la misma letra no son diferentes significativamente por el test de LSD Fisher a $P \leq 0,05$.

Temporada	Tratamiento	Fin periodo I	Cuaje frutos	Fin periodo II	Fin periodo III
2021-2022	Control	-0,88 a	-1,28	-1,41	-1,36 a
	DI-1	-1,04 bc	-1,23	-1,46	-1,50 abc
	DI-2	-1,09 bc	-1,23	-1,78	-1,43 ab
	DI-3	-1,09 bc	-1,19	-1,48	-1,43 ab
2022-2023	Control	-0,91 ab	-1,20	-1,52	-1,68 c
	DI-1	-1,20 c	-1,28	-1,55	-1,49 abc
	DI-2	-0,76 a	-1,13	-1,82	-1,61 bc
	DI-3	-0,85 a	-1,26	-1,69	-3,53 d
P-valor		0,0004	0,3617	0,4969	<0,0001

La producción de aceite respondió a las estrategias de riego en las tres temporadas (Figura 1a). En promedio, los setos con riego DI-3 experimentaron una disminución del 20% en la producción de aceite respecto a los setos Control, de forma constante a lo largo de las tres temporadas estudiadas. La menor productividad en DI-3 respecto a Control fue más pronunciada en la segunda temporada (55%) que en la primera (12%) y tercera (19%). Los setos DI-2 tuvieron rendimientos similares al Control durante las tres temporadas. Los setos DI-1 alcanzaron rendimientos similares al Control y fueron significativamente más productivos que DI-3 en las tres temporadas. Tras tres años de estudio, la producción de aceite acumulada de los setos Control y DI-1 fueron similares entre sí y un 21% superiores al tratamiento DI-3 (Figura 1a). La productividad del agua (PA, Figura 1b) se vio afectada significativamente por las estrategias de riego durante las dos primeras temporadas, pero no en la última. En la primera temporada la PA fue más alta en DI-2, significativamente superior a DI-3. En la segunda temporada, ambos DI-2 y DI-1 mostraron una PA mayor que DI-3. En ambas estaciones, los setos de control fueron intermedios. En la tercera temporada la PA fue similar entre los cuatro tratamientos.

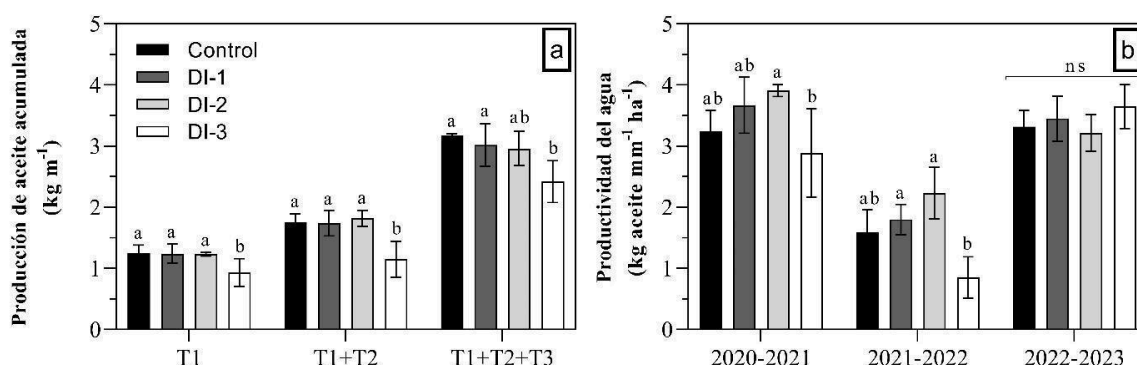


Figura 1- Producción de aceite acumulada (a) y productividad del agua (b) alcanzada por olivos plantados en super alta densidad en las temporadas 2020-2021 (T1), 2021-2022 (T2) y 2022-2023 (T3) bajo cuatro regímenes hídricos (Control y tres periodos de riego deficitario (DI)). Valores con la misma letra no son diferentes significativamente por el test de LSD Fisher a $P \leq 0,05$.

Conclusiones

Se aplicaron tres estrategias de riego deficitario (50% Control) a principios de primavera (DI-1), finales de primavera (DI-2) y verano (DI-3), y se compararon con los setos Control regados al 100% ETc. Entre ellas, la estrategia DI-1 resultó ser la más interesante, permitiendo un ahorro de agua del 12% respecto al Control, con una ligera reducción de las dimensiones del seto en la cosecha (datos no mostrados), pero sin afectar a la producción de aceituna y aceite.

Bibliografía

Chalmers, D. J., Mitchell, P. D., & Jerie, P. H. (1984). The physiology of growth control of peach and pear trees using reduced irrigation. *Acta Horticulturae*, 146, 143-150. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1984.146.15>

Trentacoste, E. R., Calderón, F. J., Contreras-Zanessi, O., Galarza, W., Banco, A. P. & Puertas, C. M. (2019). Effect of regulated deficit irrigation during the vegetative growth period on shoot elongation and oil yield components in olive hedgerows (cv. Arbosana) pruned annually on alternate sides in San Juan, Argentina. *Irrigation Science*, 37, 533-546. <https://doi.org/10.1007/s00271-019-00632-8>

IRRI-DRIPPER: SISTEMA VIGÍA DEL RIEGO PRESURIZADO – FASE 1

Chiaramonte Luis ², Molina Diego², Schilardi Carlos ¹

1. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina

2. Instituto Tecnológico - Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina

ceschilardi@uncu.edu.ar

Introducción

La presurización de los sistemas de riego agrícolas es uno de los caminos que permiten intensificar la producción agrícola dando mayor garantía a la seguridad alimentaria nacional y global en un contexto cada vez más desafiante por el crecimiento poblacional y los efectos del cambio climático (Schilardi et al, 2023).

Para que la tecnología del riego presurizado sea exitosa es fundamental su adecuado diseño, programación, control y mantenimiento (Schilardi et al, 2012). En la actualidad se han desarrollado tecnología para el control de los sistemas de riego presurizados; pero la gran mayoría no está disponible en el territorio nacional y de la que se dispone, tiene un alto costo, problemas de mantenimiento, por la dificultad de conseguir repuestos-insumos y/o un inadecuado servicio postventa.

El presente trabajo tiene el objetivo de desarrollar y validar un sistema tecnológico denominado Irri-Dripper: útil, práctico y de bajo costo y mantenimiento, que permite el control en tiempo real del óptimo funcionamiento de las instalaciones del riego presurizado.

Materiales y Métodos

El desarrollo de Irri-Dripper se realizó en dos etapas. La primera etapa permitió el control de forma autónoma en tiempo real del desempeño del sistema de riego por goteo. Para lo cual, en esta fase I (inicial), se desarrolló un equipo para medir el caudal de goteros en tiempo real denominado: I-Dripper. En esta etapa se utilizó el software, la tecnología de microcontroladores y sensores libre Arduino.

Para la programación del prototipo se utilizó el Entorno Integrado de Diseño Arduino (IDE); que utiliza el lenguaje de programación C (Ruiz Peñalver et al, 2013). Esto permite el desarrollo de códigos propios de forma libre y además poder acceder a una biblioteca enorme de códigos Arduino que está en constante crecimiento gracias a la comunidad de código abierto.

El dispositivo cuenta con un sistema central, el microcontrolador Arduino Uno, basado en ATmega328 (Chandan y Pramitee, 2015), al cual se han anexado los siguientes dispositivos (figura 1):

- arduino uno: microcontrolador que integra la medición, análisis y envío de la información del caudal de goteros a un dispositivo celular.
- reloj en tiempo real: captura la fecha y toma de datos de caudal de emisores.
- tarjeta de memoria SD: graba y almacena los datos registrados.
- módulo de comunicación Bluetooth: transmite los datos registrados en la placa Arduino a teléfono celular para observar el caudal de los goteros.
- micro pluviómetro: cuantifica el caudal erogado de goteros en puntos de control del sistema de riego.

El dispositivo micro pluviómetro tiene la capacidad de medir adecuadamente caudales de goteros en un rango de 0,5-4 L/h, y dispone de un micro cangilón con la capacidad de captar y medir 1,5 ml por pulso con un consumo medio de 70 mA. La instalación en terreno del dispositivo se realizó con estaca de acero y se niveló adecuadamente con un dispositivo de burbuja que dispone el cuerpo del micro pluviómetro. La ubicación en el terreno del dispositivo se realizó en un punto crítico (gotero de menor caudal en zona de válvula, definido previamente con mediciones de campo) durante cada turno de riego del sistema. Esto permitió captar información del punto donde se pueden observar en mayor intensidad y frecuencia los problemas asociados a la operación, programación y mantenimiento del sistema de riego. De esta manera, el dispositivo se convierte en un soporte vigía en tiempo real del desempeño y mantenimiento de las instalaciones del riego presurizado.



Figura 1.- Componentes del prototipo I-Dripper.

La medición de los goteros a campo se realizó midiendo el caudal con dispositivo Irri-Driper durante una hora de medición en 3 puntos de muestreo (tres goteros). Para validar el dispositivo en los puntos de muestreo mencionados, se midió el caudal real del gotero en el campo utilizando una probeta de 50 ml, durante 1 minuto, cada 5 minutos. Para validar los resultados se realizaron análisis estadísticos que incluyeron el cálculo del coeficiente de determinación (R^2), el error cuadrático medio (RMSE) y el índice de concordancia o D-Index (Willmott et al., 2012).

Resultados

En la figura 2 se observa el prototipo desarrollado con estaca de nivelación de terreno y la caja de protección de todos los dispositivos electrónicos para su óptima operación en las condiciones de campo.



Figura 2.- Prototipo I-Dripper.

Tabla 1: Validación a campo

Punto	Tipo Gotero	Qreal (L/h)	n	R ²	RMSE	D-Index
1	Turbulento	1.65	215	0.99	0.03	0.99
2	Turbulento	1.84	122	0.98	0.05	0.98
3	Autocompensado	2.10	166	0.99	0.11	0.99
Total		503	0.99	0.11	0.99	

En tabla 1, se detallan: Punto de medición a campo (Punto): el Tipo de gotero medido (si es turbulento o autocompensado, en cada en cada punto de medición), el caudal promedio real medido a campo con el dispositivo Irri-Dripper (Qreal L/h), el número de mediciones de caudal de gotero efectuadas por el dispositivo Irri-Dripper (n). Además, se detalla la validación de cada punto de medición incorporando para cada caso: el resultado del coeficiente de determinación (R²), el error cuadrático medio (RMSE) y el índice de concordancia o D-Index (Willmott et al., 2012). Los resultados muestran una adecuada calibración del dispositivo a campo, confirmado la utilidad práctica del mismo. La figura 3 muestra el gráfico de un caso ejemplo de medición del caudal de gotero (gotero turbulento), durante 10 minutos, por el dispositivo Irridripper, se observa un caudal medio de 1,6 L/h.

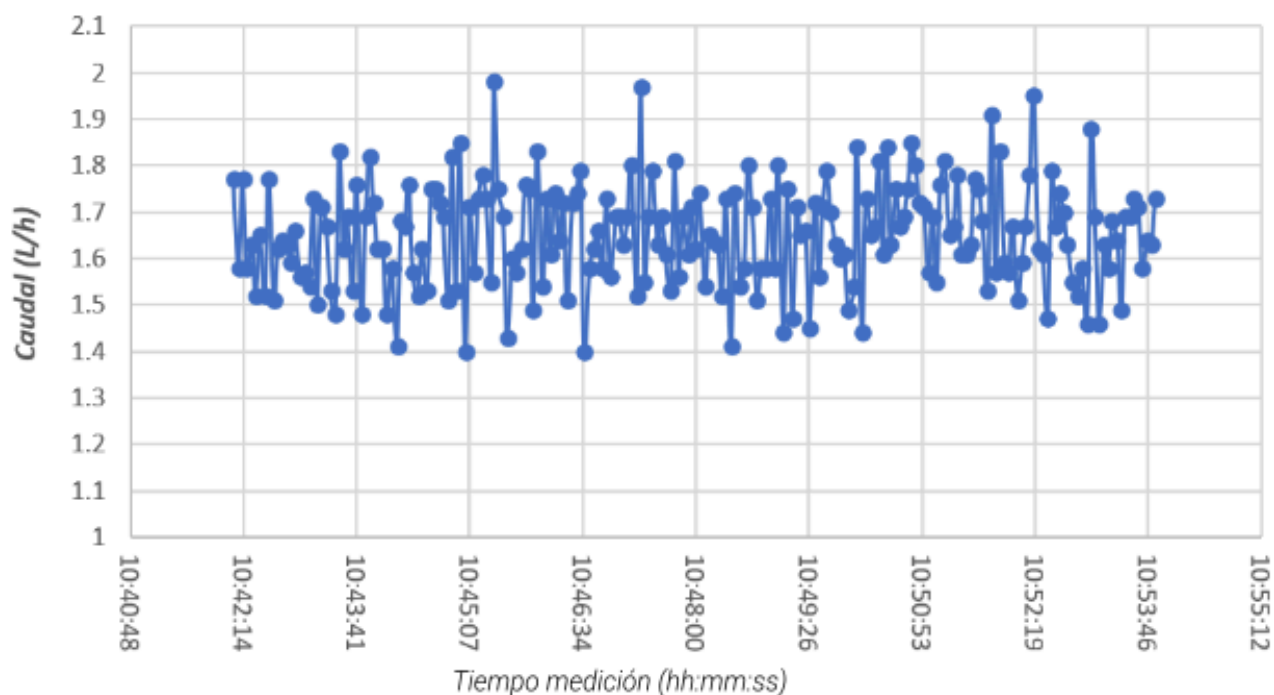


Figura 3.- Medición de caudal. I-Dripper.

Conclusiones

Se ha utilizado la tecnología de microcontroladores y sensores Arduino para el desarrollo del medidor de goteos I-Dripper y el Entorno Integrado de Diseño Arduino (IDE) para la programación de los mismos. El proceso de trabajo es una primera fase de desarrollo para el control vigía a campo en tiempo real de los sistemas de riego por goteo.

Las validaciones con mediciones reales de caudales en probeta comparadas con las obtenidas por el dispositivo desarrollado, confirman la utilidad práctica del dispositivo I-Dripper para un rango de caudales de 1.65 a 2.10 L/h. A futuro se pretende validar caudales de 3 y 4 L/h.

Los futuros desarrollos comprenden mejorar el sistema de energía del dispositivo permitiendo la integración al mismo de micro paneles solares. Además, se ha comenzado con el desarrollo de otros dispositivos complementarios para el control vigía integral de los sistemas de riego por goteo como son: a) I-Pressure: dispositivo para la medición de presiones en tiempo real, en cualquier parte componente del sistema de riego por goteo y b) I-Counter: dispositivo para la medición y registro de caudalímetros en tiempo real.

Bibliografía

Chandan Kumar Sahu and Pramitee. (2015). A Low-Cost Smart Irrigation Control System - 2nd International Conference on Electronics and Communication System 978-1-4788-7225-8/15.

Ruiz Peñalver, L.; Guerrero Arroniz, D.; Maciejewski, P.; Grzyb, A.; Ruiz Canales, A.; Molina Martínez, J. M. (2013). Development of an electronic device using pluviometer and modbus communication. 17th International Congress on Project Management and Engineering Logroño, España.

Schilardi C., Ciancaglini N., Meneghelli M., Cúneo G. (2012). Análisis integral y optimización del desempeño de equipos de riego por goteo en Mendoza-San Juan, Argentina. Jornadas de Riego y Fertilización. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Mendoza.

Schilardi C, Chiaramonte L y Molina D. (2023). IrriDriper. XXVII Congreso Nacional del Agua. Buenos Aires Argentina.

Willmott, Cort J.; Robeson, Scott M.; and MatsuuraKenji (2012). Short Communication A refined index of model performance. International Journal of Climatology. Int. J. Climatol. 32: 2088–2094.

EFICIENCIA HÍDRICA DEL CULTIVO DE QUINUA EN EL VALLE DE TULUM, SAN JUAN: EFECTOS EN LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE GRANOS

Bárcena, Nadia^{1,2}, Zaragoza, Daniel^{1,3}, Delfino, Emanuel¹, Mancinelli, Augusto³ y Bueno, Luis^{1,3}

¹EEA San Juan, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); ²Facultad de Cs. Exactas, F. N.-Universidad Nacional de San Juan (UNSJ); ³Facultad de Agronomía-Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)

barcena.nadia@inta.gob.ar

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo andino conocido mundialmente por sus beneficios nutricionales y su capacidad de adaptarse a diferentes ambientes, suelos pobres en nutrientes, salinidad y sequía (Hinojosa et al., 2018). La FAO y la OMS la han calificado como un alimento único por su alto valor nutricional, contiene todos los aminoácidos esenciales para el ser humano, minerales y vitaminas B, C y E. Actualmente, es una alternativa productiva creciente en Cuyo, siendo potencialmente importante en la región. En el contexto de crisis hídrica a largo plazo, resulta fundamental, para una provincia donde la producción agrícola se realiza bajo riego, la implementación de estrategias que permitan optimizar el uso del escaso recurso hídrico (Roqueiro et al., 2020).

Para conocer la demanda hídrica del cultivo en cada fase fenológica es necesario calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c) con el suelo sin deficiencia de agua desarrollándose en condiciones controladas de sanidad y fertilidad. Esto se determina experimentalmente con lisímetro o se determina por la evapotranspiración de referencia (ET_o) y el coeficiente hídrico K_c del cultivo en consideración. A partir de esta base es que se plantean estrategias de riego deficitario para incrementar la eficiencia del uso del agua y su productividad (Hirich et al., 2014). Colak y colaboradores (2021), determinaron que aplicando un riego deficitario del 50% de la ET_c en el estado vegetativo de la quinua no obtuvieron pérdidas en el rendimiento de granos.

En la actualidad no existen estudios sobre los requerimientos hídricos del cultivo de quinua para los oasis productivos de San Juan. Debido a la crisis hídrica, resulta fundamental para una provincia donde la producción agrícola se realiza bajo riego (Miranda, 2015) la implementación de estrategias que permitan optimizar el uso del escaso recurso hídrico. El objetivo es establecer un régimen de riego óptimo para la productividad de quinua en las condiciones agroclimáticas de San Juan y evaluar la respuesta del cultivo sobre el rendimiento y variables morfológicas de la planta bajo cuatro regímenes de riego deficitario controlado, aplicado desde inicio de floración hasta finalizar el ciclo. Esto permitirá implementar estrategias de riego que permitan ahorrar agua sin afectar el rendimiento productivo o la calidad de granos.

Metodología aplicada

Desde noviembre de 2022 se realizó la preparación de suelo, con labranzas primarias y secundarias, eliminando malezas en forma mecánica. Luego se formaron los bordos, y se incorporó abono orgánico (Fertilguano®) sobre la línea de siembra. Los materiales de quinua: Morrillos (MORR) y GB, se sembraron en forma manual a chorrillo el 10 de febrero de 2023, siguiendo un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela consistió en tres bordos de siembra de 4 m de largo distanciados 0,6 m. Las mediciones se realizaron sobre el bordo central. El manejo de los experimentos fue manual (desmalezado y fertilización). El sistema de riego fue presurizado a través

de cintas con emisores de 1 l/h distanciados cada 0,3 m (Naandan). Los tratamientos de restricción se implementaron disminuyendo los tiempos de riego calculado a partir de la aplicación del software de riego propuesto por Liotta y Sarasua (2010) en relación a la ETo diaria. Los tratamientos fueron: T100, T75, T50 y T25 correspondiente al riego con 100, 75, 50 y 25 % de la lámina de riego. El riego se efectuó dos veces por semana, corrigiendo los valores según las precipitaciones ocurridas.

Se realizó una caracterización del suelo en la parcela para controlar las condiciones físicas y químicas, para optimizar el crecimiento del cultivo y la aplicación de los tratamientos de riego. Se monitoreó la humedad de forma gravimétrica a lo largo del ciclo de cultivo. Para establecer el inicio y fin de la restricción hídrica, se registraron las fechas de cada etapa fenológica. Los tratamientos comenzaron a partir del 20 de marzo, a los 38 días desde siembra (DDS) cuando las plantas estaban en la etapa de panojamiento. El 9 de mayo se realizó el último riego, a los 88 DDS cuando se alcanzó la madurez fisiológica. La cosecha y trilla se realizó mecánicamente el 15 de junio a los 125 DDS, cuando la planta estuvo totalmente seca en pie. En ese momento, se muestrearon 4 plantas de cada tratamiento para registrar altura de planta, longitud de panoja, peso seco de planta, peso seco de panoja, peso seco de semillas por panoja, relación peso panoja tallo. Luego de cosecha, se calculó rendimiento. En relación a la calidad de semillas, se midió tamaño de grano y peso de 1000 semillas.

Resultados obtenidos

Hubo diferencias entre tratamientos ($p < 0,0001$), disminuyendo progresivamente el N° de plantas x m lineal a medida que el estrés era más severo. Se contabilizaron todas las plantas que contribuyeron al rendimiento de granos cuyo diámetro de tallo superaba los 10 mm. La cantidad fluctuó entre 48 (T100) y 19 (T25). Se hallaron diferencias significativas en altura entre materiales y tratamientos. Donde MORR tuvo mayor altura respecto de GB y la altura de MORR fue menor en T25 y T50 respecto del resto, mientras que en GB no se diferenció la altura a pesar de las restricciones. Las medias variaron de 106 a 109 y de 119 a 135 cm en GB y MORR respectivamente. Respecto a la longitud de panoja, no hubo diferencias entre materiales ni tratamientos.

En peso seco de planta y peso seco de panoja presentaron diferencias significativas entre tratamientos y materiales. En GB se registraron menores pesos que MORR y en ambos fue menor para los T25 y T50. Hubo diferencias entre materiales ($p < 0,0001$) en relación entre peso seco de panoja y peso seco de tallo, donde MORR tuvo en promedio una relación de 1,58 y GB una de 2,18 destacando un mayor peso en granos. El riego deficitario modificó el rendimiento en ambos materiales. En MORR disminuyó el rendimiento de semillas al disminuir la lámina de riego aplicada, mientras que en GB el rendimiento fue similar en T100, T75 y T50 (Tabla 1).

En cuanto a parámetros de calidad de semillas, se observó que el peso de 1000 semillas fue menor en T25 y T50 en ambos materiales. Destacándose el mayor valor en GB en T75. El diámetro aritmético de semillas fue diferente solo entre tratamientos, siendo en T25 y T50 fue menor respecto del resto.

La lámina de agua calculada por hectárea por tratamiento osciló entre 1826 m³/ha en T25 y 3733 m³/ha en T100. La productividad del agua (PA) fue menor en GB respecto de MORR y el valor aumento de 0,49 a 0,88 kg/m³ conforme se restringía el riego. Mientras que en MORR mantuvo valores entre 0,8 y 0,9 kg/m³ para los diferentes tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1-Variables hídricas medidas en ensayo de restricción en dos materiales de quinua: MORR y GB. Se observa: Lamina (mm) aplicada, Rendimiento de granos (kg/ha), huella hídrica HH (l/kg producido), productividad del agua PA (kg/m³) y diferencia de rendimiento respecto al control (%).

Material	Trat.	Lamina (mm)	Rendimiento (kg/ha)	HH (Lt/kg)	PA (kg/m ³)	Dif.rend. (%)
MORR	T100	373,3	3.008,33	1240,89	0,81	0,00
MORR	T75	309,7	2.639,58	1173,29	0,85	-12,26
MORR	T50	246,2	2.300,00	1070,43	0,93	-23,55
MORR	T25	182,6	1.540,63	1185,23	0,84	-48,79
GB	T100	373,3	1.856,25	2011,04	0,50	0,00
GB	T75	309,7	1.881,25	1646,25	0,61	1,35
GB	T50	246,2	1.944,79	1265,95	0,79	4,77
GB	T25	182,6	1.613,54	1131,67	0,88	-13,08

Según los datos productivos obtenidos, el tratamiento T25 resultó contraproducente para el crecimiento y en ambos materiales provocaron menor producción y menor tamaño de semilla. Sin embargo, el riego con T50 causó un impacto positivo en el rendimiento de GB. Los materiales se comportaron diferencialmente en relación al uso de agua. Al aplicar el 50% de la lámina de riego (T50) en MORR hubo un 23 % menos de rendimiento de semillas en relación a T100 y la PA más alta de 0,93 kg/m³, lo que implicó un consumo de agua de 1070 l por kg de quinua producida. Para el mismo tratamiento, GB tuvo un aumento de 4,7% de rendimiento de semillas en relación al T100, la PA de 0,79 kg/m³ y un consumo de 1265 l/kg de quinua (Tabla 1).

Estos resultados estarían indicando que el riego deficitario afectó las variables morfológicas de planta y semilla, impactando directamente sobre el rendimiento en ambos materiales. En MORR disminuyó la producción de semillas al disminuir la lámina de riego aplicada, mientras que en GB el rendimiento fue similar en T100, T75 y T50. No obstante podemos reducir hasta un 50% la demanda hídrica sin grandes detrimentos en el rendimiento de semillas. Se necesita validar estos resultados, de tan solo un año, repitiendo el ensayo para lograr la aplicación de láminas de riego que optimicen el uso del agua según el material sembrado en la provincia de San Juan.

Bibliografía

Çolak Y.B., Yazar A., Alghory A. and Tekin S. (2021) en: Yield and water productivity response of quinoa to various deficit irrigation regimes applied with surface and subsurface drip systems.

Liotta, M. y A. Sarasua. 2010. Programación del riego en vid para variedades de mesa y pasa con riego presurizado. V Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego. Agricultura de regadío y adaptación al cambio climático: desafío para una producción sostenible de calidad. Mendoza, Argentina.

Miranda O. (2015). El riego en la provincia de San Juan, Argentina: su dinámica institucional en los últimos dos siglos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA (Estación Experimental Agropecuaria) San Juan, Argentina.

Roqueiro, G., Guillen L., Bárcena N., Tornello, S., Ruiz, L., Notario, L. (2020). Promoción del cultivo de quinua en los Valles Andinos y Centrales de San Juan como alternativa productiva y contribución a la seguridad alimentaria. INTA EEA San Juan.
<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/8238>

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO Y RIEGO POR SURCO EN UN CULTIVO HORTÍCOLA TRADICIONAL DEL OASIS SUR DE LA PROVINCIA DE MENDOZA

Giardina, Claudio¹, Saavedra, Leonardo¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Rama Caída. Calle El Vivero s/n Rama Caída. (5603) San Rafael. Mendoza. Argentina.

giardina.claudio@inta.gob.ar

Introducción

Las cuencas de los ríos Diamante y Atuel, en el oasis sur de la provincia de Mendoza, presentan restricciones en la oferta del recurso hídrico debido a la emergencia hídrica imperante en los últimos 10 años, obligando a maximizar el uso del recurso agua para riego; convirtiéndose esta situación en una nueva "normalidad" para los próximos años. Por otra parte, la baja eficiencia en el uso del agua agrava más aún el panorama de escases. Existen alternativas de sistemas de riego que pueden aportar una solución a esta problemática, como son los riegos presurizados (puntualmente el sistema de goteo con sus variantes superficial y subterráneo). Si bien hay información disponible en la región (Argerich, et al., 1997; Lipinski y Gaviola, 1998), a nivel zonal hay escasa información sobre el comportamiento, ventajas y desventajas para el uso hortícola.

Objetivo

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el rendimiento y la respuesta de un cultivo hortícola tradicional al riego por goteo superficial y riego por goteo subterráneo; presentando como testigo, el riego superficial por surco.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el predio de la Estación Experimental INTA Rama Caída (San Rafael - Mendoza). Se dispuso de 3 parcelas: una parcela de riego por goteo subterráneo, otra de riego por goteo superficial y la parcela testigo de riego superficial por surco. Cada parcela presentó una superficie de 700 m². Las parcelas de riego presurizado cuentan con 20 líneas de goteo, distanciadas a 0,5 m entre sí. Los goteros están distanciados a 0,75 m entre ellos y presentan un caudal de 4,0 l/h. por gotero. La parcela testigo presentó surcos a 0,5 m entre sí. El híbrido comercial de tomate tipo perita Nativo F1 fue trasplantado al lugar definitivo la última semana del mes de octubre. El distanciamiento entre hileras de plantas fue de 1 m; mientras que entre plantas fue de 0.5 m. Se evaluó variables vegetativas (% de cubrimiento del cultivo, distribución espacial de raíces) y de rendimiento (kg/ha, rendimiento por m lineal, peso promedio de frutos). Al comienzo del ensayo se determinó las características edáficas de la parcela (CEe, fertilidad, textura y pH), a dos profundidades. En la tabla 1 se muestran los resultados del muestreo edáfico.

TABLA 1: Resultados obtenidos del análisis edáfico de parcela de ensayo

Profundidad capa (m)	Nitrógeno Total (ppm)	Fósforo <i>Relac.:1:10</i> (ppm)	Potasio Intercambiable (ppm)	Materia Orgánica (%)	Volumen de Sedimentación (cm ³ /g)	Textura	Conductividad Electrica (dS/m)	Ca+Mg (meq/l)	Sodio (meq/l)	Cloruros (meq/l)	R.A.S.	pH en Pasta Saturada
0,00 - 0,25	232,06	2,01	143,52	1,13	83	Franco Arenoso	1,09	5,2	5,2	3,9	3,22	7,51
0,25 - 0,50	152,29	2,17	162,24	0,90	90	Franco Arenoso	1,11	5,4	5,5	4,3	3,37	7,36

El ensayo fue regado al 100% de la evapotranspiración de cultivo (Etc). El testigo se regó con el volumen de agua necesario para sustituir la demanda evapotranspirativa (Morábito et al., 2008) de 7 días consecutivos; que es el periodo entre riego y riego (turnado). Los tratamientos de goteo superficial y goteo subterráneo, se regaron diariamente tratando de aportar la demanda evapotranspirativa del día anterior.

Durante el ensayo se extrajo muestras de suelo para determinar humedad edáfica por el método gravimétrico y la determinación del potencial hídrico xilemático al cultivo. Se analizó variables de manejo de riego como por ejemplo la presión de trabajo, láminas aplicadas, coeficiente de uniformidad, etc.

Resultados y discusión

Se registraron los pesos (en kg) de los frutos “comercialmente aptos”; es decir, sanos y de buen color. Los frutos malformados, con síntomas de ataque de plagas y pudriciones provocadas por hongos o bacterias, fueron descartados.

El comienzo de cosecha para los tratamientos con riego presurizado (goteo superficial y goteo subterráneo) fueron los primeros días de enero (06/01 y 04/01 respectivamente), es decir 65 días posteriores al trasplante, mientras que para el testigo (riego superficial) fue el 03/02; es decir, 95 días posterior al trasplante. En la Figura 1 se puede apreciar la evolución de producción acumulada de los tratamientos.

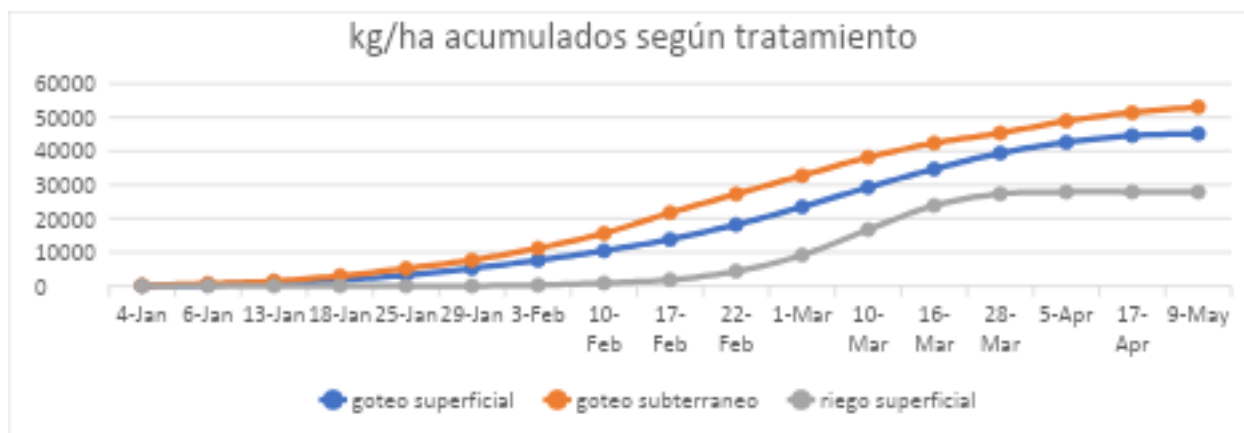


FIGURA 1- Rendimientos (kg/ha) acumulados según tratamientos durante la temporada vegetativa.

Los riegos por goteo subterráneo y superficial incrementaron los rendimientos acumulados rápidamente durante el mes de enero, febrero y marzo; estabilizándose en el mes de abril. El tratamiento de goteo subterráneo logró mejores rendimientos (52.000 kg/ha) durante la temporada que el goteo superficial (45.000 kg/ha). Ambos superaron el comportamiento productivo del testigo (riego superficial) que registró 28.000 kg/ha.

El tamaño del fruto es comercialmente importante, con valores promedios recomendables para un fruto de tomate considerado "grande", están en los rangos de entre 0,095 y 0,105 kg por unidad.

En general, todos los tratamientos presentaron frutos grandes durante la temporada, siendo los riegos presurizados, los que obtuvieron mejores tamaños en comparación con el testigo. La Figura 2 presenta los valores de peso (kg) por fruto, según tratamientos.

En la siguiente tabla 2 se expresan las láminas brutas totales/mes calculadas y aplicadas por tratamiento, tanto para riego gravitacional como riego presurizado.

TABLA 2- Cálculo de las necesidades brutas del cultivo de tomate según el sistema de riego (gravitacional o presurizado).

Meses	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo
Días/mes	7	30	31	31	28	31	30	5
Eto (mm/día)	4,25	5,51	6,07	5,59	4,80	3,26	2,31	1,54
Kc tomate	0,15	0,90	1,10	1,10	0,90	0,70	0,60	0,30
Etc tomate (mm/día)	0,64	4,96	6,68	6,15	4,32	2,28	1,39	0,46
Pp (mm/día)	0,00	1,58	1,19	1,87	2,11	1,32	0,80	0,00
Nn tomate (mm/día)	0,64	3,38	5,49	4,28	2,21	0,96	0,59	0,46
Ef. Sistema gravitacional	0,41							
Nb (mm/ha.día)	1,6	8,2	13,4	10,4	5,4	2,3	1,4	1,1
Nb (mm/ha.mes)	10,9	247,0	414,8	323,5	151,1	72,5	42,9	5,6
Nb total (mm/ha)	1268,4							
Ef. Sistema presurizado	0,91							
Nb (mm/ha.día)	0,7	3,7	6,0	4,7	2,4	1,1	0,6	0,5
Nb (mm/ha.mes)	4,9	111,3	186,9	145,7	68,1	32,7	19,3	2,5
Nb total (mm/ha)	571,5							

Conclusiones y Recomendaciones

Por lo anteriormente expuesto, se concluyó que tanto el tratamiento de riego por goteo subterráneo y el goteo superficial presentaron mejores rendimientos que el riego superficial por surco (testigo).

Los tratamientos con riego presurizados fueron más precoces en la entrada en producción y se mantuvieron en el tiempo con buenos rindes totales y altos pesos individuales. Ambos totalizaron un periodo de cosecha de entre 100 y 120 días. En cambio, el testigo tuvo un periodo de cosecha de 60 días

Bibliografía

Argerich, C.A., V.M. Lipinski y L.M. Poggi. 1997. Influencia de las horas de riego en el período crítico del cultivo en tomate para industria. Proyecto: Técnicas del cultivo de tomate para industria 1996/97. Convenio INTA-CAFIM pp. 84-88. EEA La Consulta Mendoza.

Lipinski, V.M. y S. Gaviola. 1998. Determinación del periodo crítico de riego en tomate para industria en un sistema de goteo. En: Asociación Tomate 2000. Programa de la competitividad de la Industria del tomate 1998. Informe de Progresos 1997-98. La Consulta, INTA-EEA La Consulta. p. 68-69

Morábito, J.; Hernández, R.; Salatino, S. y Mirábile, C. (2008). Cálculo de las necesidades de riego de los principales cultivos de los oasis Norte, Centro y Sur. Mendoza, Argentina. Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino y Fca – UNCuyo -Belgrano Oeste 210, CP: 5500, Mendoza – Argentina. Fax: 0261-4288251; E-mail: jmorabito@ina.gov.ar

LA IMPORTANCIA DEL VOLUMEN DE SUELO MOJADO EN EL CULTIVO DE NOGAL. ESTRATEGIAS DE RIEGO EN SUELOS DE ESCASA RETENCIÓN HÍDRICA

Giardina, C.¹; Morábito, J.²; Podestá, L.²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Rama Caída. Calle El Vivero s/n Rama Caída. (5603) San Rafael. Mendoza. Argentina. ²Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo). Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza. Argentina.

giardina.claudio@inta.gob.ar

Introducción

El nogal en Argentina incrementó su superficie en las últimas décadas incorporando nuevas tecnologías, entre ellas el riego presurizado; aunque esta “tecnificación” no siempre ha asegurado un incremento de producción, sobre todo en suelos con problemas edáficos que limiten la expansión radical.

El manejo inadecuado del riego puede provocar estrés hídrico, y reducir el crecimiento y desarrollo de los nogales, disminuyendo la producción y calidad de las nueces. La distribución del agua en un volumen mayor de suelo, podría ser una solución a este problema.

En consecuencia, además de asegurar una alta eficiencia de aplicación y de uniformidad de distribución en el riego presurizado; se debe diseñar adecuadamente el sistema (teniendo en cuenta la textura edáfica), para lograr un alto porcentaje de volumen de suelo mojado (VSM) facilitando así la distribución del agua en el perfil, mejorando el balance agua-aire y por ende aumentando el desarrollo vegetativo-productivo de la planta.

Objetivos

Estudiar el efecto del volumen de suelo mojado sobre parámetros de crecimiento y producción en plantas de nogal cv. Chandler. y contribuir a optimizar el riego presurizado en nogales.

Materiales y Métodos

Se ensayó en un monte frutal de la variedad Chandler sobre *Juglans hindsii* con riego presurizado, en San Rafael (Mendoza-Argentina) para evaluar la respuesta a distintos volúmenes de suelo mojado (VSM) sobre parámetros de crecimiento vegetativo y productivo.

Los tratamientos fueron; T1: doble línea de goteros por hilera de plantación; T2: cuádruple línea de goteros por hilera de plantación y T3: una línea de microaspersores por hilera de plantación. Se suministró el 100% de los requerimientos hídricos del cultivo, calculando las necesidades netas y brutas de agua de riego según lo propuesto por Pizarro (1996). Se controló humedad de suelo por gravimetría y estado hídrico de la planta a través del potencial hídrico xilemático al mediodía. El desarrollo radicular, se evaluó al inicio y al final del ensayo. En cosecha se pesó la producción (kg de nueces con cáscara) por planta en cada tratamiento.

Resultados y Conclusión

Los valores de humedad gravimétrica obtenidos fueron integrados mediante el programa SURFER (Golden Software, 1986) con el fin de obtener isolíneas de igual contenido hídrico. Para mejorar la interpretación de las mismas, se agruparon los rangos para diferenciar 4 categorías como muestra la tabla 1.

Tabla 1.- Escala de color para las categorías de humedad de suelo

Categoría	Color
Mayor a capacidad de campo (W_c)	
Entre capacidad de campo (W_c) y 40% de agotamiento	
Entre 40% de agotamiento y punto de marchitez permanente (PMP)	
Menor a punto de marchitez permanente (PMP)	

En la figura 1 se aprecia el contenido hídrico del suelo 48 hs posteriores al riego para el tratamiento con dos mangueras de goteo (T1). El valor cero en el eje de abscisas representa la ubicación de la planta. Los valores negativos en el eje de ordenadas representan la profundidad de suelo.

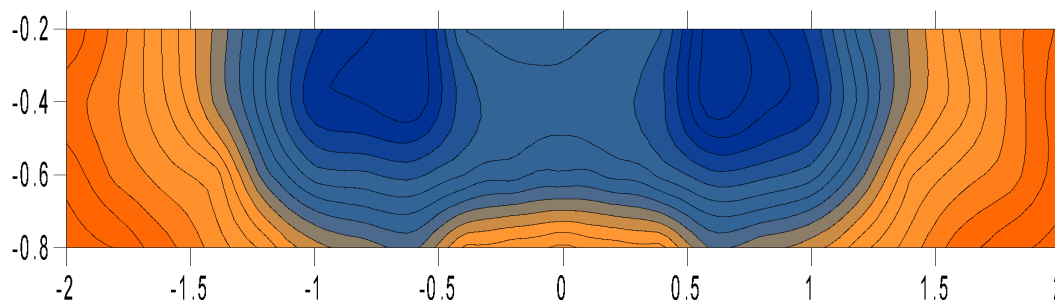


Figura 1.- Distribución de humedad edáfica en T1 en el plano perpendicular a la hilera de plantación.

Para T2, la distribución de los contenidos de humedad 48 hs posteriores al riego mostró la ubicación de las cuatro mangueras distanciadas aproximadamente a 0,6 m y 1,2 m, ambos lados de la planta. Los bulbos húmedos se solaparon perfectamente. En la figura 2 se observa un importante desarrollo del volumen de suelo mojado (VSM), que en superficie alcanza alrededor de 3,4 m de ancho y en profundidad, alcanza los 0,75 m

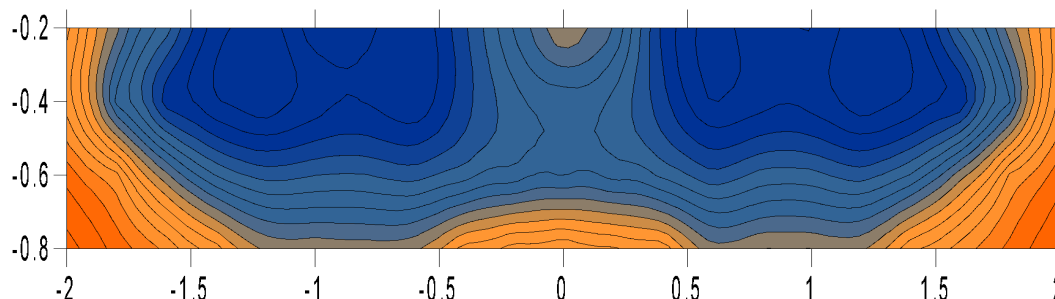


Figura 2.- Distribución de humedad edáfica en T2 en el plano perpendicular a la hilera de plantación.

En el T3 regado por microaspersión (figura 3), la distribución de la humedad, 48 hs posteriores al riego, es muy particular ya que, en superficie el emisor mojó un radio de 1,5 m desde la planta, pero

a medida que se profundiza en el perfil, la humedad se concentró en un diámetro de 2,0 m. La profundidad de mojado resultó menor, próxima a los 60 cm.

Las mediciones de potencial hídrico xilemático (Ψ_x) realizadas a mediodía, indican que no existió déficit hídrico en las plantas entre mediados y fines del verano según lo mencionado por Ferreyra y Selles (2001).

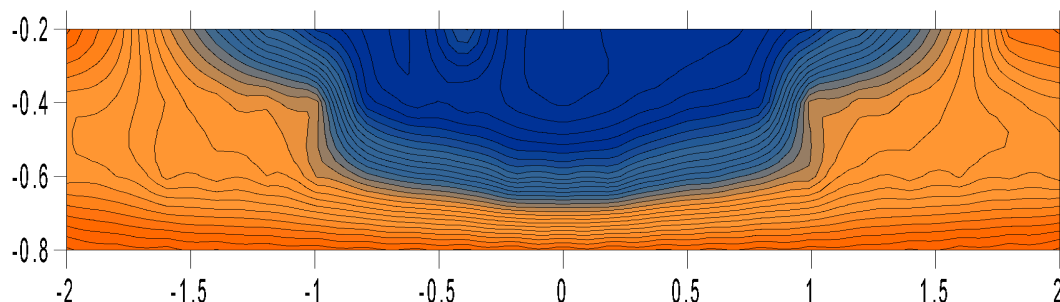


Figura 3.- Distribución de humedad edáfica en T3 en el plano perpendicular a la hilera de plantación.

Un parámetro importante para analizar es la distribución de raíces. En T1, la exploración radicular fue muy importante en las franjas más superficiales al comienzo del ensayo. Al finalizar el ensayo, el desarrollo radicular se extendió hasta el 1,40 m de profundidad; manteniendo el volumen de raíces (más del 90%) concentrado en 1,00 m de perfil edáfico. El incremento de raíces menores de 2 mm de diámetro fue de 50%. En T2, al comienzo del ensayo, la exploración radicular se concentró en los primeros 0,80 m de perfil. Al finalizar el ensayo, se registró la presencia de raíces hasta los 1,40 m de profundidad. El incremento de raíces durante el ensayo fue del 62 % para T2. En T3, las raíces inicialmente presentaron un desarrollo hasta 1,0 m de profundidad. Al finalizar el ensayo, el sistema radicular no modificó su desarrollo vertical, pero incrementó su densidad en los perfiles más superficiales (hasta los 0,60 m). El incremento de raíces fue de 40%.

En el rendimiento promedio por planta, el tratamiento de 4 mangueras de goteo (T2) y el de microaspersión (T3) se diferenciaron del T1. En T1 y T2 se obtuvo mayor porcentaje de nueces comerciales. Semejante comportamiento se observó en el calibre de nueces sin cáscara. El color predominante de la semilla fue claro o blanco en todos los tratamientos.

Conclusión

T2 logró el mayor porcentaje de suelo mojado; mientras que T1 y T3 presentaron valores muy parecidos. El porcentaje de incremento de raíces menores y mayores a 2 mm en T2 también fue mayor (62% y 78% respectivamente) y muy por encima de los restantes tratamientos. Los mejores rendimientos (kg.planta^{-1}) se lograron en T2 ($10,67 \text{ kg.planta}^{-1}$) y T3 ($10,06 \text{ kg.planta}^{-1}$) en comparación con T1 ($7,3 \text{ kg.planta}^{-1}$).

Los porcentajes de volumen de suelo mojado logrados en cada tratamiento fueron: T1: 44% de VSM; T2: 56% de VSM y T3: 42% de VSM

Ante la presencia de suelos pocos profundos y/o de escasa retención hídrica resulta relevante incrementar el volumen de suelo mojado en la parcela frutal.

Bibliografía

Ferreyra, R. y Sellés, G. (2001). Riego deficitario controlado en nogales. Estrategias de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. Boletín INIA # 58. Chile.

Golden Software, Inc. (1986). SURFER. 809 14th Street, Golden, Colorado, USA.
<http://www.goldensoftware.com/products/surfer>

Pizarro, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo, micro aspersión y exudación. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

INFLUENCIA DEL RIEGO CON AGUA SALINA EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE VARIEDADES VINÍFERAS Y PORTAINJERTOS

Venier Matías^{1*}; Filippini María Flavia¹; Aliquó Gustavo^{1,2}; Lucero, Claudia²; Cónsoli Daniela¹; Valdés Analía¹; Porta Antonella¹; Micheletti Agostina¹; Vignoni, Ana Paz¹; Ortiz Uriburu Gisela¹; De Biazzi Federico².

¹Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), ²Estación Experimental Agropecuaria Mendoza - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

mvenier@fca.uncu.edu.ar

Introducción

Mendoza posee la mayor superficie regada del país, con un 72% de su superficie implantada con vid, por lo que es muy importante determinar que genotipos son más tolerantes a salinidad. Vitis vinífera es considerada moderadamente tolerante a salinidad, puesto que su producción comienza a verse afectada con conductividades eléctricas edáficas superiores a 2,5 dS.m⁻¹. En nuestras condiciones de suelos con alta presencia de sales de sulfato de calcio, la vid mantiene el máximo rendimiento aún con valores de salinidad de 3,5 dS.m⁻¹ (Vallone y Nijensohn, 2002). Investigaciones previas en vid reportan diferencias en el crecimiento de las plantas y acumulación de iones en distintas variedades, tales como Cavagnaro et al. (2006) que analizaron el comportamiento frente a salinidad en plantas de vid in vitro, observando que Criolla chica y las cultivares criollas Cereza, Pedro Gimenez y Torrontés Riojano fueron más tolerantes que variedades europeas como Malbec y Cabernet sauvignon en términos de producción de biomasa. Mientras que Martín y Vila (2013), evaluaron la supervivencia de plantas de vid de un año en macetas sometidas a riegos con soluciones de NaCl, reportando diferencias de tolerancia entre variedades viníferas y portainjertos, siendo estos últimos generalmente más sensibles.

Objetivo

Evaluar el crecimiento de plantas de vid de 8 genotipos diferentes, variedades viníferas y portainjertos, frente al riego con agua proveniente de un pozo de riego salinizado.

Material y Métodos

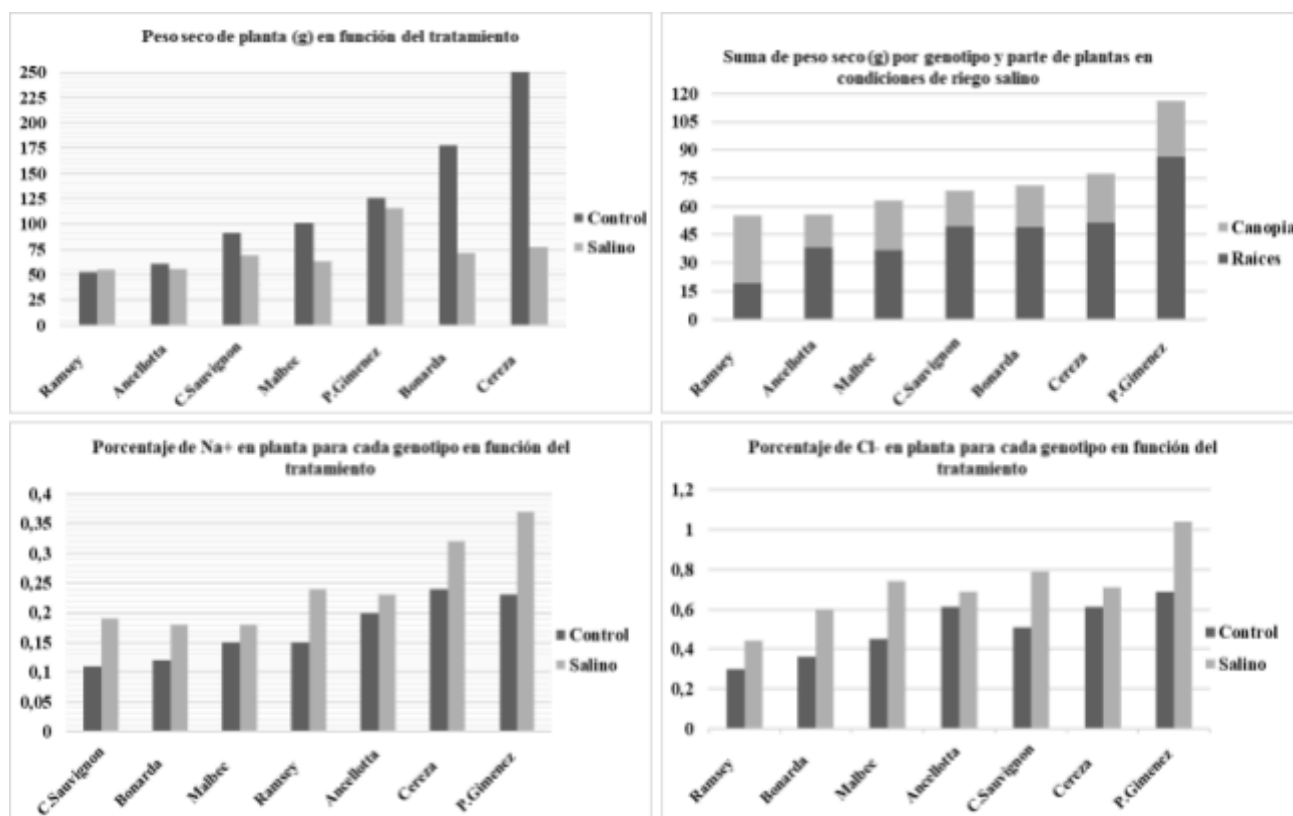
Se evaluó durante 5 meses el comportamiento de 8 genotipos frente al riego con agua proveniente de un pozo salinizado (3,25 dS.m⁻¹) ubicado en el distrito Montecaseros, departamento San Martín, Mendoza. Los genotipos estudiados fueron plantas a pie franco de 2 años, en macetas de 2 litros, utilizando arena fina como sustrato. Para el factor riego se evaluaron dos niveles de conductividad eléctrica (CE), control (0,9 dS.m⁻¹) y salino (3,25 dS.m⁻¹), siendo la modalidad del riego por goteo. En el factor genotipo se evaluaron 6 vides viníferas (Malbec, Cabernet sauvignon, Bonarda, Ancellotta, Pedro Gimenez, Cereza) y 2 portainjertos (Ramsey, Paulsen 1103), cada uno con cinco repeticiones, dando un total de 80 plantas. El diseño experimental del ensayo fue de parcelas divididas completas al azar. Durante el ensayo se midieron las CE del agua de drenaje de las macetas, infiriendo el grado de salinidad del sustrato, oscilando entre los 5 a 6 dS.m⁻¹. Al finalizar el ensayo se evaluaron en cada planta el peso fresco y seco; contenido de humedad en limbo, pecíolo, tallo y raíz; número de hojas; longitud de brote principal y feminelas; área foliar. Todos los análisis de peso fueron realizados con

los pesos secos de cada órgano en estudio. Los contenidos minerales (Na^+ , Cl^-) en los diferentes tejidos (limbo, pecíolo, tallo y raíz) fueron determinados por Fotometría de Llama para el caso del Na^+ y Volumetría de Mohr para los Cl^- .

Resultados y Discusión

El tratamiento salino disminuyó significativamente el peso promedio de las plantas (sumatoria de pesos de canopia y raíces) de los genotipos evaluados respecto al control. El genotipo menos afectado fue Cabernet sauvignon, y el más afectado Cereza. Mientras que Ramsey, Pedro Giménez y Ancellotta no disminuyeron significativamente su peso (Figura 1). Lo observado en Pedro Giménez coincide con lo reportado por Cavagnaro et al. (2006) y Martín y Vila (2013) quienes lo clasifican como un genotipo tolerante a salinidad. Para el caso de Cereza, los resultados obtenidos coinciden con lo observado por Martín y Vila (2013) quienes la clasificaron como genotipo poco tolerante, aclarando que ambos estudios se hicieron en plantas jóvenes, pudiendo ser muy diferente el comportamiento de plantas adultas. Para el portainjerto Ramsey, los resultados confirman su buena tolerancia a salinidad, siendo un portainjerto muy utilizado en situaciones de estrés salino (Yunusa et al. 1997). Analizando el peso de los genotipos en el tratamiento salino, Ramsey tuvo una proporción muy baja de raíces en relación con su canopia para afrontar situaciones de estrés salino, a diferencia de los genotipos de vides viníferas donde la mayor proporción del peso de las plantas correspondió a las raíces (Figura 2).

Respecto a los contenidos de Cl^- y Na^+ , el tratamiento salino aumentó significativamente el contenido de ambos iones en plantas (limbos, pecíolos, brote, raíces) respecto al control. Bonarda y Malbec fueron quienes sufrieron los mayores incrementos de Cl^- mientras que Ancellotta y Cereza tuvieron los menores (Figura 3). Para el caso del Na^+ Cabernet sauvignon fue quien produjo el mayor incremento y Ancellotta y Malbec los menores (Figura 4).



Conclusiones y recomendaciones

El riego salino disminuyó significativamente los pesos de raíces y planta. El peso de canopia no fue afectado significativamente, manteniendo pesos similares en ambos tratamientos de riego.

Los genotipos Ancellotta, Ramsey y Pedro Giménez no fueron afectados significativamente por el riego salino en ninguna de las variables de crecimiento evaluadas, manteniendo valores de peso muy similares en ambos tratamientos. Pedro Giménez no vio afectado su crecimiento significativamente con el tratamiento salino, a pesar de que fue el genotipo que mayores concentraciones de Cl^- y Na^+ presentó en sus tejidos. Esto significaría que su mecanismo de adaptación a situaciones de estrés salino sería la compartimentación en vacuola de ambos iones.

Ramsey confirma su buen desarrollo en situaciones de estrés salino, habiendo sido ya reportado su mecanismo de exclusión en diversas publicaciones, sobre todo para el Cl^- , aunque para el caso del Na^+ , de acuerdo con las concentraciones observadas en sus tejidos, podría también ejercer mecanismos de compartimentación.

El crecimiento de Ancellotta no se vio afectado significativamente con el riego salino. Su mecanismo de adaptación muy probablemente podría ser el de exclusión de los iones Cl^- y Na^+ debido a que las concentraciones de ambos iones en sus tejidos fueron muy similares en el tratamiento control y el salino, no habiendo diferencias significativas.

Estudios en mayor profundidad son requeridos para explicar los diversos mecanismos de adaptación de las variedades viníferas a estreses abióticos provocados por altos contenidos de Cl^- y Na^+ .

Bibliografía

Cavagnaro, J., Ponce, M., Guzmán, J., Cirrincione, M. (2006). Argentinean cultivars of *Vitis vinifera* grow better than European ones when cultured in vitro under salinity. *Biocell*, 30(1), 1-7.

Martín, L., Vila, H. (2013). Evaluación de tolerancia al NaCl en cultivares viníferas y portainjertos híbridos del género *Vitis*. *Revista FCA UNCuyo* 45(2): 165-180.

Vallone, R., Nijensohn, L. (2002). Guía de orientación para regantes de zonas áridas. Con énfasis en el manejo del agua en áreas salinas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.

Yunusa, I. A. M., Walker, R. R., & Blackmore, D. H. (1997). Characterisation of water use by Sultana grapevines (*Vitis vinifera* L.) on their own roots or on Ramsey rootstock drip-irrigated with water of different salinities. *Irrigation Science*, 17, 77-86.

DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE CULTIVO (K_c) PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL RIEGO EN AJO MORADO INTA, EN MENDOZA, ARGENTINA

Lipinski Víctor M.¹, Lavanderos Débora², Estrella María Giuliana², Cónsoli Daniela¹, Venier Matías¹, Micheletti Agostina¹, Vignoni Ana Paz¹, Porta María Antonella¹, Valdés Analía¹, Aliquó Gustavo¹⁻², Filippini María Flavia¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), ²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

vlipinski@fca.uncu.edu.ar

Introducción

Durante varios años se han realizado en el INTA La Consulta, ensayos con riego presurizado con ajos de los Grupos ecofisiológicos IIIb y IV en los cuales se obtuvieron los K_c de estos tipos (Lipinski y Gaviola, 2011). Sin embargo, con la introducción de ajos del Grupo IIIa (blancos tempranos de origen chino), *Allium sativum pekinense*, se desconocen los K_c para estos clones de ajos, como el caso del Morado INTA.

Objetivo

El objetivo del trabajo fue determinar a través de un ensayo con riego por goteo, los coeficientes de cultivo (K_c) del clon Morado INTA en las condiciones climáticas del Departamento San Carlos, Mendoza, Argentina.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria La Consulta (EEA) perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El suelo es un Torrifluente típico franco arenoso profundo. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron R1: 0,7 de la ET_c , R2= ET_c y R3= 1,3 ET_c . Los K_c empleados se ajustaron durante el desarrollo del cultivo con el monitoreo de la humedad del suelo con dos sensores Watermark colocados a dos profundidades 20 y 40 cm en el tratamiento R2 y uno solo a 20 cm en los tratamientos R1 y R3. Las parcelas constaban de tres camas (2,40 m de ancho) con dos hileras de plantas sobre el camellón distanciadas aproximadamente 40 cm. En el medio se colocó una manguera de goteo con orificios a 30 cm y un caudal nominal de 900 mL/h por gotero (lámina aplicada 3,5 mm/h). El largo de las parcelas fue de 4 m. Cada bloque fue separado por un pasillo de 2 m de ancho. Cada tratamiento se conectó con mangueras ciegas de tal manera que con una sola llave se regaba el tratamiento correspondiente. Para el control de los volúmenes de agua aplicados se colocaron caudalímetros en cada uno de los tratamientos. Todos los días se registró el valor de las lecturas de los Watermark. La plantación se realizó el 8 de marzo colocando 12 dientes por metro o sea una densidad de 300.000 pl/ha. Una vez por semana se determinó emergencia de los ajos en los primeros 60 días. Para completar las necesidades nutricionales de la planta se realizaron fertilizaciones con N a razón de 150 kg/ha, aplicando un 30% entre emergencia al mes de agosto, mientras que el se incorporó de agosto a mediados de setiembre. La cosecha se realizó el 10/11/22. Las medias de los rendimientos frescos, secos y limpios fueron analizados a

través del análisis de la varianza usando como comparación el test de Tukey a un nivel de probabilidad del 5%. También se realizó el análisis de regresión del rendimiento fresco y limpio-seco.

Resultados y Conclusiones

Los resultados del análisis inicial del suelo (capa de 0-30 cm de profundidad) se pueden ver en la Tabla 1 en la cual se observa que los valores medios de nitrógeno total (Nt) y fósforo disponible (Pd), y muy altos de potasio intercambiable (Kint). La conductividad eléctrica (CE) es adecuada para el cultivo, la relación de absorción de sodio (RAS) es baja, acorde con los suelos de la zona y las aguas duras utilizadas. El porcentaje de la materia orgánica (MO) y la relación carbono/nitrógeno (C/N) son bajas, propio de zonas áridas.

Tabla 1. Resultados de análisis de suelo (a 30 cm) al momento de la plantación- CE: conductividad eléctrica, Ca+Mg: Calcio y Magnesio, K (potasio) y Na (sodio) en la solución del suelo, RAS: Relación de adsorción de sodio, Nt: nitrógeno total (Método Kjeldahl), Pd: fósforo disponible (Extr. Anhídrido carbónico rel. Suelo:Agua 1:10), Kint.: potasio intercambiable (acetato de amonio pH 7) MO: porcentaje de materia orgánica, C/N: relación carbono/nitrógeno

pH	CE ₂₅	Ca + Mg	K	Na	RAS	Nt	Pd	Kint	MO	C/N
pasta	dS m ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹	me L ⁻¹		mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	%	
7,73	2,35	21,12	1,69	11,65	3,59	725	4,7	487	0,90	7,21

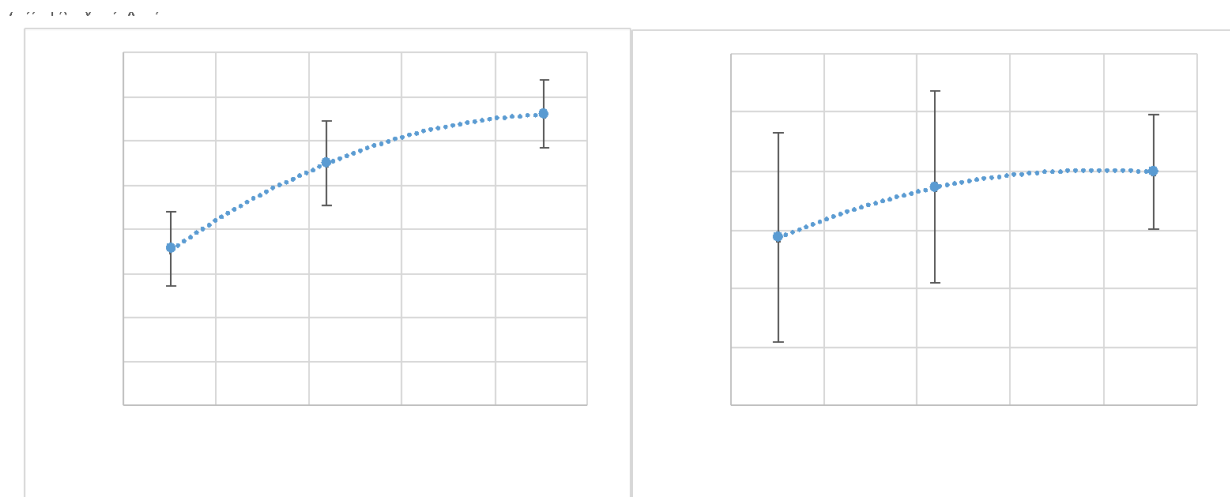
El agua de pozo utilizada en el riego tiene una CE de 670 μ S/cm y los cationes dominantes son Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ (3,10 y 0,70 meq/L), Na⁺ 2,43 y K⁺ 0,18 meq/L. Los aniones dominantes son el SO₄²⁻ (2,81 meq/L), Cl⁻ (2 meq/L) y HCO₃⁻ (1,6 meq/L). En cuanto a las características hídricas de este suelo la capacidad de campo (CC) es de 19% y el punto de marchitez permanente (PMP) del 10%, la densidad aparente en los primeros 30 cm es de 1,4 g/cm³, y en profundidad (30-60 cm) 1,45, siendo la CC 16,5% y el PMP 9%. Por lo tanto, en los primeros 50 cm del suelo la capacidad de retención total del suelo es de 53,7 mm. Fijando un umbral de riego de 40% lo disponible en esa profundidad es de 21,5 mm. El resumen de los riegos realizados durante el ciclo de cultivo para cada uno de los tratamientos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen mensual de las variables de riego: evaporación bruta del tanque A (EB), el k_c (Coeficiente de cultivo), la lámina de riego calculada (dr_c) y Lámina de riego aplicada según tratamientos (R2, R1 y R3) en mm, la precipitación efectiva (PPef), tensión media del suelo a 20 cm y 40 cm de profundidad tomada con sensor Watermark (W_{20} y W_{40}) en los diferentes tratamientos y el número de riegos realizados ($N^\circ R$), lámina total de riego + precipitación efectiva aplicada según tratamiento ($dr+ppe$).

Día	EB mm	Kc	dr_c	Lámina de riego mm			PPef	R1 W_{20}	R2 W_{20}	R2 W_{40}	R3 W_{20}	N° R
				R2	R1	R3						
Marzo	156,1	0,35	43,3	108,8	108,8	108,8	3,2	45,7	26,3	41,7	52,3	9
Abril	138,1	0,59	63,7	89,1	89,1	89,1	2,8	27,7	33,1	37,4	60,7	7
Mayo	84,9	0,76	51,3	33,7	22,6	43,7	0,7	34,5	39,5	47,0	74,5	4
Junio	51,3	0,84	34,3	32,7	25,4	75,2	2,8	41,5	43,0	62,3	68,3	3
Julio	45,3	1,00	36,3	25,8	20,1	39,6	18,0	25,5	30,5	51,0	48,5	3
Agos	103,5	1,16	96,8	94,2	73,1	124,5	2,0	23,4	29,8	44,8	48,1	9
Sept	132,3	1,21	128,0	145,5	106,5	212,5	15,4	29,6	28,8	56,6	41,0	15
Oct	207,7	1,24	206,1	150,5	91,4	224,2	38,8	47,0	41,5	61,8	44,3	13
Nov	74,5	1,19	71,2	55,1	30,5	52,3	0,0	0	0	0	0	4
Total	993,7	0,9272	730,8	735,3	567,5	969,8	83,8	30,5	30,3	44,7	48,6	67
dr+ ppe				819,1	651,3	1053,6						

Como se observa en la Tabla 2, R2 que corresponde al tratamiento testigo, recibió un total (sumando la ppef) de 819 mm. En R1 se aplicó un 79,5 % de la $dr+ppe$ (651 mm), mientras que en R3 se logró aplicar un 28,6% más de agua que el testigo (1054 mm).

El rendimiento de plantas enteras (bulbo más hojas) a la cosecha (R_{fha}), fue afectado significativamente por los tratamientos de riego. Las plantas secas con chala (R_{sha}) y bulbos limpios (R_{lha}) no presentaron diferencias significativas, sin embargo, muestran una tendencia a aumentar el rendimiento con mayor lámina de riego (Figuras 1 A y B).



Figuras 1. A: Efecto de los tratamientos de riego sobre el rendimiento fresco con chala de los Ajos Morados. B: Efecto de los tratamientos de riego sobre el rendimiento limpio seco de bulbos de Ajos Morados. Se presenta el ajuste cuadrático indicando el R^2 obtenido.

La eficiencia de uso del agua (EUA) expresada en kg/mm, fue afectada significativamente por los tratamientos. Como es lógico esperar, la mayor EUA se logró con el R1 y a medida que la lámina de riego se incrementó la EUA disminuyó. Los kc obtenidos (Tabla 2) son diferentes a los obtenidos en los otros tipos de ajos. Castro Franco et al (2014) en Colombia con ajos subtropicales de ciclo corto obtuvieron valores de kc que variaron en forma fluctuante desde 1,0 a 1,2 al principio para bajar a 0,7 antes del inicio de la bulbificación, luego se incrementaron nuevamente a 1,2 al final de este periodo y finalmente desciende en forma paulatina hasta cosecha a 0,4. Fabeiro et al (2003), en otros tipos de ajo encontraron que el kc varía desde 0,40 en el primer estadio, luego se incrementa en forma constante hasta un máximo de 1 en el segundo estadio, se mantiene en ese valor durante la bulbificación y al final disminuye gradualmente a 0,60. Lipinski y Gaviola (2005), en ajos colorados encontraron valores iniciales de 0,45, que aumentaron en forma exponencial a un máximo de 1,47 en el momento de máximo crecimiento de bulbo, para luego disminuir levemente en el momento de la cosecha. En el caso del Morado INTA se observa que se comienza con valores muy bajos en marzo, pero rápidamente se incrementa llegando a un máximo de 1,24 en octubre para luego disminuir hasta el momento de cosecha.

Establecer los valores de kc para un cultivo y sitio determinado, como se ha realizado en este trabajo, permite ajustar de manera más adecuada el riego y en consecuencia eficientizar el uso del agua, el cual es un recurso primordial en la producción agrícola de zonas áridas como la provincia de Mendoza.

Bibliografía

Castro Franco, H.E.; Cely Reyes, G.E. y Santos Dallos, Y. (2014). Determinación de los requerimientos hídricos del ajo. Cultura científica JDC, 56-64.

Fabeiro Cortes, C., Martín de Santa Olalla, F., López Urrea, R. (2003). Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agric. Water Manage. 59 (2), 155–167.

Lipinski, V.M y Gaviola S. (2005). Determinación de los coeficientes de cultivo para ajo colorado con riego por goteo, en el Valle de Uco, Mendoza, Argentina. XX Congreso Nacional del Agua, III Simposio de Rec Hid del Cono Sur. Res. P 493

Lipinski, V.M. & Gaviola, S. (2011). Optimizing water use efficiency on Violet and White Garlic types through Regulated Deficit Irrigation. Acta Horticulturae, 889:459-468.

EXPLORANDO LOS DESAFÍOS Y ESTRATEGIAS EN LA AGRICULTURA DE SAN JUAN: UN ESTUDIO DE CASO EN EL VALLE DE TULUM DESDE LA PERSPECTIVA DEL NEXO AGUA-ENERGÍA-ALIMENTOS-TERRITORIO

Goti Ayala Ana Ayelén¹, Roco Lisandro², Andrieu Jimena³

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), ² Centro de Economía para el Desarrollo Sostenible (CEDES), Facultad de Economía y Gobierno, Universidad San Sebastián, ³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)

ayelengoti@gmail.com

Introducción

En la última década, la provincia de San Juan ha experimentado una notable disminución en los caudales de los ríos que abastecen los diversos oasis de la región. Esta situación se entrelaza con un importante proceso de transformación energética por el que está atravesando la provincia en donde las políticas se centran en la implementación de paneles fotovoltaicos. En este contexto surge la necesidad de analizar la interrelación entre estos dos elementos en el territorio, particularmente en el sector agrícola, y comprender cómo afecta esta dinámica a la adopción de los sistemas de riego presurizado.

El presente documento constituye una parte integral de una investigación más amplia que busca caracterizar la interconexión entre el agua, la energía, los sistemas de riego y el territorio en el sector agrícola del Valle de Tulum. En esta presentación, se han resumido los resultados preliminares de un estudio de campo realizado durante el periodo 2022-2023 mediante una encuesta enfocada en tres grupos específicos de Unidades Productivas Locales (UPL). Se ha evaluado cómo se gestiona el agua dentro de las fincas, tanto a través de sistemas de riego presurizado como tradicionales, y además si cada grupo presenta una demanda energética proveniente de fuentes convencionales o renovables.

El propósito de este estudio es comprender las estrategias implementadas por las UPL para hacer frente a las problemáticas derivadas de la escasez hídrica. En este contexto, marcado por la creciente presión sobre los recursos hídricos, entender cómo las UPL del sector agrícola están adaptando sus prácticas resulta fundamental para pensar los desafíos actuales y promover un desarrollo agrícola más resiliente y sostenible en la región. Es importante considerar que la implementación de tecnologías más eficientes, como sistemas de riego presurizado o fuentes energéticas renovables, puede dar lugar a la Paradoja de Jevons. Esta teoría plantea que las mejoras en la eficiencia de uso del agua y la energía pueden generar aumentos en el consumo de estos recursos debido a la disminución de los costos y a una mayor disponibilidad (Ruiz, Martínez, y Figueroa, 2015).

Esta investigación se enmarca en una perspectiva emergente que integra el agua, la energía y los alimentos bajo el concepto del Nexo. Este enfoque reconoce la interdependencia y la interrelación entre estos tres elementos, destacando la necesidad de una gestión integral. Además, al optimizar los subsistemas de manera conjunta dentro de este marco conceptual, las políticas y acciones pueden ser más eficientes en términos de rendimiento (Smajgl, Ward y Pluschke, 2015). Asimismo, hay autores que proponen la inclusión del componente tierra en este enfoque, dado su papel crucial

en la producción de alimentos, la generación de energía, la reserva de agua, provisión de servicios ecosistémicos esenciales (Kopittke et al., 2019; Ringler, Bhaduri y Lawford, 2014).

Objetivo

El objetivo de este trabajo es comprender las estrategias implementadas por las UPL respecto a la interconexión entre el agua, la energía, los sistemas de riego y el territorio en el sector agrícola en base a los resultados obtenidos en una encuesta realizada a UPL.

Materiales y Métodos

Se realizó una encuesta separada en nueve componentes, de las cuales en este documento se presentará el análisis de algunos datos relacionados con el terreno, los sistemas de producción, el agua, los sistemas de riego y la energía. Se contactaron a las UPL a través de método de bola de nieve por medio de productores, empresas de instalación de energías renovables y de referentes del territorio. Las mismas se las encuestó de manera presencial en la finca, a través de un formulario y por llamada telefónica. Se lograron 106 entrevistas a 79 productores, que representan el 4% del total de área cultivada en la zona de estudio, según el Censo Nacional Agropecuario del año 2018.

Resultados

Se realizaron encuestas en todos los departamentos del Valle en donde se puede ver que en base a los sistemas de riego el 36% tiene solo riego presurizado y el 24% riego mixto (riego presurizado y riego tradicional). Por otro lado, el 20% de las UPL encuestadas tienen paneles solares en la finca las cuales se concentran el 63% en 3 departamentos, Pocito con el 32% y 9 de Julio y Caucete con el 16%.

La superficie regada representa el 63% promedio de la superficie total del Valle, lo que está indicando que se está subutilizando el territorio disponible para cultivos. Uno de los factores que influyen en este comportamiento es que el 93% de los encuestados declaran tener problemas en relación al agua principalmente en cantidad y frecuencia. Se puede identificar que los cultivos predominantes son los frutales con el 87% en donde la vid tiene una representación del 56% y el olivo un 18% del total de hectáreas cultivadas. Luego, le siguen las hortalizas con el 12%.

En cuanto al acceso del agua los encuestados declaran obtenerla a través de turnos de riego, que es gestionada por el Departamento de Hidráulica (DH) dependiente del Ministerio de Infraestructura, Agua y Energía a través de la Secretaría de Recursos Hídricos y Energías Renovables, y a través de pozos. El 67% obtiene el agua a través de ambas fuentes, el 25% solo del turno de riego y el 8% solo de pozo. Los que tienen turno declaran que el recurso hídrico entregado no alcanza ya que han disminuido la cantidad de entrega, tienen menos horas de entrega, aumentó los intervalos entre turnos y además se le suma las cortas que realizan en periodos de bajo consumo del agua, y por eso refuerzan el riego con la utilización de los pozos los cuales alguno han tenido que reactivarlos o profundizarlos.

Por el lado de la energía el 95% de las UPL tienen alguna fuente energética, de las cuales el 80% tiene energía convencional de la red y el 20% cuenta con instalación combinada con paneles solares para utilizarlos específicamente en la producción de alimentos, pero hasta el momento ningún productor se ha podido independizar completamente de la red energética convencional. El 67% de las UPL comparten medidor con la vivienda que hay en la finca principalmente, pero también la

utilizan para iluminar el terreno, galpones, bodegas, oficinas, refrigeración y calefacción de ambientes, y para la transformación de la producción en alimentos.

Con respecto a los paneles solares, se puede ver que la cantidad instalada no es proporcional con la cantidad de hectáreas cultivadas. Esto indica que no es una limitante a la hora de implementar este sistema energético, lo que si se ha visto como restricción son los costos de adquisición del sistema. La mayoría plantea que no tuvo inconvenientes en la instalación y el 40% fue financiado solo por capital propio, el 25% fue a través de aportes estatales, el 20% de fuentes de financiamiento de bancos privados, los cuales algunos tienen tasas subsidiadas, y un 10% utilizó una combinación de dichas fuentes. Por otro lado, utilizan en promedio alrededor del 60% de energía solar respecto al total de la energía que necesitan. Dos de las problemáticas identificadas por los productores son el tema de almacenar energía y de la inyección a la red. De la primera dificultad ninguno de los productores esta almacenando ya que tiene un alto costo las baterías y plantean que no son amigables con el ambiente. En el caso de la inyección a la red, la mitad de las UPL encuestadas tiene un medidor bidireccional, este mecanismo está en proceso de desarrollo ya que los productores se han encontrados con trabas administrativas para formalizar el trámite.

Respecto al sistema de riego, el 71% de las UPL utilizan al menos una bomba para producir donde la cantidad depende de la superficie plantada, la forma de acceso al agua, el almacenamiento de esta y/o sistemas de riego que tiene la finca. El financiamiento de estas tecnologías el 56% proviene solo de capital propio, el 11% de capital estatal, el 6% de capitales bancarios privados y el 26% de alguna combinación.

En cuanto a lo territorial, se puede ver que la entrega de agua se hace cada 6 días en promedio en las zonas más cercanas al Gran San Juan, extendiéndose en las zonas más alejadas, en cuanto a cantidad de agua y frecuencia.

Conclusiones y recomendaciones

En San Juan se está implementando políticas de financiamiento para el acceso e instalación de tecnologías más eficientes como los sistemas de riego presurizado y paneles solares, dado las problemáticas principalmente relacionadas con los aumentos de los costos energéticos y la falta de agua para riego que ha experimentado la provincia en la última década. Por esta razón se puede ver que las UPL han variado su estructura productiva incluyendo tecnologías más eficientes que se han implementado en los últimos 10 años. Se identifica que para realizar estas adaptaciones el Estado juega un papel importante. Esto se ve reflejado principalmente en las políticas de financiamiento. Pero podría significar una mayor demanda general de agua y energía si no se acompaña con otras políticas integrales que gestionen el uso sostenible de estos recursos.

Se ha identificado diferencias de entrega de agua entre lo centro-urbano y la periferia. Esta situación sumado a la crisis hídrica que atraviesa la provincia, ha generado que se reactiven o profundicen pozos para cubrir el faltante, en donde no siempre se tiene un registro de estos procesos, lo que genera una incertidumbre en el uso y disponibilidad del agua subterránea. Esto se vincula directamente con la energía, ya que muchos se han vistos afectados por el aumento tarifario, y el mantenimiento de las bombas. Dada esta situación una de las alternativas que los productores han encontrado es la instalación de paneles solares y muchos tienen como objetivo llegar a independizarse del uso de la red convencional.

Por otro lado, se puede ver que las políticas vinculadas a la incorporación de tecnologías más eficientes intra finca se da a nivel provincial pero el enfoque del ordenamiento territorial se da a nivel departamental (Malmod, Tonelli, Deiana, 2014) y que la gestión del agua se realiza a través de un ente autárquico que es el DH, lo que genera políticas y decisiones en los elementos del Nexo de manera independiente. Bajo este contexto, es importante incluir estos nuevos enfoques en las

políticas públicas con una perspectiva más integrada del agua, la energía, la tierra y los alimentos, y también incluir la perspectiva de los diferentes actores sociales ya que puede contribuir al bienestar de las comunidades, al uso eficiente de los recursos y el territorio.

Bibliografía

Kopittke, P. et al. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, artículo 105078
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>

Malmod, A., Tonelli, I. y Deiana, S. (Septiembre, 2014). "Crecimiento urbano periférico. Planificación y mercado de suelo en la ciudad de San Juan, Argentina". Trabajo presentado en XI Simposio de la Asociación Internacional de Planificación Urbana y Ambiente (UPE 11) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU - UNLP), La Plata, Argentina

Ringler, C., Bhaduri, A. y Lawford, R. (2014). "The Nexus across Water, Energy, Land and Food (WELF): Potential for Improved Resource Use Efficiency?". *Global Water News*, N° 14, Global Water System Project (GWSP), International Project Office, Bonn

Ruiz, D., Martínez, J. y Figueroa, A. (2015). Importancia del "efecto rebote" o paradoja de Jevons en el diseño de la política ambiental. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 14(27), 49-59. <https://doi.org/10.22395/rium.v14n27a3>

Smajgl, A., Ward, J. y Pluschke, L. (2015). "The water-food-energy Nexus – Realising a new paradigm". *Journal of Hydrology*, 533-540

CALIBRACIÓN A CAMPO DE SENSOR DE POTENCIAL HÍDRICO CONTÍNUO. LIMITACIONES Y POTENCIALIDADES

Bonoris Pedro ², Schilardi Carlos¹

1. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina 2. Bodega Trivento - Mendoza. Argentina

ceschilardi@uncu.edu.ar

Introducción

El monitoreo del estado hídrico del viñedo es crucial para gestionar eficazmente el riego y maximizar la calidad de la cosecha. Actualmente, existen diversos métodos y herramientas para llevar a cabo este monitoreo. Algunos de estos métodos implican la observación directa de los puntos de crecimiento (ápices), aunque este enfoque tiende a ser subjetivo. Otros métodos, más precisos, hacen uso de sensores y herramientas especializadas, como la medición de la tasa de intercambio gaseoso mediante porómetros, o la evaluación del potencial hídrico de hojas y tallos utilizando la cámara Scholander, desarrollada en la década de 1960 (Scholander et al., 1965). Entre estos métodos, la medición del potencial hídrico del tallo se destaca como uno de los indicadores más confiables y ampliamente aceptados (Shackel et al., 1997). Sin embargo, estos métodos convencionales requieren la presencia de personal calificado y consumen mucho tiempo a campo en su medición.

El objetivo del presente trabajo fue validar en un viñedo, una herramienta innovadora que permita medir y visualizar los datos del potencial hídrico del tallo de manera remota en tiempo real. Esta herramienta se basa en el uso de sensores especiales conectados al tronco de la planta, conocidos como microtensiómetros. Para validar la precisión de estos microtensiómetros, se compararon los valores obtenidos del microtensiómetro con mediciones in situ del potencial hídrico del tallo, con cámara Scholander. Este enfoque busca ofrecer una alternativa eficiente y precisa para el monitoreo del estado hídrico del viñedo, reduciendo la necesidad de recursos humanos y el tiempo requerido para llevar a cabo estas mediciones críticas, permitiendo dar rapidez y seguridad en la toma de decisiones respecto al riego.

Materiales y Métodos

La validación del microtensiómetro se realizó en un viñedo cv. Malbec localizados en la región de los Chacayes, Tunuyán, Mendoza, Argentina; el destino de la uva proveniente de este viñedo es para producir vino de calidad. El viñedo esta conducido en espaldero alto con plantas a distanciadas de 2 m entre hileras y 1.33 m entre plantas, implantado en el año 2012 sobre un suelo de textura franco arenosa, con alto porcentaje de piedras (70%) y una capa arable de poca profundidad (0 a 20 cm). El sistema de riego por goteo consta de goteros auto compensados tipo botón de 2 l/h distanciados a 0,66 cm.

La elección de la zona de validación del viñedo, se realizó con una ambientación del cuartel por NDVI, mediante la plataforma Auravant (V2024, Trivento, Argentina). Se buscó una planta que fuera representativa, con buen estado general y con plantas vecinas en la misma condición. El 26 de Octubre de 2023, se instalaron en la planta representativa, mediante el método descripto por

Pagay,V.(2021), dos microtensiometros MT, FloraPulse, Davis, CA, USA. Los datos de potencial tallo obtenidos por el microtensiómetro se recolectaron en un registrador de datos (Florapulse) conectado vía sistema global para las comunicaciones (GSM) a la plataforma digital Olive+ (V2024, Olivos, Chile).

Para la validación de los datos del microtensiómetro, se realizaron mediciones de potencial hídrico de tallo (PHT) con cámara de Scholander (Marca Biocontrol, Buenos Aires) comenzando a medir el día 4-12-2023 y finalizando con la última medición pocos días antes de la cosecha el día 20-3-2024, periodo en el que se realizaron 22 muestreos. La unidad de muestreo consistió en 3 plantas adyacentes sobre la misma hilera donde la planta central tenía instalado los microtensiómetros. En cada día de medición se muestreó una hoja por planta y se registró el dato de potencial tallo y la hora de lectura. Se midió alrededor de las 13:30 h. El registro de las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa y radiación) se realizó con una estación meteorológica (Adcon, Alemania) ubicada dentro la misma propiedad, para verificar que las condiciones meteorológicas al momento de las mediciones sean las adecuadas para la medición del PHT.

Se ajustó un modelo de calibración lineal, que relaciona el potencial tallo medido con los microtensiómetros respecto al medido con la cámara de Scholander. El potencial hídrico de tallo predicho posteriormente se comparó estadísticamente con las medidas reales de los potenciales hídricos de tallos medidos a campo. Los análisis estadísticos comprenden el cálculo del coeficiente de determinación (R^2), el error cuadrático medio (RMSE) y el índice de concordancia o D-Index (Willmott et al., 2012).

$$(1) RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}}$$

Donde:

RMSE: error cuadrático medio

P_i : valor predicho

O_i : valor observado

n: tamaño de muestra.

$$(2) D - Index = d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=0}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=0}^n \left(|P_i - O_{Mi}| + |O_i - O_{Mi}| \right)^2} \right]$$

Donde:

D-Index = d: índice de concordancia

P_i : valor predicho

O_i : valor observado

O_{Mi} : media del valor observado

El RMSE, indica el ajuste absoluto de los datos al modelo, destaca que tan cerca están los valores observados a los predichos por el modelo. El D-Index indica la precisión de la predicción comparada

a una línea 1:1 (valores predichos vs valores observados). Mientras que los valores de R^2 sólo dan una indicación de la bondad de ajuste del modelo (precisión con la que los puntos de datos se encuentran en la línea de regresión ajustada). Para un buen ajuste el D-Index y R^2 deben acercarse a 1, mientras que los valores más bajos de RMSE indican un mejor ajuste (Van Rensburg et al., 2013).

Resultados

La Figura 1a detalla la instalación del microtensiómetro a campo. La Figura 1b detalla el ajuste del modelo lineal de potencial tallo microtensiómetro (Ptm) versus potencia tallo con cámara de Scholander (Pts). La ecuación del modelo ajustado es la siguiente:

$$(3) \text{ Pts} = -2.3229 + 0.640792 \cdot \text{Ptm} \quad R^2 = 0.86 \quad \text{RMSE} = 1.16 \quad \text{D-index} = 0.91$$

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 86% de la variabilidad en los valores de potencial de tallo con cámara de Scholander. El RMSE destaca un muy buen ajuste entre los valores predichos versus los observados. El D-Index destaca una muy buena precisión de la predicción del modelo lineal.

a)



b)

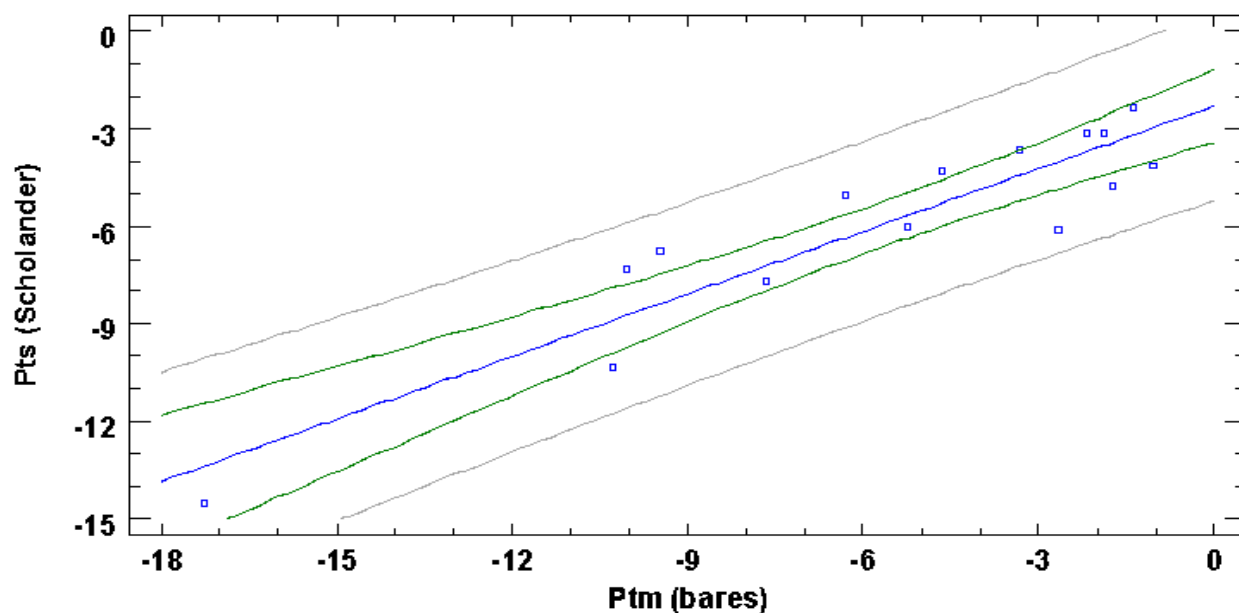


Figura 1: a) instalación a campo de microtensiómetros; b) modelo de regresión lineal ajustado

Conclusiones y Recomendaciones

Las mediciones observadas de potencial hídrico de tallo del microtensiómetro MT, FloraPulse, Davis, CA, USA, en las condiciones del ensayo a campo durante una temporada vitícola, previo ajuste con cámara de Scholander, son adecuadas para la toma de decisión para decidir el momento de riego en viñedos. El dispositivo validado resultó ser de utilidad para establecer el estado hídrico de viñedos en suelos con elevada pedregosidad, donde es muy limitado el adecuado funcionamiento de sensores de humedad de suelos y donde el monitoreo de riego con cámara de Scholander es muy laborioso y requiere personal calificado para la toma de datos. Se recomienda analizar la estabilidad de datos del microtensiómetro en una o dos temporadas más y verificar en qué momento es necesario cambiar el sensor de planta.

Bibliografía

Scholander PF, Hammel HT, Bradstreet ED, Hemmingsen EA (1965) Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science* 148:339–346

Shackel, K.A., Ahmadi, H., Biasi, W., Buchner, R., Goldhamer, D., Gurusinghe, S., Hasey, J., Kester, D., Krueger, B., Lampinen, B., McGourty, G. (1997). Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. *Hort. Technology*, 7(1): 23-29.

Pagay, V. (2021). Evaluating a novel microtensiometer for continuous trunk water potential measurements in field-grown irrigated grapevines. *Irrigation Science*, 40(1), 45–54

Van Rensburg, L.D.; Van der Westhuizen R.J. (2013). Rapid procedure to calibrate EC-10 and EC-20 capacitance sensors in soil. ISSN 0378-4738 (Print) = *Water SA* Vol. 39 No. 5 October 2013. ISSN 1816-7950 (On-line) = *Water SA* Vol. 39 No. 5 October 2013.

Willmott, Cort J.; Robeson, Scott M.; and Matsuura Kenji (2012). Short Communication A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*. *Int. J. Climatol.* 32: 2088–2094.

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE APLICACIÓN DE NITROGENO EN CEBOLLA

Muzi Enrique^{1,2}, Neffen Evelyn^{1,2}, Baffoni Patricia^{1,2}, Martinez Roberto Simon^{1,2}

¹Estacion Experimental Agropecuaria Valle Inferior del Río Negro, Convenio Provincia Río Negro-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ²Universidad Nacional de Río Negro

muzi.enrique@inta.gob.ar

Introducción

En Argentina se siembran entre 17.000 y 20.000 hectáreas anuales de cebolla. El sur de la Provincia de Buenos Aires y los valles irrigados de la Provincia de Río Negro constituyen la principal zona productora de cebolla del país, representando un 65% de la producción. De esta misma región, proviene el 85% de la cebolla que se exporta, mayoritariamente a Brasil (SAGyP, 2023).

En el del Valle Inferior de Río Negro (VIRN) la cebolla es el principal cultivo hortícola. Según las declaraciones juradas de cultivo, la superficie alcanzó su máximo histórico de 3.373 ha en la temporada 2021/22, y se estiman 2.500 ha para la temporada 2023/24 (Gonzalez Kehler, 2024).

Ensayos en el VIRN bajo riego gravitacional han documentado la respuesta del cultivo al agregado de 100 a 150 kg/ha de nitrógeno, con densidades de 300 mil a 500 mil plantas por hectárea. La fertilización nitrogenada debe iniciarse cuando las plantas tienen tres hojas, en dos o tres aplicaciones fraccionadas y la última debe llevarse a cabo antes que comience el proceso de bulbificación (Martinez y Margiotta, 1995; Van Konijnenburg, 2009).

En los últimos años se observa una creciente incorporación de sistemas de riego por goteo en el cultivo de cebolla en el VIRN. Estos sistemas suponen una contribución al mejoramiento de la eficiencia del manejo del agua de riego, y además permiten la introducción de la fertirrigación (Lipinski *et al.*, 2002; Aguado *et al.*, 2015; Varela, 2023).

En este sentido, debemos resaltar que la modalidad o forma en que se aplica el fertilizante nitrogenado puede ser tan importante como la dosis. Sin embargo, no se ha evaluado de manera local en el cultivo de cebolla bajo riego por goteo el efecto de la aplicación del nitrógeno mediante fertirriego en comparación con la aplicación sobre la superficie del surco.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta al uso del nitrógeno, el calibre y el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) ante dos formas de aplicación de nitrógeno, fertirriego y superficial sobre las 4 hileras de plantas.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Valle Inferior del Río Negro, Convenio Prov. Río Negro – INTA (40°48'S; 63°05'O) en la temporada 2023-2024 sobre un suelo de textura arcillo limoso clasificado como Gypsiustert arídico (Reinoso, 2014). El cultivo predecesor fue un verdeo de invierno. Las labores previas a la siembra incluyeron: dos pasadas de rastra de discos y la conformadora de surco.

La siembra se realizó el 13-09-2023, con una sembradora manual de empuje de doble línea tipo “chorrillo”, de 4 líneas sobre surco de 0,8 m de ancho. Se utilizó semilla de la cultivar Grano de Oro a una densidad de 7,4 kg ha⁻¹.

Luego de la siembra se colocó la cinta de goteo en el centro del surco, quedando dos hileras de cultivo para cada lado. Los goteros estaban distanciados cada 0,1 m y erogaban un caudal de 1 l h⁻¹. La programación de riego se realizó mediante el software Cropwat, utilizando los datos de la estación meteorológica local y el kc de FAO. Debido a inconvenientes con la bomba de riego, durante el periodo de bulbificación (5 días de diciembre y 4 días de enero) no se regó según la programación, por lo tanto, a todas las parcelas se le aplicó el 91% de las necesidades del cultivo.

Para el control de malezas se aplicaron Pendimetalin, Cletodim y Glifosato. También se realizaron dos carpidas manuales. Debido a condiciones climáticas favorables para el mildiu, se aplicó preventivamente azoxistrobina.

La fuente de N fue urea y la dosis fue 510 kg ha⁻¹. Se realizaron tres aplicaciones de 170 kg ha⁻¹ a partir de la tercera hoja verdadera y hasta inicio de bulbificación. En el tratamiento fertirriego, se diluyó la urea en el tanque fertilizador y se inyectó con bomba al final del turno de riego (Figura 1). En el caso del tratamiento de fertilización superficial, se esparció la dosis de urea sobre las 4 hileras de cebolla e inmediatamente se regó.



Figura 1- Dilución de dosis de urea en tanque fertilizador e inyección con bomba fertilizadora.

El 15-02-24 se cosechó de forma manual 2 m lineales del surco central, en 2 posiciones distintas tomadas al azar. Las plantas enteras se colocaron en bolsas de red plástica monofilamento en un sitio con ventilación natural y luego de dos meses se realizó el descolado, clasificación y peso. Los bulbos se clasificaron de acuerdo con el calibre según norma del MERCOSUR, Resolución IASCAV N° 88/95. Además, se estimó la productividad parcial de N (PPN) mediante el cociente entre el rendimiento total de bulbos de cebolla y la dosis total de N aplicada (Dobermann, 2007).

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. La superficie de cada unidad experimental fue de 24 m² (3 surcos de 10 m de longitud). Para las variables tamaño de bulbo, rendimiento y PPN se realizó el análisis de la varianza y la prueba de Tukey con un nivel de significancia p=0.05, mediante el software Infostat (Di Rienzo et al., 2016).

Resultados

En la Tabla 1 podemos observar para cada tratamiento el porcentaje de bulbos sanos cosechados según el diámetro ecuatorial comercial del Mercosur. Se hallaron diferencias significativas, habiendo mayor proporción del Calibre N°4 bajo fertirriego que superficial (p<0,05). Asimismo, en ambos tratamientos, más del 50% de los bulbos se concentró en el Calibre N°3. Por otro lado, para el

tratamiento fertirriego la sumatoria de los calibres 3 y 4 (preferidos por el mercado nacional e internacional) representó el 75% del total.

Tabla 1- Porcentaje de calibres del total de bulbos sanos cosechados. letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos test de Tukey ($\alpha=0.05$).

Tratamiento	Pickle	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5
Fertirriego	2,0% a	21,3% a	55,8% a	20,9% a	0,0% a
Superficial	3,5% a	28,7% a	59,4% a	8,4% b	0,0% a

Se encontraron diferencias significativas en el rendimiento comercial y la PPN ($p<0,05$) (Figura 2). El tratamiento con aplicación de urea mediante fertirriego provocó un aumento del rendimiento de $18,5 \text{ t ha}^{-1}$ respecto a la fertilización de manera superficial. A su vez, la PPN promedio los 240 y 159 kg de bulbos $\text{kg}^{-1} \text{ N}$ aplicado para fertirriego y superficial, respectivamente.

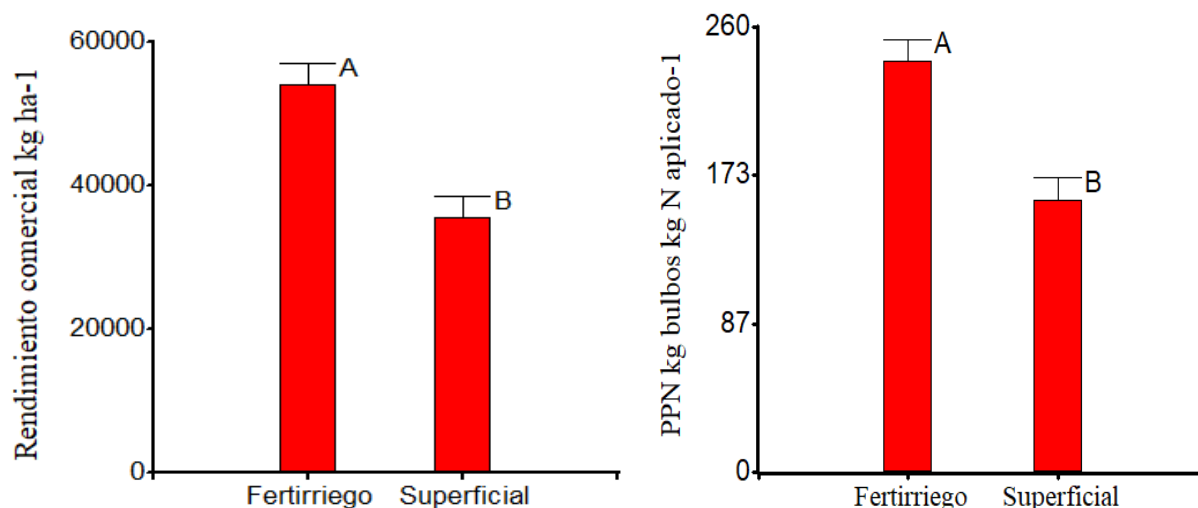


Figura 2 – Izquierda: rendimiento comercial en kg ha^{-1} . Derecha: productividad parcial de N en kg de bulbos $\text{kg}^{-1} \text{ N}$ aplicado. Para cada variable letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos test de Tukey ($\alpha=0.05$).

Conclusiones

La aplicación de urea mediante fertirriego aumentó el rendimiento, la productividad parcial del nitrógeno y mejoró el calibre de la cebolla en comparación con la aplicación de manera superficial. Se debe continuar con la evaluación de diferentes prácticas en relación con la aplicación del riego y fertilizantes con el fin de mejorar la eficiencia en el uso de estos recursos.

Bibliografía

Dobermann, A., 2007. **Nutrient use efficiency**—measurement and management. In: Krauss, A., Isherwood, K., Heffer, P. (Eds.), *Fertilizer Best Management Practices: General Principles, Strategy for Their Adoption and Voluntary Initiatives Versus Regulations*. International Fertilizer Industry Association, Paris, France, pp. 1–28.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat versión 2016*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Gonzalez Kehler, J. J. 2024. Panorama del Circuito Productivo de la Cebolla en Brasil. *Valle Inferior Informa* 17 (92): 1-12.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DEL RIEGO POR PIVOTE CENTRAL EN LA REPÚBLICA ARGENTINA EN EL PERÍODO 1995-2020

Barrionuevo Néstor¹, Waldman Cynthia¹, Martínez Roberto¹ y Barrionuevo Julián²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ²Universidad Nacional de Hurlingham

barrionuevo.nestor@inta.gob.ar

Introducción

El riego por aspersión en cultivos extensivos mediante el sistema de pivote central comenzó a implementarse en nuestro país a principios de la década del noventa. Este avance fue impulsado tanto por la estacionalidad de las precipitaciones como por el aumento en la importación de tecnología de riego en el sector agropecuario (Martellotto *et al.*, 2005). Los lotes irrigados fueron identificados de manera visual en imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8, digitalizados y cuantificados en un sistema de información geográfica. Los resultados obtenidos indican un crecimiento sostenido durante el período bajo estudio (Barionuevo, *et al.*, 2016).

Objetivo

El objetivo del presente trabajo es describir la evolución espacio temporal de las zonas irrigadas por el sistema de riego por pivote central (RPC) en la República Argentina en el período 1995-2020.

Materiales y métodos

La metodología utilizada consistió en la identificación visual en imágenes satelitales de las zonas con forma circular que se observan en los lotes agrícolas en los cuales se utiliza el RPC y su digitalización e incorporación a un sistema de información geográfica (Buzai y Baxendale, 2006). De esta manera se generaron capas de información en formato vectorial, lo cual permitió cuantificar las áreas bajo riego para cada año relevado: 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.

La interpretación visual de las imágenes tiene en cuenta la textura, estructura, emplazamientos o disposición donde se incorpora un criterio visual para separar los objetos geográficos (Chuvieco, 2002). Las imágenes que se utilizaron fueron de las misiones Landsat 5 del sensor *Thematic Mapper* (TM), Landsat 7 *Extended Thematic Mapper Plus* (ETM+) y del Landsat 8 el sensor *Operational Land Imager* (OLI), obtenidas del sitio web del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Para realizar el análisis de los círculos de riego por pivote central se utilizó el software QGIS. Fueron procesadas las imágenes satelitales cuya resolución espacial es de 30 metros por píxel, lo que permite una visualización nítida de las áreas, especialmente en las imágenes de verano.

Resultados

Luego de varios trabajos presentados sobre el relevamiento del riego por pivote central a nivel provincial y nacional el crecimiento de la implementación de este tipo de riego por aspersión ha aumentado en forma constante durante estos 25 años analizados.

Los resultados del año 2020 muestran que Buenos Aires comparada las superficies regadas es la provincia principal donde se utiliza el riego por aspersión mediante pivote central. En segundo lugar, se encuentra la provincia de Córdoba y siguen San Luis, Catamarca y Santa Fe como las principales provincias donde es utilizado este tipo de riego (Figura 1) y (Tabla 1).

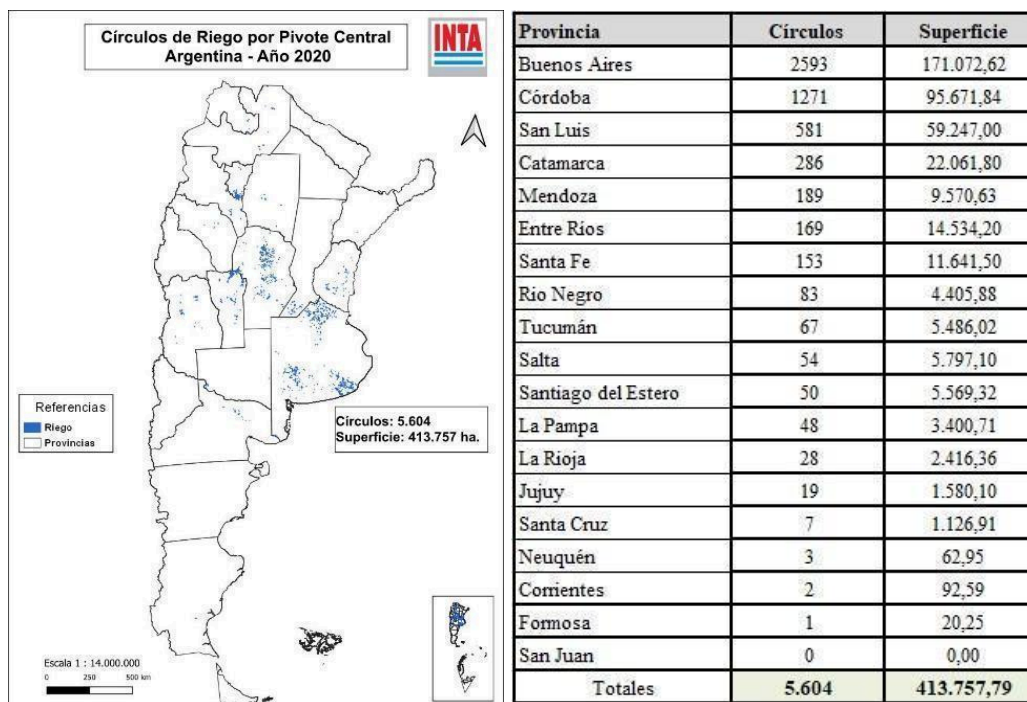


Tabla 1- Análisis del riego por pivote central en Argentina. Figura 1- Relevamiento del riego en el año 2020.

A nivel país en el año 1995 se relevaron 91 círculos de riego ocupando una superficie total de 8.126 ha mientras que en el año 2020 se identificaron 5.604 círculos con una superficie estimada de 413.757 ha. El mayor crecimiento en la implementación de esta tecnología de riego se produjo entre los años 2010 y 2015. En ese período crecieron en superficie de 246.525 ha, en el año 2010 a 388.303 ha, en 2015 y en cantidad de círculos de riego pasó de 3.177 a 5.313 respectivamente (Figuras 2 y 3).

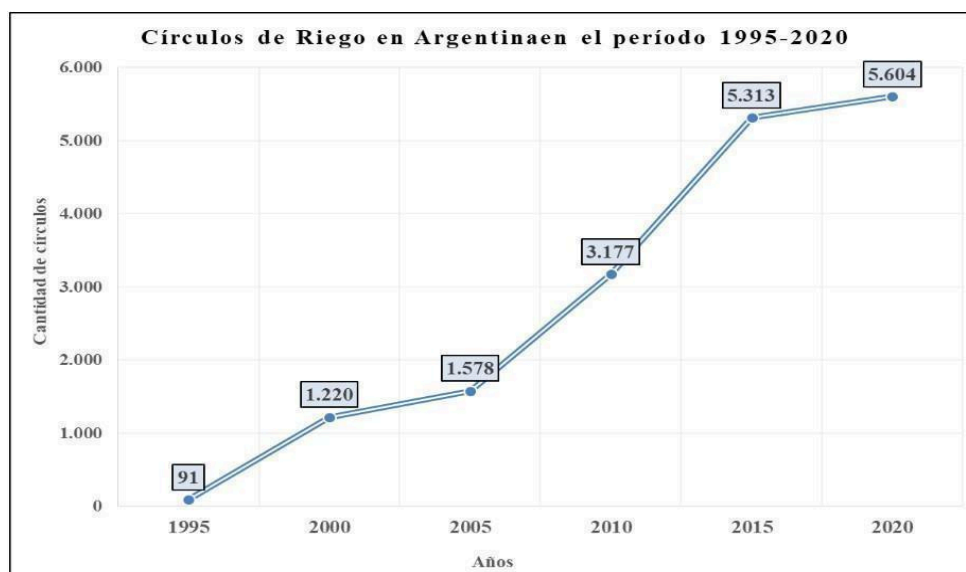


Figura 2- Cantidad de círculos de riego entre los años 1995-2020.

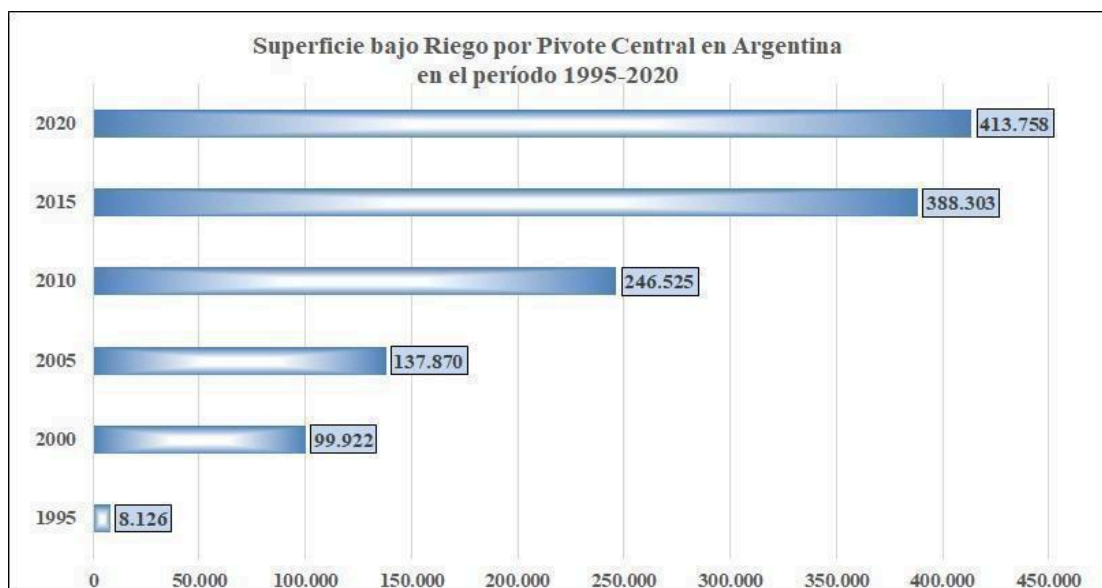


Figura 3- Superficie bajo pivote de riego entre los años 1995-2020.

Entre las principales provincias donde se utiliza el riego por pivote central se pudo analizar que Buenos Aires en el año 2010 pasa a ser la primera que hasta ese momento era Córdoba. Esta tendencia se mantuvo en los años siguientes, y en 2015 se relevaron 2.307 círculos en Buenos Aires, 1.472 en Córdoba y 560 en Santa Fe, respectivamente (Figura 4).

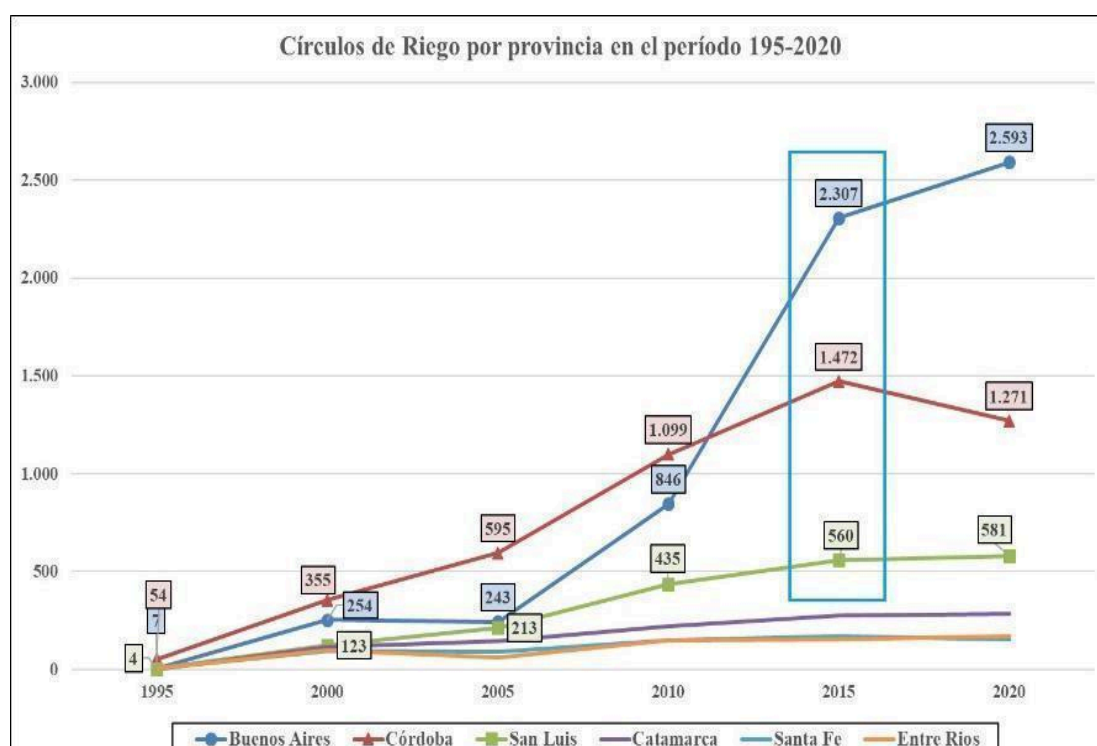


Figura 4- Cantidad de círculos de riego entre los años 1995-2020.

Conclusiones y recomendaciones

El crecimiento en la aplicación del riego por pivote central en Argentina fue sostenido durante el período 1995-2020. Es recomendable generar el relevamiento de forma automática para mejorar los tiempos de procesamiento de imágenes satelitales y vectorización de los círculos de riego.

Bibliografía

Barrionuevo, N., German, L. y Waldman, C. (2016). Análisis espacio temporal del riego por pivote central en la provincia de Buenos Aires en el período 1995-2015. Sociedad Latinoamericana de Especialistas Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial –SELPER–, Iguazú, Misiones, Argentina.

Buzai, D. y Baxendale, C. (2012). Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica ordenamiento territorial, temáticas de base vectorial. Lugar editorial. Buenos Aires.

Chuvieco, E. (2002). Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Editorial Ariel Ciencia. España.

Martellotto, E.; Salinas, A.; Lovera, E.; Salas, P.; Álvarez, C; Giubergia, J. y Lingua, S. (2005). Inventario y caracterización del riego suplementario en la provincia de Córdoba. Boletín Nro. 10. I.S.S.N: 1668-2882. Área de agronomía. E.E.A. INTA Manfredi. Área Agronomía. Córdoba. Argentina.

ESTIMACIÓN DE CULTIVOS BAJO RIEGO POR PIVOTE CENTRAL EN EL SUDESTE DE BUENOS AIRES MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES

¹ Podetti Gonzalo, ¹ Waldman Cynthia, ¹ Vitale Juan Pablo, ¹ German Leonardo y ¹ Barrionuevo Nestor

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

podetti.gonzalo@inta.gob.ar

Introducción

Durante las últimas cuatro décadas, ha habido un aumento significativo en la cantidad de tierras cultivadas bajo riego en Argentina. En la provincia de Buenos Aires, que cuenta con 12.3 millones de hectáreas aptas para la agricultura, se están regando 166.483 hectáreas, principalmente mediante el método de riego por aspersión, en particular el sistema de pivote central (Barrionuevo et al., 2016).

En el sudeste de la provincia de Buenos Aires, la agricultura extensiva es predominante, siendo los principales cultivos, la soja, el maíz, el girasol y la papa. El uso de tecnología de sensores remotos permite identificar los cultivos bajo riego y estimar su superficie.

Para este estudio se utilizó la plataforma Google Earth Engine (Gorelik et al., 2017), que ofrece acceso libre a catálogos de imágenes satelitales. Esta plataforma permite el procesamiento de datos satelitales mediante el uso del lenguaje JavaScript, facilitando así el análisis de las áreas de cultivo bajo riego.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue estimar la superficie de los cultivos de verano bajo riego por pivote central durante la campaña 2022-2023 en la zona sudeste de la provincia de Buenos Aires, utilizando la clasificación supervisada de imágenes satelitales en la plataforma Google Earth Engine (GEE).

Materiales y métodos

El área de estudio comprendió siete partidos ubicados en el sudeste de la provincia de Buenos Aires: Lobería, Necochea, General Pueyrredón, General Alvarado, Tandil, Azul y Balcarce (Figura 1). Los lotes bajo riego fueron identificados igualmente mediante imágenes satelitales Sentinel-2 del período de estudio, obtenidas de la plataforma Google Earth Engine (GEE), y digitalizados utilizando el software de información geográfica QGIS.

La clasificación se llevó a cabo en la plataforma GEE, utilizando la colección "COPERNICUS/S2_SR", que incluye imágenes Sentinel-2 con preprocesamiento de nivel 2A, corregidas atmosféricamente y con valores de reflectancia en la parte inferior de la atmósfera, BOA (Bottom Of Atmosphere). Para el análisis, se emplearon las bandas del espectro visible, infrarrojo cercano. Cada partido fue clasificado con el fin de determinar la superficie correspondiente a cada cultivo identificado. Se seleccionaron imágenes libres de nubes para generar mosaicos por cada zona y por mes, desde

enero de 2022 hasta marzo de 2023. Se calculó el índice de vegetación NDVI de cada uno de ellos de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\frac{(NIR - VISrojo)}{(NIR + VISrojo)}$$

Donde: NIR corresponde a la banda del infrarrojo cercano y VISrojo a la banda rojo del espectro visible.

La clasificación se efectuó utilizando el conjunto de mosaicos y los índices de vegetación obtenidos.

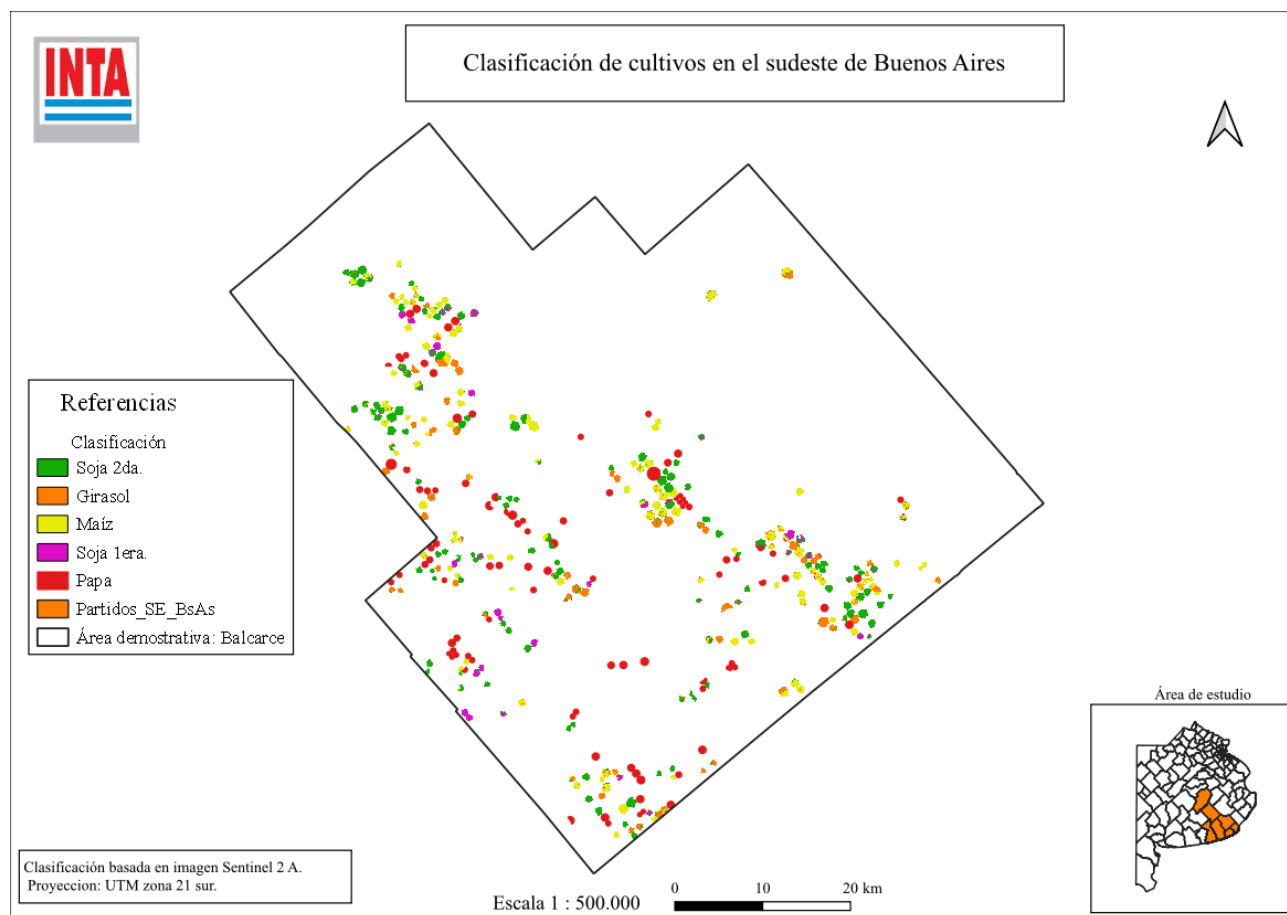


Figura 1- Área de estudio, sudeste de la provincia de Buenos Aires. Clasificación de cultivos bajo riego por pivote central.

El algoritmo utilizado para la clasificación supervisada fue Random Forest (Beron de la Puente *et al.*, 2023), un método de aprendizaje automático que construye múltiples árboles de decisión a partir de un subconjunto aleatorio de los datos de entrenamiento. Una vez obtenida la imagen clasificada, se evaluó mediante indicadores de calidad: la matriz de confusión, el índice kappa y la precisión general.

La clasificación final se seleccionó a partir de la revisión de los indicadores de exactitud complementada con una validación visual aleatoria de las coberturas clasificadas. Se realizó un muestreo a campo, registrando puntos de control aleatorios correspondientes a los cultivos identificados en cada partido. Posteriormente, se calculó la superficie en hectáreas de cada uno de los cultivos bajo riego identificados.

Además, se disponía de una clasificación previa del cultivo de papa correspondiente al mismo periodo, la cual fue incorporada a la clasificación final.

Resultados

Se calculó la superficie de los cultivos identificados por partido y el total de cada uno en el área bajo estudio (Tabla 1):

Tabla 1- Superficie de cultivos de verano por partido para la campaña de verano 2022-2023

Cultivo	Lobería	Tandil	Necochea	G. Alvarado	Balcarce	Azul	G. Pueyrredón	Sup. tot/cul.(has)	% cultivo
Soja de segunda	9.587,03	2.051,50	896,20	2.382,40	5.573,55	866,10	611,92	21.968,70	29,10
Girasol	2.992,70	997,70	931,70	1.458,10	2.607,10	378,90	777,34	10.143,54	13,44
Maíz	10.831,80	2.452,70	1.846,90	2.620,00	6.397,10	331,60	1.227,43	25.707,53	34,05
Soja de primera	1.390,00	885,40	432,70	542,89	1.098,10	0,00	946,54	5.295,63	7,01
Papa pivotes	2.441,78	3.264,30	546,97	1.439,00	3.922,90	763,62	1203,6	12.378,57	16,40
Sup tot./part.(has)	27.243,31	9.651,60	4.654,47	8.442,39	19.598,75	2.340,22	3.563,23	75.493,97	100,00

Se estimaron 75.400 hectáreas de cultivos de verano regados mediante pivote central. Lobería se destaca como el partido con mayor extensión de tierras regadas bajo este sistema, seguido por Balcarce.

La soja se posiciona como el cultivo principal en todos los partidos, seguido por el maíz. El maíz y la soja de segunda representan conjuntamente más del 60% de la superficie cultivada en la región, seguidos por la soja de primera y la papa.

La papa representa el 16% de la superficie total cultivada en esta zona, siendo Balcarce el principal productor seguido por Tandil.

Conclusiones y Recomendaciones

Mediante la metodología empleada fue posible identificar los cultivos bajo riego y estimar su superficie para la campaña 2022-2023. Los resultados obtenidos a partir de la metodología de aprendizaje automático (RF) empleada para realizar la clasificación supervisada fueron muy satisfactorias. Las hectáreas cultivadas bajo riego mostraron diversidad en el área de estudio.

Es recomendable aplicar esta metodología a otros cultivos y otras áreas de riego que no sean de aspersión.

Bibliografía

Agencia Espacial Europea (ESA) (2023). Programa Espacial Europeo. Recuperado de: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2

Barrionuevo, N., German, L. y Waldman, C. (2016). Análisis espacio temporal del riego por pivote central en la provincia de Buenos Aires en el período 1995-2015. Sociedad Latinoamericana de Especialistas Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial –SELPER–, Iguazú, Misiones, Argentina.

Beron de la Puente, F., Revollo, N., y Gil, V. (2023). Clasificación Inteligente de Cultivos de Verano en la Plataforma Google Earth Engine. Memorias De Las JAIIO, 9(4), 46-57. Recuperado a partir de <https://publicaciones.sadio.org.ar/index.php/JAIIO/article/view/681>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. y Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment 202: 18-27.

COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES FREATICOS EN UN AREA PILOTO DEL ALTO VALLE DE RIO NEGRO Y NEUQUEN

Mañueco, M.L.¹; Raffo, M.D.¹; Menni, M.F.¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – EEA Alto Valle
manueco.lucia@inta.gob.ar

Introducción

El uso del agua en los valles de Río Negro y Neuquén es una problemática medular para la matriz socio productiva. La construcción de infraestructuras hidráulicas desarrolladas a partir de inversiones públicas y la operación de sistemas comunitarios de riego y drenaje aseguraron el acceso al agua de riego, regularon el régimen de crecidas y estabilizaron las márgenes de los ríos, permitiendo producciones agrícolas sostenidas con riego integral. Los ríos de la cuenca, históricamente caudalosos y con agua de buena calidad, han transformado un espacio natural árido en un territorio agrícola de regadío de casi 100.000 hectáreas.

A pesar de la baja salinidad de las aguas de la cuenca del río Negro, ya en la década de 1980 se evidenciaban signos de deterioro del suelo en las áreas regadas como consecuencia de la salinización provocada por la elevación del nivel freático. Las pérdidas por infiltración de la red de canales de riego sin revestir, la ausencia de una red de drenaje operativa y la recarga predial por riegos poco eficientes son los principales factores de recarga del acuífero y elevación de la freática. Desde el punto de vista hidrogeológico el valle posee un acuífero freático con características particulares que se comporta como parte de la microcuenca que conforman los sistemas de riego y drenaje. La dinámica del acuífero está condicionada por la operación del sistema de riego más que por la influencia de los cuerpos superficiales de agua y si bien existen numerosos estudios a escala regional, hay poca información de la dinámica a escalas prediales.

Objetivos

El objetivo de este trabajo fue modelar el comportamiento de los niveles freáticos a lo largo del ciclo productivo en sucesivas temporadas en un área piloto del Alto Valle de Río Negro y Neuquén a escala de detalle.

Materiales y métodos

Se seleccionó un área piloto en la EEA Alto Valle para el estudio freatimétrico a escala de detalle. En septiembre de 2012, se instalaron 22 freatímetros de PVC en las 100 hectáreas que conforman la chacra número 106 de la Estación Experimental Agropecuario Alto Valle, ubicada en la localidad de Contralmirante Guerrico, provincia de Río Negro (39° 01 00 S; 67° 40 00 W; altitud 242 msnm). Cada freatímetro representa una superficie de 4,5 ha (Figura 1).

Las lecturas de nivel freático se realizaron con distinta frecuencia de acuerdo con la época del año. A partir de las profundidades freáticas obtenidas en los años 2012-2016 se obtuvieron los mapas de isoprofundidades o isobatas para cada estación. La altura crítica de la napa se definió de acuerdo con las características locales y se tomó como umbral crítico del nivel freático 1,20 m. Para cada fecha muestreada se analizó la conductividad del agua freática tanto espacial como temporalmente.

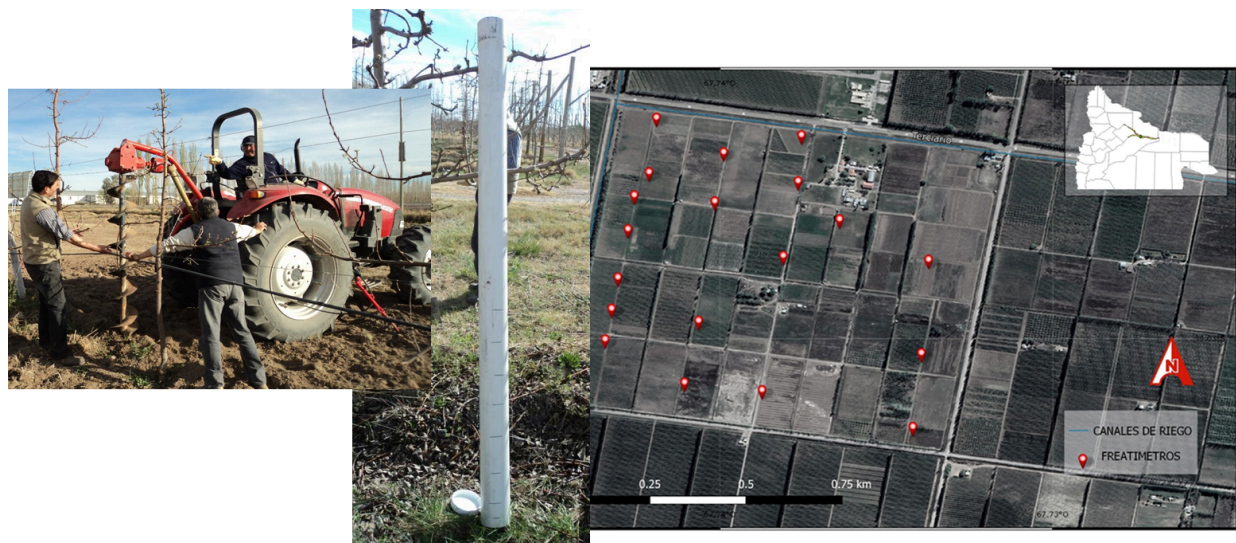


Figura 1. Ubicación, grilla de distribución y detalle de la instalación de los freáticos en la EEA Alto Valle.

Resultados

La profundidad del nivel freático en primavera demostró la presencia de una napa superficial, con valores mínimos que alcanzaron los 0,80 m y se concentraron en las sucesivas temporadas evaluadas sobre el lateral oeste que linda con el canal secundario (Figura 2). En verano, se observó un descenso del nivel freático, con respecto a la primavera. En otoño, si bien los niveles freáticos resultaron más superficiales en algunas temporadas, no alcanzaron los valores mínimos de la primavera (Figura 2). En el periodo de reposo invernal, los freáticos no tuvieron agua, respondiendo directamente al corte de riego en el sistema y a la disminución de la recarga del acuífero.

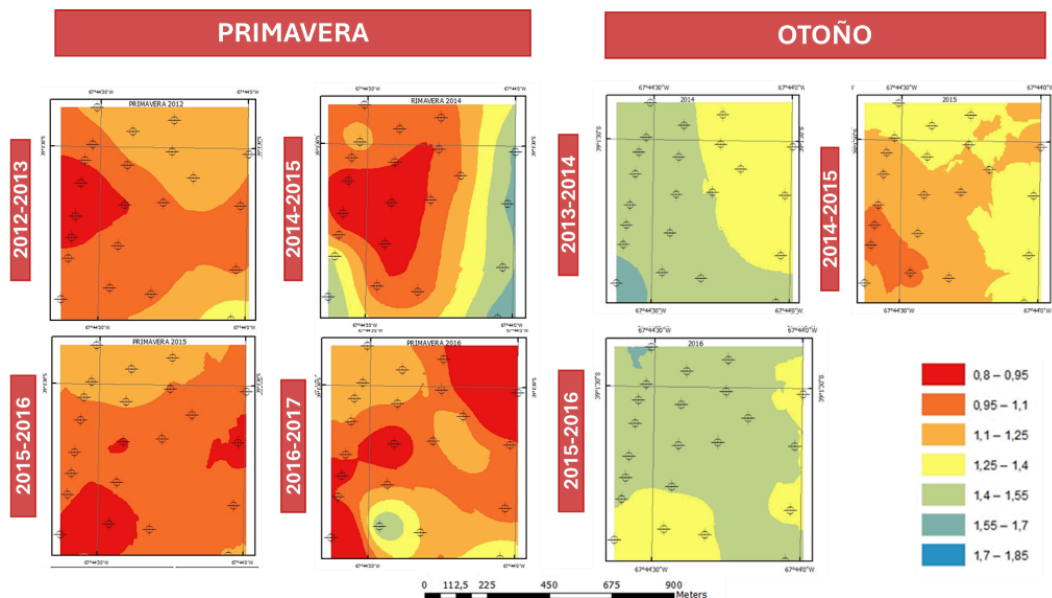


Figura 2. Mapas estacionales de primavera y otoño de profundidad del nivel freático en el área piloto de la EEA Alto Valle. Se presentan los resultados de las isobatas de las temporadas evaluadas.

La fluctuación observada en el hidrograma presentó un patrón anual marcadamente periódico caracterizado por dos máximos relativos en noviembre y en marzo, separados por un abatimiento en verano, que coincide con lo descripto por Horne et al. (1992). Se puede afirmar entonces que en el área de estudio la recarga del acuífero freático en primavera, entre los meses de octubre y noviembre, coincide con la puesta en operación del sistema de riego (Álvarez et al., 1995; Horne et al., 1992). En el periodo de receso del riego, entre mayo y agosto el acuífero freático se encontró en sus valores mas bajos y los freatómetros instalados no presentaron lecturas. Si bien la serie de datos no resulta lo suficientemente extensa (Alvarez et al., 1995), muestra diferencias con respecto a lo observado en el area piloto de Puente la S. En esta área se observó que, en promedio un 30 % del agua que recarga la napa freática no alcanzó a ser descargada por drenaje natural (Montenegro, 2014).

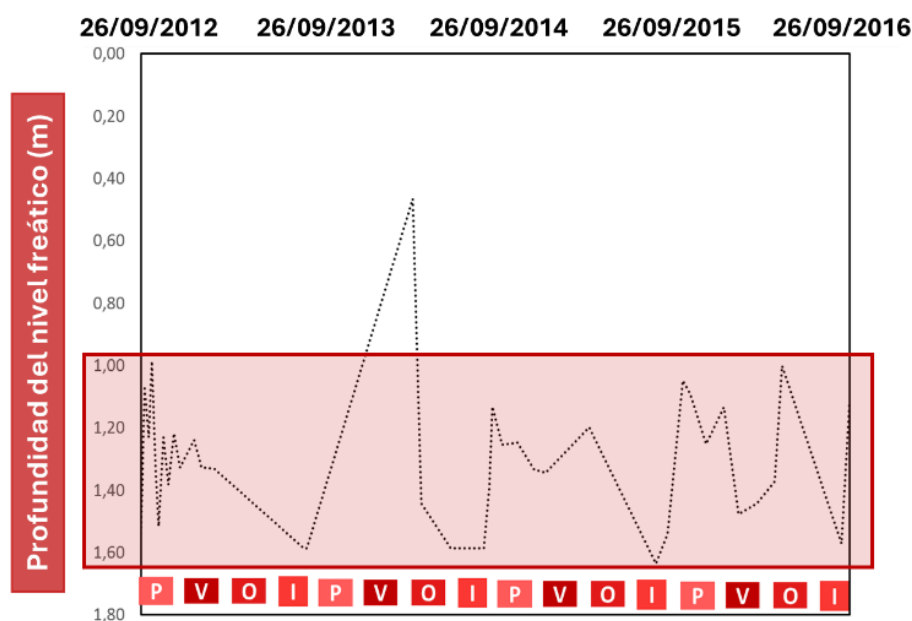


Figura 3. Hidrograma del comportamiento del nivel freático en el área piloto de la EEA Alto Valle.

En el 80 % de las muestras realizadas se registraron valores de conductividad eléctrica menores a 2 dS.m^{-1} . En el plano espacial, se observó que los freatómetros del 1 al 8 (alineados sobre el lateral oeste y lindante al canal de riego) presentaron valores de salinidad de entre $0,4 - 1,3 \text{ dS.m}^{-1}$ que se encuentran en el rango del “agua de consumo y riego” y “agua de riego”.

Conclusiones y recomendaciones

Mediante el monitoreo a escala de detalle de la red de freatómetros y modelado del comportamiento de la profundidad del nivel freático, se pudo constatar una recarga del acuífero freático en primavera causando condiciones críticas que pueden agravarse por algunas prácticas de manejo locales. Para poder entender de manera más certera la relación suelo-planta-atmosfera en las condiciones del AV de rio Negro y Neuquén, se deberán continuar las diferentes mediciones y ensayos en próximos trabajos. En un abordaje práctico, las condiciones de saturación del suelo ocasionadas en parte por la fluctuación de la freática podrían controlarse implementando mejoras en los drenajes parcelarios, monitoreando los niveles freáticos y ajustando las programaciones de riego.

Bibliografía

Alvarez, A.O.; Galeazzi, J.O.; Stangaferro, S.; Bartusch, A.; Polla, G. 1995. Organización, procesamiento y evaluación de la información sobre niveles del agua freática en el Alto Valle de Río Negro. Informe técnico, convenio FCA-DPA-ITAC. 93 p.

Horne, F.J.; Alvarez, O.; Galeazzi, J.O.; Polla, G.; Stangaferro, S. 1992. Análisis y elaboración de datos freaticométricos e hidroquímicos del AVRN. Informe técnico, convenio FCA-AyEE-ITAC; 47 p.

Mañueco, M.L. 2020. Comportamiento de niveles freáticos y efecto de su variación estacional sobre el desarrollo y manejo agronómico de cerezos (*Prunus avium* L.). Tesis de Maestría en Riego y Drenaje, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

Montenegro, A. 2014. Análisis de la incidencia de factores que intervienen en la sustentabilidad del agro sistema frutícola en "Colonia la Lucinda (Río Negro)". Tesis de grado para la Licenciatura de Saneamiento y Protección Ambiental, FaCiAS, UNCo. 120 p.

NECESIDADES DE AGUA DE PERALES Y MANZANOS EN EL ALTO VALLE DE RIO NEGRO Y NEUQUÉN

Mañueco, M.L.¹; Montenegro, A.¹; Muñoz, A.¹; Ponce, V.¹; Rodríguez, A.¹
manueco.lucia@inta.gob.ar

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – EEA Alto Valle

Introducción

Las necesidades netas de agua para el riego se estiman mediante el balance hídrico considerando las entradas y las salidas de agua de una parcela que inciden directamente en el proceso de evapotranspiración del cultivo. Entre las entradas de agua, figuran la precipitación, el riego y el agua aportada por ascenso capilar. Entre las salidas, se cuantifican la evapotranspiración del cultivo, la percolación de agua más allá de la profundidad efectiva de desarrollo del sistema radical y la escorrentía superficial. En el alto Valle de Río Negro y Neuquén, el régimen de lluvia no cubre los requerimientos hídricos de los perales y manzanos y su aporte no es considerado para los balances hídricos locales, por ende, la demanda de agua de los frutales es cubierta mediante el riego y el aporte capilar (Rodríguez y Muñoz, 2022; Rodríguez et al, 2022).

Objetivo

El objetivo de este trabajo es aportar información local de las necesidades de agua de frutales de pepita para ajustar las estrategias de manejo y obtener producciones de alta calidad y rendimiento.

Materiales y métodos

Se trabajó sobre una variedad de ciclo intermedio de manzana (*Malus domestica* var. Red Delicious) y una de pera (*Pyrus communis* var. Williams) a los fines de representar las condiciones locales y se sistematizó la información de los ciclos de los cultivos.

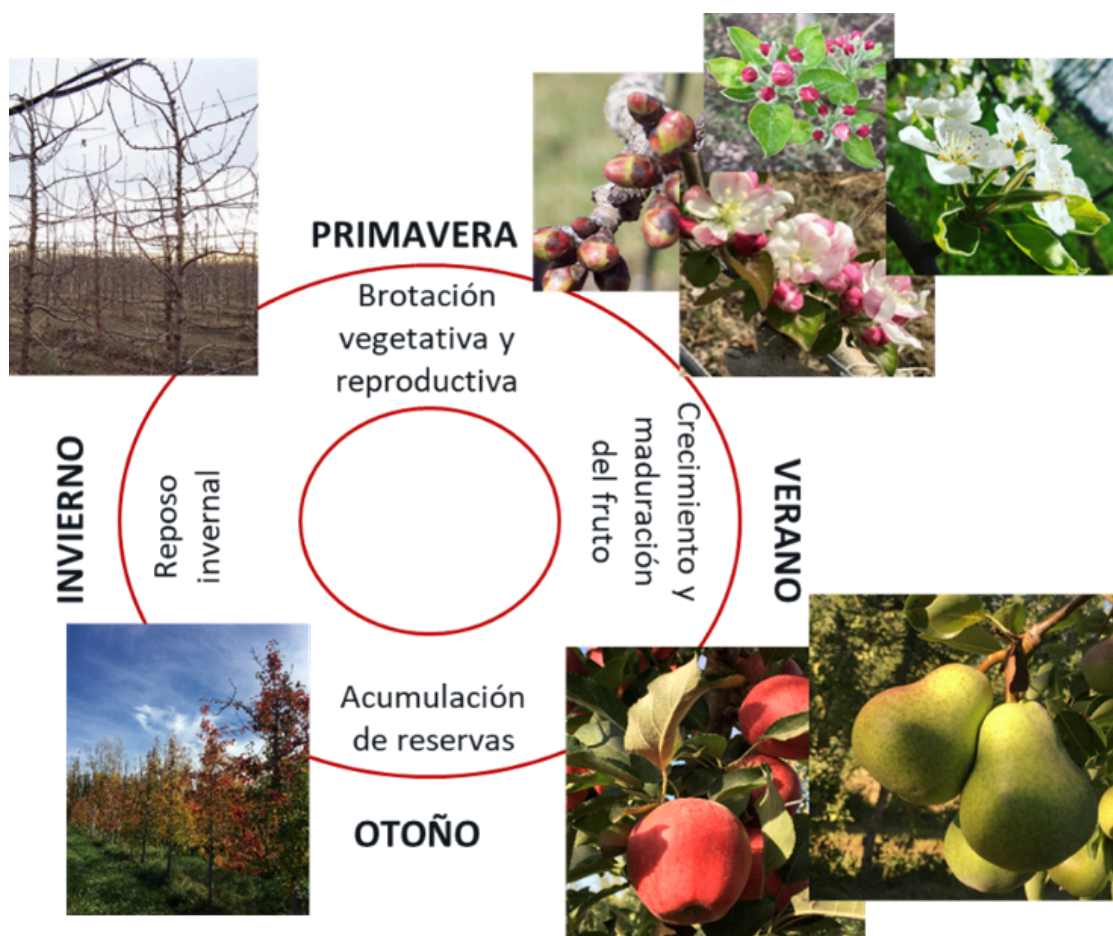


Figura 1- Esquema del ciclo anual de perales y manzanos para las condiciones del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

El consumo de agua de los cultivos puede representarse a través de su evapotranspiración (ET_c) en un determinado ambiente y bajo ciertas condiciones de manejo. La ET_c se obtiene a partir de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y el coeficiente de cultivo (k_c). La evapotranspiración (ET_c) se estimó utilizando el método de Penman-Monteith partiendo de los valores de la estación meteorológica automática (Davis Vantage Pro 2, Davis Instruments) ubicada en la EEA Alto Valle, utilizándose los datos medios y de percentil 90. Los valores de referencia del k_c son para condiciones sin ningún tipo de restricción hídrica ni estrés, con cobertura media del suelo y teniendo en cuenta que en la zona se producen heladas. Los k_c de referencia fueron corregidos con valores locales para la zona del Alto Valle obtenidos a partir de mediciones directas del consumo de agua en peras y manzanas en seis lisímetros de drenaje (Requena et al., 2016).

Resultados

Los valores máximos absolutos de ET_o ocurrieron en los meses de diciembre y enero y para la serie de datos 2004-2023 de la estación automática ubicada en la EEA Alto Valle fueron de 9,35 y 8,48 mm/día respectivamente (Figura 1). Los valores más frecuentes y las medias mensuales caracterizan climáticamente el comportamiento regional de la ET_o . Sobre estos valores y a partir de los estudios locales específicos para riego, se utiliza la ET_o con probabilidad de ocurrencia del 90 % para el cálculo de las necesidades de agua, el diseño y la programación del riego y el

dimensionamiento de equipos e infraestructura. En la Tabla 1 se resumen las necesidades de agua mensuales y anuales para los cultivos de pera y manzana de la región (Rodríguez y Muñoz, 2022; Galeazzi y Lago, 2009).

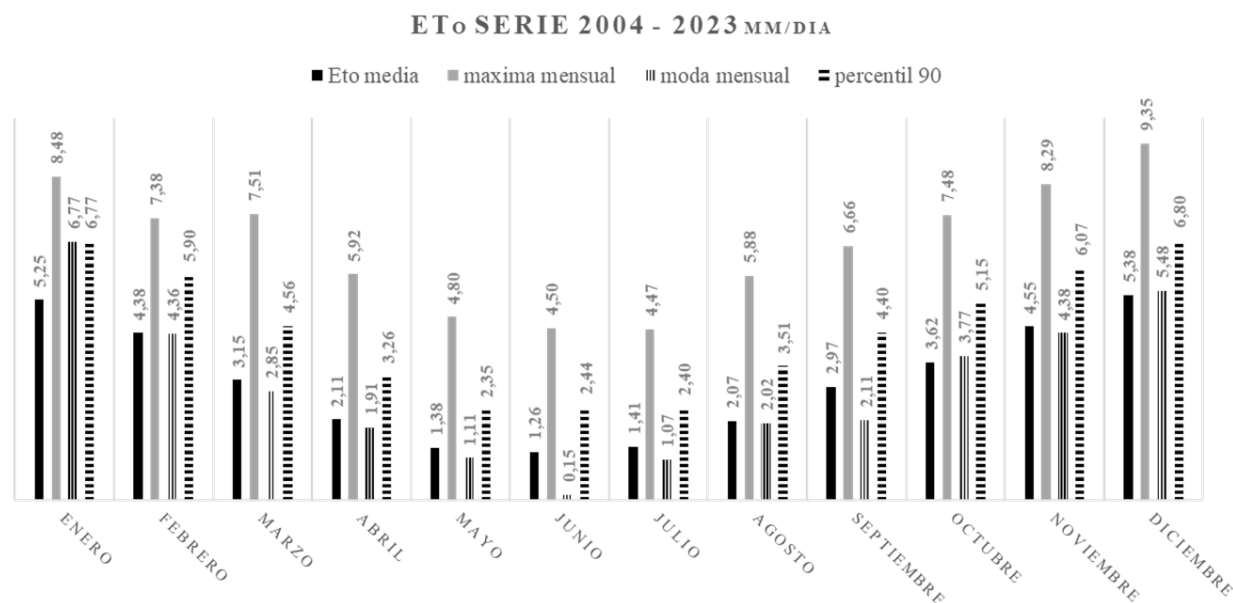


Figura 2 - Comportamiento mensual de la evapotranspiración de referencia (ETo mm/día) en el Alto Valle para la serie de datos 2004 - 2023.

Los frutales de hoja caduca presentan una evolución progresiva de sus requerimientos hídricos a lo largo de la temporada de crecimiento. De esta forma, los valores de kc van de 0,3 y 1,4 de acuerdo con el estado de desarrollo del cultivo y la estructura del monte frutal (Tabla 1). En el Alto Valle los valores más altos de Kc en frutales de pepita coinciden con la última etapa de desarrollo de los frutos y la cosecha (Rodríguez y Muñoz, 2022; Requena et al., 2016) y resulta indispensable durante ese periodo se mantengan las condiciones hídricas adecuadas para asegurar la calidad y rendimiento de la producción de fruta.

Las necesidades hídricas de los frutales de pepita para el Alto Valle fueron desde los 850 a los 1.200 mm anuales, considerando un ciclo de cultivo desde septiembre a abril. Diciembre y enero fueron los meses de mayor requerimiento hídrico, con picos de ETc que pueden llegar a los 12 mm diarios (Tabla 1).

Tabla 1 - Necesidades de agua de frutales de pepita expresadas como ETc en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén estimadas a partir de valores medios y valores con probabilidad de ocurrencia del 90% de evapotranspiración potencial.

Pera	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	ETc mm/año
Kc	0,3	0,6	0,8	1,15	1,35	1,1	1	0,8	
ETo media (mm/día)	2,97	3,62	4,55	5,38	5,25	4,38	3,15	2,11	
ETc mensual (mm/día)	9	67	109	192	220	135	98	51	880
ETo p90 (mm/día)	4,40	5,15	6,07	6,80	6,77	5,90	4,56	3,26	
ETc p90 (mm/día)	13	96	146	242	283	182	141	78	1181
Manzana									
Kc	0,3	0,6	0,8	1,15	1,15	1,25	1	0,8	
ETo media (mm/día)	2,97	3,62	4,55	5,38	5,25	4,38	3,15	2,11	
ETc mensual (mm/día)	9	67	109	192	187	153	98	51	866
ETo p90 (mm/día)	4,40	5,15	6,07	6,80	6,77	5,90	4,56	3,26	
ETc p90 (mm/día)	13	96	146	242	241	206	141	78	1164

Si bien en esta publicación los valores se presentan calculados a partir de promedios mensuales, la programación del riego debe trabajarse en periodos semanales o decadiarios, para no subestimar la necesidad de agua de los frutales en los periodos de mayor demanda (Galeazzi y Lago, 2009).

Las diferencias obtenidas según se considere la ETo media o la ETo p90 son considerables y debe tenerse en cuenta que valor resulta conveniente utilizar según el objetivo del cálculo. La programación anual de los riegos puede hacerse en base a valores medios de ETo y ajustarse en los momentos de elevada demanda hídrica. En cambio, en el diseño de equipos y desarrollo de proyectos, debería usarse la ETo p90 para evitar subdimensionar los sistemas y estructuras.

Conclusiones y recomendaciones

Los cálculos y valores regionales obtenidos en el presente trabajo aportan a la validación de la estimación de las necesidades de agua de los cultivos mediante el uso de imágenes satelitales. Hay numerosas experiencias en Europa sobre el uso del NDVI para estimar el kc a través de una relación lineal en la etapa de crecimiento y producción de los cultivos y se está evaluando también el uso de imágenes Sentinel 2 para la obtención de valores de kc. La estimación y validación a escala regional de las necesidades de riego con uso de la teledetección permitirá dar un salto cuali y cuantitativo en la descripción del uso del recurso hídrico, permitiendo aportar información espacio temporal fundamental para la planificación regional.

Bibliografía

GALEAZZI, J.; LAGO, J. 2009. La evapotranspiración de referencia en el diseño de proyectos de riego en el Alto Valle (RN). XXII Congreso Nacional del Agua (CONAGUA 2009). Trelew, Chubut, Argentina.

REQUENA, A.M.; MAÑUECO, M.L.; MONTENEGRO, A.; CASTILLO, E. 2016. Coeficientes de cultivos de manzanos y perales en el Alto Valle del Río Negro. (Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).

RODRIGUEZ, A.; MUÑOZ, A. 2022. Variabilidad agroclimática en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. Análisis de los últimos 50 años. Ediciones INTA.

RODRIGUEZ, A. B.; MAÑUECO, M. L.; MUÑOZ, A. R. 2022. Ciclo de disertaciones sobre cambio climático y ambiente en la producción frutícola. Alto Valle de Río Negro y Neuquén. Abril-agosto 2022. EEA Alto Valle, INTA.

https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/13233/INTA_CRPatagoniaNorte_FFAAltoValle_Rodr%c3%adguez_AB_Ciclo_disertaciones_sobre_cambio_climatico_y_ambiente_produccion_fruticola.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ENSAYOS PRELIMINARES DE UN REACTOR DE PLASMA A ESCALA PILOTO PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUA: OXIDACIÓN DE ÍNDIGO CARMÍN

Milardovich Natalio Jorge¹, Prevosto Leandro¹⁻²

¹Facultad Regional Venado Tuerto–Universidad Tecnológica Nacional (UTN) ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

njmilardovich@gmail.com

Introducción

Los contaminantes orgánicos del agua representan actualmente un problema a escala global debido a los severos problemas ocasionados en el medio ambiente y en la salud humana. Estos contaminantes incluyen una amplia variedad de especies tales como desechos farmacéuticos, domésticos, industriales, compuestos orgánicos volátiles (como las emisiones de los motores de combustión interna), agrícolas (como los agroquímicos), etc.; que en muchos casos no pueden ser removidos a través de técnicas convencionales. En particular, dentro de los nuevos procesos de oxidación avanzada para la destrucción de compuestos orgánicos, la tecnología para la purificación de aguas basada en plasmas se ha transformado en los últimos años en un método promisorio, debido a que resultan compatible con el medio ambiente y poseen elevada eficiencia de remoción. Los plasmas, que son gases ionizados, pero cuasi-neutros en su conjunto, producen varios procesos físicos y químicos para la destrucción de contaminantes orgánicos, como la formación de especies oxidantes, tales como radicales, radiación UV, campos eléctricos elevados, iones y electrones de alta energía; y no agregan agentes químicos extraños al agua (Adamovich et al, 2022).

Objetivos

Se presentan y discuten los primeros resultados del funcionamiento de un reactor de plasma a escala piloto para la degradación de contaminantes orgánicos en agua. Como contaminante modelo se eligió el colorante índigo carmín de amplia difusión en la industria textil. Los esfuerzos estuvieron enfocados en establecer la eficiencia energética del proceso y el ritmo de procesamiento del contaminante.

Materiales y métodos

Se empleó un reactor de plasma a escala piloto basado en una descarga corona pulsada en configuración alambre–plano, diseñado y construido a la luz de experimentos previos a escala de mesada de laboratorio. Se prepararon soluciones prefabricadas de índigo carmín con agua destilada. La concentración inicial se mantuvo en 20 mg/L en todos los ensayos. En cada ensayo se trató un volumen de solución $V = 20$ L. Se tomaron muestras de la solución tratada con diferentes tiempos de procesamiento a los fines de medir el ritmo de degradación. El nivel de degradación del colorante fue obtenido midiendo la absorbancia de la solución a 610 nm (enlace cromogénico) utilizando un espectrofotómetro UV–Vis. Se midió además el pH y la conductividad eléctrica de la solución tratada. Los parámetros eléctricos de funcionamiento del reactor fueron monitoreados durante los ensayos. Se empleó un divisor resistivo–capacitivo (1000X) de alta respuesta en

frecuencia para medir el voltaje de la descarga, mientras que la corriente fue medida empleando una resistencia shunt coaxial (respuesta temporal < 2 ns). Ambas señales fueron leídas simultáneamente empleando un osciloscopio de 200 MHz de ancho de banda. La energía por pulso disipada en el plasma fue estimada de los oscilogramas de voltaje y corriente de la descarga. Se midió además la temperatura y la humedad relativa del aire confinado en el interior del reactor al comienzo de los ensayos. El aire se encontró siempre cerca de la condición de saturación ($> 95\%$ de humedad relativa).

Resultados

La Figura 1 muestra el nivel de degradación de la solución de índigo carmín vs el tiempo de procesamiento para 3 experimentos diferentes. Se observa que la degradación de los 20 L de solución fue casi completa a los 600 s de tratamiento (la conversión del 50% se obtuvo en un tiempo t_{50} de ~ 200 s). Los oscilogramas de voltaje y corriente de la descarga indicaron pulsos de voltaje con valores pico de ~ 20 kV y anchos temporales < 100 ns, y valores pico de corriente de ~ 600 A. Se empleó una frecuencia de repetición de pulsos de 131 pps. La energía por pulso bajo las condiciones del experimento fue estimada como 0.25 J, mientras que correspondiente potencia media (producto de la frecuencia de repetición de pulsos y la energía por pulso) fue estimada en unos 33 W.

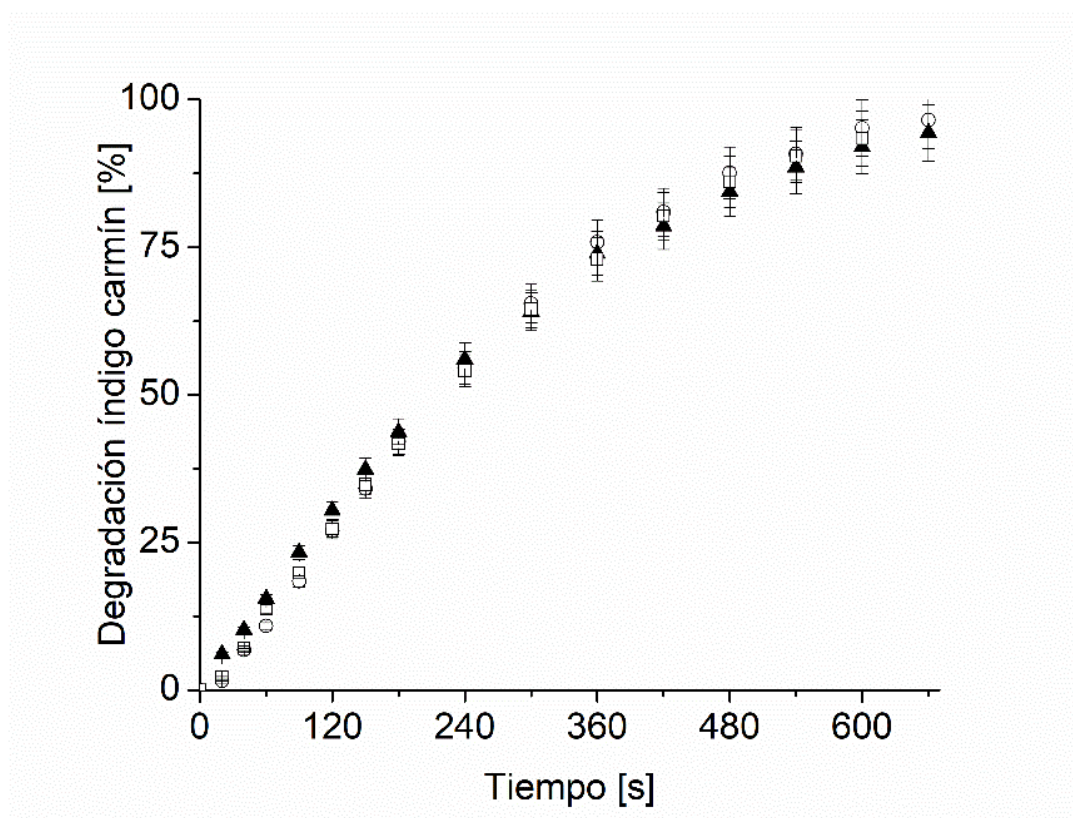


Figura 1. Degradación del enlace cromogénico del índigo carmín.

La eficiencia energética del proceso G_{50} , definida como la cantidad de contaminante degradado dividido por la energía consumida en el tiempo t_{50} (Malick, 2010), se estimó en ~ 110 g/kWh. El correspondiente caudal de procesamiento (V/t_{50}) fue de unos 360 L/h (120 L/hora para reducir el 90% del contaminante). A modo comparativo, los valores obtenidos resultan sensiblemente mayores que los recientemente reportados (Schönekerl et al., 2020) para la degradación de índigo

carmin en un reactor de plasma escala piloto, $G_{50} \sim 41.8$ g/kWh y un caudal de procesamiento de 80 L/h. Los niveles de conductividad eléctrica de la solución tratada (y consecuentemente de pH) no variaron apreciablemente durante los tiempos de procesamiento (con valores de $\sim 5\text{--}6$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 5.5, respectivamente). Mediciones complementarias por espectroscopia de absorción en el UV-Vis de la zona de plasma (no discutidas en este trabajo) indican altas concentraciones de ozono ($\sim 10^{21}$ m^{-3}). Este resultado, sumado al elevado coeficiente de reacción entre el ozono solubilizado y el índigo carmin ($> 10^7$ mol/Ls) sugieren que el ozono tiene un rol relevante en la degradación del índigo carmin bajo las condiciones consideradas.

Conclusiones

Se presentaron los primeros resultados de los ensayos de funcionamiento de un reactor de plasma a escala piloto para la degradación de contaminantes orgánicos en agua. Se empleó índigo carmin como contaminante modelo. Los resultados indicaron un elevado valor de eficiencia energética $G_{50} \sim 110$ g/kWh con un caudal de procesamiento de unos 360 L/h (120 L/hora para reducir el 90% del contaminante). Los valores obtenidos resultan sensiblemente mayores que los recientemente reportados en la literatura para un reactor a escala piloto con el mismo tipo de contaminante.

Bibliografía

- Adamovich I., *et al.*, (2022). The 2022 Plasma Roadmap: low temperature plasma science and technology. J. Phys. D: Appl. Phys., 55, 373001.
- Malik M. A., (2010). Water Purification by Plasmas: Which Reactors Are Most Energy Efficient? Plasma Chem. Plasma Process., 30, 21–31.
- Schönekerl S., *et al.*, (2020). Evaluating the Performance of a Lab-Scale Water Treatment Plant Using Non-Thermal Plasma Technology. Water, 12, 1956.

REMEDIACIÓN DE EFLUENTES DE CRIADERO DE CERDOS UTILIZANDO PLASMAS NO TÉRMICOS

Fina Brenda L.¹⁻², Ferreyra Matías G.¹⁻²

¹Facultad Regional Venado Tuerto, Universidad Tecnológica Nacional (UTN) ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

bfina@frvt.utn.edu.ar

Resumen Extendido

Introducción

La remediación y reutilización de aguas de efluentes para lavado es crucial para la gestión sostenible de recursos hídricos. Dado el acceso limitado al agua potable, purificar aguas residuales industriales y domésticas reduce la contaminación y proporciona una fuente alternativa para usos no potables. La OMS enfatiza la importancia del saneamiento de efluentes y se propone reducir a la mitad la cantidad de efluentes sin tratar, promoviendo su reciclaje y reutilización segura (World Health Organization, 2024).

Entre las tecnologías emergentes amigables con el medio ambiente, la utilización de plasmas no térmicos (PNT) en (y en contacto con) líquidos se destaca como una solución innovadora. Los PNT generan especies reactivas en la fase gaseosa que pueden difundir al líquido por difusión, y allí generan otras especies reactivas en la fase líquida, capaces de descomponer contaminantes orgánicos y de actuar como microbicidas, sin la necesidad de utilizar altas temperaturas ni productos químicos agresivos y altamente contaminantes (Foster, 2017).

Las granjas porcinas abarcan desde la reproducción y cría hasta el engorde y comercialización de cerdos. Los efluentes generados (orina, heces y agua de limpieza) se recolectan mediante sistemas de drenaje, se filtran para separar sólidos y se decantan en tanques. Luego, pueden tratarse en biodigestores anaeróbicos para generar biogás o en lagunas de estabilización para descomponer la materia orgánica. El biogás se usa como energía y el lodo residual como fertilizante (Matiz-Villamil et al., 2023). Sin embargo, la gran cantidad de efluentes puede causar desbordamientos y agua estancada no reutilizable, promoviendo la contaminación ambiental.

Objetivos

La empresa Provimi (Cargill, Venado Tuerto) se contactó con el Grupo de Descargas Eléctricas (GDE) de la Facultad Regional Venado Tuerto de la Universidad Tecnológica Nacional a los fines de investigar la posibilidad de remediar estos efluentes utilizando PNT, con el objetivo de reutilizar el efluente en el lavado del piso de los galpones de dichos criaderos o con fines agrícolas. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue obtener los primeros resultados, a escalada de laboratorio, de la eficiencia de los PNT en la inactivación bacteriana y degradación de compuestos orgánicos en muestras de efluentes de un criadero de cerdos.

Materiales y métodos

Muestras: La empresa recolectó dos muestras: una de la fosa de decantación (F) y otra de la laguna de estabilización (L); y las llevó al Laboratorio del Grupo de Descargas Eléctricas para su procesamiento.

Tratamiento con PNT: Las muestras se trataron en un reactor basado en una descarga corona pulsada con configuración alambre-plano. La fuente de alimentación capacitiva pulsada suministra pulsos de alto voltaje ($\approx 20\text{-}30\text{ kV}$) y corta duración ($< 100\text{ ns}$), con una energía de 150 mJ por pulso y una frecuencia de 131 Hz. La descarga se genera entre dos electrodos de acero inoxidable AISI 304: el ánodo es un arreglo de alambres separados 10 mm entre sí, colocados paralelamente al cátodo, que es una bandeja rectangular de 85 x 47 cm. Las muestras (1 L) se colocaron en una capa delgada ($\approx 2,5\text{ mm}$) y se usó un gap gaseoso de 20 mm, tratándolas durante 20 minutos. La potencia media (calculada como el producto de la frecuencia de repetición de pulsos y la energía entregada por pulso) resultó de unos 20 W.

Determinaciones físico-químicas: Se midió pH, conductividad eléctrica, potencial de oxido-reducción (ORP), sólidos solubles totales (TDS), turbidez y demanda química de oxígeno (DQO), de las muestras tratadas y sin tratar (controles).

Determinaciones microbiológicas: Se determinó mesófilos aerobios totales, *Pseudomonas* y *Escherichia coli*. Para esto, se realizaron diluciones seriadas de las muestras con agua peptonada 0,1%, se sembraron en placas con medios sólidos adecuados (APC para mesófilos, Cetrimide para *Pseudomonas* y Agar EMB Levine para *E. coli*), y se incubaron a la temperatura específica para cada tipo de bacteria. Los resultados se expresaron como unidades formadoras de colonia por mL (UFC/mL).

Determinación de compuestos orgánicos: Las muestras tratadas y sin tratar fueron enviadas al Instituto de Tecnología Alimentaria (ITA-INTA) para que determinen la concentración de glifosato, AMPA, y antibióticos (Cafeína, Clonazepam, Diazepam, Lorazepam, Atenolol, Salbutamol, Diclofenac, Ibuprofeno, Ampicilina, Cefalexina, Sulfametoxazol, Sulfatiazol, Estradiol, Sildenafil, Carbamazepina, Eritromicina, Ciprofloxacina, Enrofloxacin, Oxitetraciclina y Tetraciclina), de manera de establecer la degradación de compuestos orgánicos con el PNT. Las determinaciones se realizaron a través de cromatografía líquida (HPLC) seguida de detección con espectrómetro de masas.

Resultados

Los parámetros fisicoquímicos de los efluentes tratados con PNT mostraron leves variaciones respecto a sus controles sin tratar (Tabla 1). La única variable que disminuyó en gran medida fue la turbidez, observándose un cambio estadísticamente significativo para FT, aunque puede destacarse una disminución del 49% para LT.

Tabla 1-Parámetros físico-químicos de los efluentes tratados con PNT (fosa tratada (FT) y laguna tratada (LT)) y sus respectivos controles sin tratar (fosa (F) y laguna (L)). Los datos se muestran como media $\pm$ SEM *Diferencia significativa respecto a su control (F o L), respectivamente. t de Student, datos apareados, $p < 0,05$

	F	FT	L	LT
pH	7,72 $\pm$ 0,14	8,17 $\pm$ 0,03	7,79 $\pm$ 0,02	8,28 $\pm$ 0,02*
Conductividad (mS/cm)	18,96 $\pm$ 0,01	18,22 $\pm$ 0,72	13,22 $\pm$ 0,65	12,37 $\pm$ 0,36
ORP (mV)	73 $\pm$ 0,1	71 $\pm$ 4,5	78 $\pm$ 1,5	84 $\pm$ 1,0*
TDS (ppm)	746 $\pm$ 1	775 $\pm$ 0*	675 $\pm$ 10	645 $\pm$ 11*
Turbidez (NTU)	4069 $\pm$ 349	1854 $\pm$ 81*	1455 $\pm$ 608	743 $\pm$ 15
DQO (μg O₂/ml)	3435 $\pm$ 95	3320 $\pm$ 20	1115 $\pm$ 55	1055 $\pm$ 175

Los análisis microbiológicos demostraron una disminución de, aproximadamente, un orden logarítmico de las muestras tratadas respecto a sus controles, tanto para mesófilos totales como para *E. coli* (Figura 1). No se encontraron *Pseudomonas* en ninguna de las muestras analizadas.

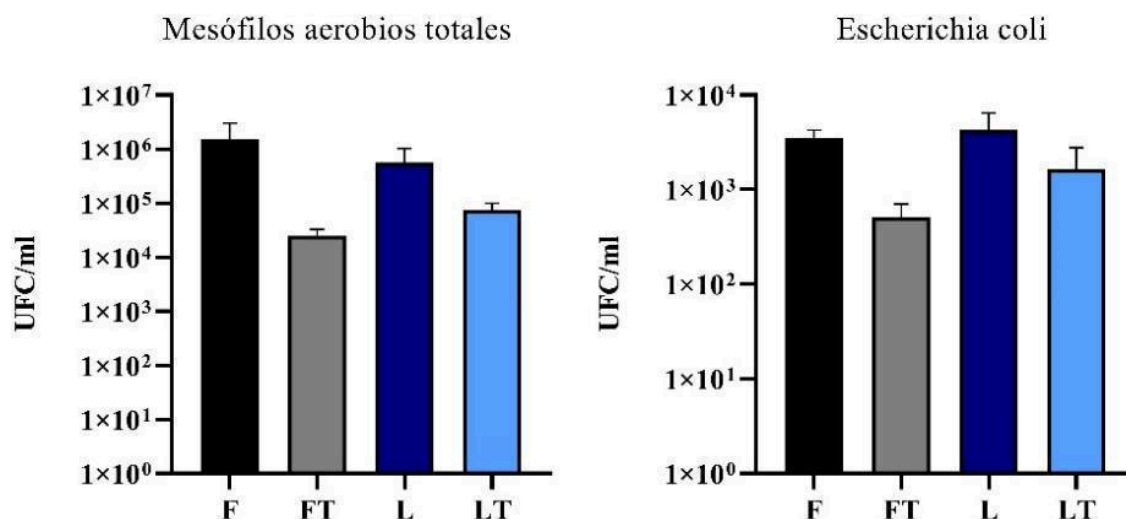


Figura 1- Análisis microbiológico de las muestras con y sin tratamiento con PNT. Los datos se muestran como media $\pm$ SEM. t de Student, datos apareados, $p > 0,05$.

Por último, se observó un aumento significativo en el AMPA, producto de degradación del glifosato, en ambas muestras tratadas, lo que indicaría una degradación de dicho herbicida por parte del PNT (Figura 2). Además, solo se encontraron 4 antibióticos de todos los estudiados en los efluentes, que coinciden con los dados comúnmente a los cerdos. En la mayoría de los casos, se observó una disminución de la concentración de los antibióticos luego del tratamiento con PNT, siendo significativa para la oxitetraciclina en FT.

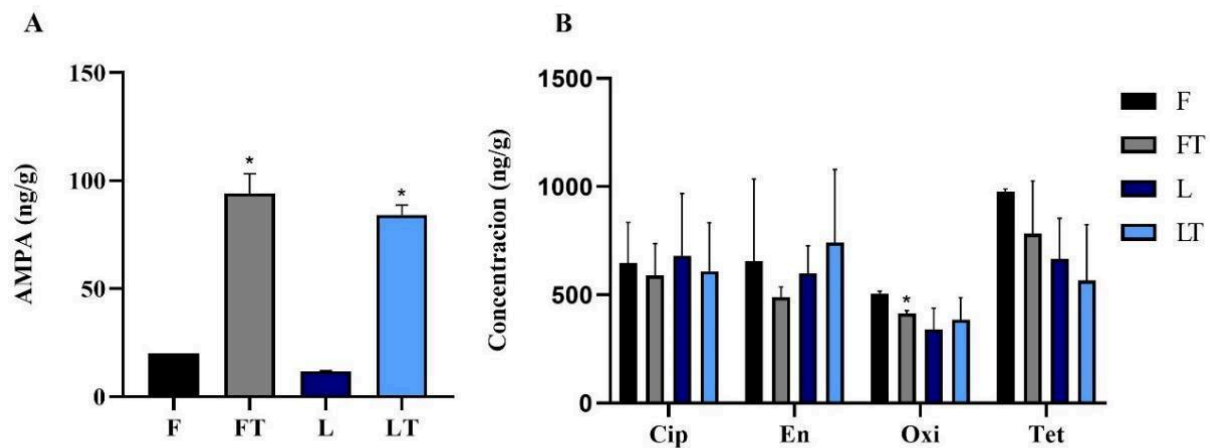


Figura 2-A. Concentración de AMPA (ng/g) en las muestras sin y con tratamiento de PNT. B. Concentración de antibióticos en las muestras sin y con tratamiento de PNT. Cip: Ciprofloxacina, En: Enrofloxacin, Oxi: Oxitetraciclina, Tet: Tetraciclina. Los datos se muestran como media $\pm$ SEM. t de Student, datos apareados, * $p < 0,05$.

Conclusiones y recomendaciones

Las muestras de efluentes de cerdos tratadas con PNT redujeron la turbidez, mejoraron la calidad microbiológica y mostraron reducción de glifosato y oxitetraciclina. Los resultados obtenidos, resultan promisorios para la remediación y reutilización de efluentes de cerdos con PNT, teniendo en cuenta que las muestras tratadas poseen una matriz muy compleja.

Bibliografía

- Foster, J. E. (2017). Plasma-based water purification: Challenges and prospects for the future. *Physics of Plasmas*, 24, 055501. <https://doi.org/10.1063/1.4977921>
- Matiz-Villamil, A., Méndez-Carranza, K. J., Pascagaza-Pulido, A. F., Rendón-Rendón, T., Noriega-Noriega, J., & Pulido-Villamarín, A. (2023). Trends in the management of organic swine farm waste by composting: A systematic review. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18208>
- World Health Organization. (2024). Sanitation. WHO.

DEGRADACIÓN DE GLIFOSATO EN AGUA: RESULTADOS PRELIMINARES EMPLEANDO UN REACTOR DE PLASMA A ESCALA PILOTO

Santamaría Brenda¹⁻², Milardovich Natalio Jorge¹, Prevosto Leandro¹⁻²

¹Facultad Regional Venado Tuerto, Universidad Tecnológica Nacional (UTN) ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

brendasantamaria1989@gmail.com

Resumen Extendido

Introducción

Argentina se destaca por su elevado consumo de agroquímicos, siendo el herbicida glifosato, uno de los más utilizados. Esta sustancia, ampliamente empleada para controlar las malezas en los cultivos, ha sido identificada como un contaminante emergente que plantea serias amenazas para las aguas superficiales y subterráneas. Trabajos de investigación de distintos territorios del país, han demostrado la presencia de glifosato en ríos, lagunas e incluso en agua potable (Pérez et al., 2021). Dado que las técnicas convencionales de purificación de agua no logran eliminar este tipo de contaminante, es necesario encontrar nuevos métodos capaces de degradarlo de forma amigable con el medio ambiente.

Los plasmas no térmicos en (y en contacto con) líquidos constituyen una tecnología prometedora para la degradación eficiente de compuestos orgánicos en agua, ofreciendo una solución ecológica para el tratamiento de aguas contaminadas. A diferencia de los métodos tradicionales, el plasma no térmico genera especies radicales de oxígeno y nitrógeno a bajas temperaturas en la fase gaseosa, que pueden ingresar al líquido por difusión y, a través de otras reacciones acuosas, producir especies reactivas capaces de destruir contaminantes orgánicos complejos como los agroquímicos. Esta tecnología no sólo es eficaz en la eliminación de una amplia gama de contaminantes, sino que también reduce la formación de subproductos nocivos, convirtiéndose en una excelente alternativa para mejorar la calidad del agua de manera sostenible.

Objetivos

El objetivo de este trabajo fue evaluar la degradación de glifosato en agua utilizando un reactor de plasma a escala piloto, determinando algunos productos de degradación y las características fisicoquímicas de la solución obtenida.

Material y métodos

Se trataron 6 litros de solución de glifosato en agua destilada con una concentración inicial de 7 mg/L en un reactor de plasma a escala piloto basado en una descarga corona pulsada. Los experimentos se realizaron por duplicado. La configuración de electrodos en el reactor es de tipo alambre-plano, ambos construidos en AISI 304. El líquido a tratar forma una delgada capa de 1 mm de espesor sobre una bandeja inclinada (10 grados respecto de la horizontal) y unas dimensiones de 150 por 300 cm, que actúa como cátodo de la descarga; mientras que los alambres (con un diámetro de 0,2 mm) constituyen el ánodo. La descarga fue alimentada a través de una fuente

capacitiva pulsada capaz de proveer un tren periódico de pulsos de alto voltaje (≈ 20 kV) y corta duración (< 100 ns), con una energía por pulso de unos 250 mJ y una frecuencia de repetición de unos 131 Hz. El plasma se generó dentro de una cámara confinada en una atmósfera de aire en condiciones cercanas a la saturación (humedad relativa $> 95\%$) para impedir que las especies reactivas producidas en el gas difundan al ambiente, mejorando la eficiencia del proceso. El tiempo de procesamiento empleado fue de 60 minutos. Para evaluar la degradación, se midió la concentración del herbicida a los 0, 15, 30, 45 y 60 minutos de tratamiento, utilizando el método espectrofotométrico UV-Vis (Waiman et al., 2012). Como productos de degradación, se midieron las concentraciones en fase acuosa de fosfato y amonio al final del tratamiento, utilizando para la determinación de fosfato el método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico y para la determinación de amonio el método de la nesslerización. Además, se determinó el pH, la conductividad eléctrica y el potencial de oxidación-reducción (ORP) en la solución tratada. El mismo tratamiento con plasma y las determinaciones se realizaron en 6 litros de agua destilada utilizada como control (pH, ORP y conductividad iniciales, 5,95, 244 mV y $7,22 \mu\text{S/cm}$, respectivamente). Por último, se calculó la eficiencia energética del proceso, G_{50} definida como la cantidad de herbicida degradada dividido la energía empleada para alcanzar una conversión del 50%.

Resultados

En la Figura 1 se observa que la degradación de glifosato aumenta linealmente con el tiempo de tratamiento, alcanzando una degradación de 63% luego de 60 minutos de exposición al plasma, correspondiendo a un ritmo de procesamiento de 8 L/min. El valor de la eficiencia G_{50} se estimó como $0,85 \text{ g/kWh}$, 2,6 veces mayor que el recientemente reportado por (Zocher, 2021).

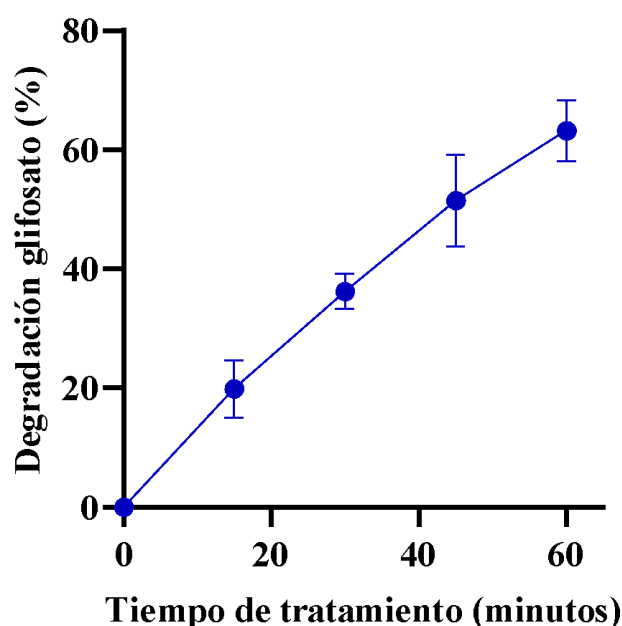


Figura 1- Degradación de glifosato en agua en función del tiempo de tratamiento.
(La línea es solamente una guía para los ojos.)

Los resultados indican además que el pH disminuye, mientras que la conductividad eléctrica y el ORP aumentan con el tiempo de tratamiento (Tabla 1), alcanzándose valores de 3,86 para el pH, 111

$\mu\text{S/cm}$ para la conductividad eléctrica y 460 mV para el ORP luego de 60 minutos. Estos valores son similares a los obtenidos al tratar el mismo volumen de agua destilada en el reactor de plasma durante 60 minutos. Las concentraciones obtenidas de los iones fosfato (PO_4^{3-}) y amonio (NH_4^+), considerados productos de degradación del glifosato, luego de 1 hora de exposición al plasma fueron 0,28 mg/L y 1,85 mg/L respectivamente. En el caso del agua destilada, no se encontró fosfato al finalizar el tratamiento y la concentración de amonio generada fue significativamente menor. El aumento en las concentraciones de amonio y fosfato son consistentes con la disminución de la concentración de glifosato.

Tabla 1- pH, conductividad eléctrica, ORP y concentraciones de amonio y fosfato a los 60 min de tratamiento. dld: debajo del límite de detección.

	pH	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	ORP (mV)	NH_4^+ (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
Solución glifosato	$3,86 \pm 0,05$	123 ± 10	430 ± 28	$1,85 \pm 0,1$	$0,28 \pm 0,05$
Agua destilada	$3,81 \pm 0,04$	111 ± 13	460 ± 19	$0,63 \pm 0,1$	dld

Conclusiones

El porcentaje de degradación obtenido en la solución de glifosato luego de exponerla durante 60 minutos al plasma fue del 63%. El ritmo de procesamiento alcanzado con el reactor a escala piloto para degradar el 50% del contaminante fue de 8 L/min, con una eficiencia energética G_{50} de 0,85 g/kWh. Además, las concentraciones de los productos de degradación fosfato y amonio aumentaron con el tiempo de tratamiento, en concordancia con el aumento en la degradación del contaminante.

Bibliografía

- Pérez, D. J. *et al.*, (2021). Ecological risk assessment of current-use pesticides and biocides in soils, sediments and surface water of a mixed land-use basin of the Pampas region, Argentina. *Chemosphere*, 263.
- Waiman, C. V. *et al.*, (2012). A simple and rapid spectrophotometric method to quantify the herbicide glyphosate in aqueous media. Application to adsorption isotherms on soils and goethite. *Geoderma*, 170, 154–158.
- Zocher, K., *et al.*, (2021). Degradation of glyphosate in water by the application of surface corona discharges. *Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research*, 84(5), 1293–1301.

IMPACTO DEL FERTIRRIEGO POR SURCO ALTERNO EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA EL VALLE INFERIOR DE RIO NEGRO

Neffen Evelyn^{1,2}, Muzi Enrique^{1,2}, Zelmer Hernan Ruben^{1,3}, Martínez Roberto Simon^{1,2}

¹Estacion Experimental Agropecuaria Valle Inferior del Río Negro, Convenio Provincia Río Negro-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ²Universidad Nacional de Río Negro, ³Universidad Nacional de Comahue.

neffen.evelyn@inta.gob.ar

Introducción

El Valle Inferior de Río Negro (VIRN), también conocido como Valle del IDEVI, abarca un área de 24.000 hectáreas diseñadas con infraestructura de riego y drenaje (Papadakis, 1960; Masotta, 1975). El clima semiárido de la región hace necesario el riego para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos. Actualmente, el IDEVI sigue incrementando y registrando nuevas superficies bajo riego con inversión de capitales privados, aprovechando la infraestructura troncal existente.

La fertilización y el riego simultáneo son factores de manejo cruciales para mejorar el rendimiento y la calidad de la producción, especialmente cuando los nutrientes se aplican en momentos estratégicos del ciclo del cultivo (Baligar et al., 2001). Dado los desafíos de aplicar fertilizantes en etapas avanzadas del cultivo, el fertirriego surge como una técnica eficiente que elimina la necesidad de maquinaria adicional, optimiza el uso del agua y los nutrientes, y permite una dosificación en momentos adecuados.

En relación con las prácticas que aumentan la eficiencia del riego, el riego por surco alterno (RSA), que consiste en regar un surco dejando el surco adyacente sin regar, permite una distribución más eficiente del agua sin comprometer la producción del cultivo (Arbat et al., 2009; Neffen, 2020). La combinación de fertirriego y RSA ha demostrado resultados prometedores en el cultivo de maíz (Neffen, 2023). Dado que el 90% del riego en el valle es gravitacional, es prioritario continuar investigando y fortaleciendo la adopción de estas alternativas en el valle.

Objetivo

Estudiar la dinámica del fertirriego en el riego por surco alterno (RSA) utilizando dos tipos de fertilizantes nitrogenados, cuantificar su relación con el cultivo de maíz en términos de eficiencia en el uso del agua y productividad, y comparar estos resultados con los obtenidos mediante la aplicación convencional de fertilizantes en el suelo.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el valle Inferior del río Negro (40° 47' S; 63° 03' O), sobre 2,4 hectáreas de la Chacra B11 en un suelo sin limitaciones para la producción, sobre un cultivo de maíz de ciclo intermedio (Híbrido KWS 3916) sembrado el 01/11/2023 con una densidad de 85.000 plantas ha⁻¹.

Se estudiaron tres tratamientos, aplicación convencional con urea en suelo (ACU), y fertirriego con dos tipos de fertilizantes granulados: urea (46-0-0) (FU) y Novatec (FN) (45-0-0). El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones.

Todos los tratamientos se regaron con una manga de polietileno con boquillas regulables bajo la técnica de riego por surco alterno para aumentar la eficiencia en el uso del agua (EUA) y la productividad de agua (PA) (Neffen, 2020). Se aplicaron un total de 135 kg de N. ha⁻¹ en todos los tratamientos, pero solo en fertirriego (FN, FU) se dividió en tres aplicaciones 8,8 kg N. ha⁻¹ en la siembra, 50 kg en V8 y 75 kg en VT. Considerando las propuestas de la campaña anterior, el tratamiento de aplicación convencional recibió la última aplicación en V8, ya que es el último momento de ingreso con maquinaria.

La programación del fertirriego se realizó evaluando el desempeño de los 2 riegos previos a fertirrigar, estimando su comportamiento con el software WinSRFR. Se utilizó el Kit de fertirriego de P&R, conectando el mismo al TRC de la manga. La solución de fertirriego se preparó en 200 litros de agua, la solución madre fue de 0,4 kg.L⁻¹ y el ritmo de aplicación de 6 L.m⁻¹. El fertirriego inició cuando transcurrió la mitad del tiempo de riego con el objetivo de mejorar la distribución del fertilizante.

La productividad de agua (PA), y la eficiencia de uso del agua (EUA), se calcularon a través de los cocientes (Van Halsema & Vincent, 2012):

$$(1) PA = \frac{\text{Rendimiento}}{\text{agua evapotranspirada}}$$

$$(2) EUA = \frac{\text{Rendimiento}}{\text{agua aplicada}}$$

Los resultados de rendimiento en grano, EUA y PA fueron sometidos a análisis de la varianza (ANOVA), DGC con nivel de riesgo α del 5 %.

Resultados

La lámina evapotranspirada por el cultivo de maíz de 125 días en el valle Inferior de Rio Negro fue de 755 mm. Otros estudios para el valle mencionan láminas de 650 mm (Neffen, 2020), variando según condiciones ambientales y genéticas.

La lámina bruta aplicada por el establecimiento fue de 1100 mm, con 7 riegos y una frecuencia promedio de 15 días.

Los eventos evaluados bajo riego por surco Alterno, representan el manejo típico que realiza dicho productor, y describieron una eficiencia de aplicación (EA) promedio de 65%. El rendimiento de grano promedio fue de 9246 $\pm$ 1481 kg.ha⁻¹, dentro de un rango de 6629 a 13456 kg.ha⁻¹, considerándose adecuado si tenemos en cuenta un requerimiento de 22 kg de N por tonelada producida (Ciampitti & Garcia, 2007). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p=0,01$), los mayores valores de rendimientos se asocian al fertirriego, tanto con Urea como con Novatec, representando un aumento en el rendimiento del 21% vs aplicación tradicional.

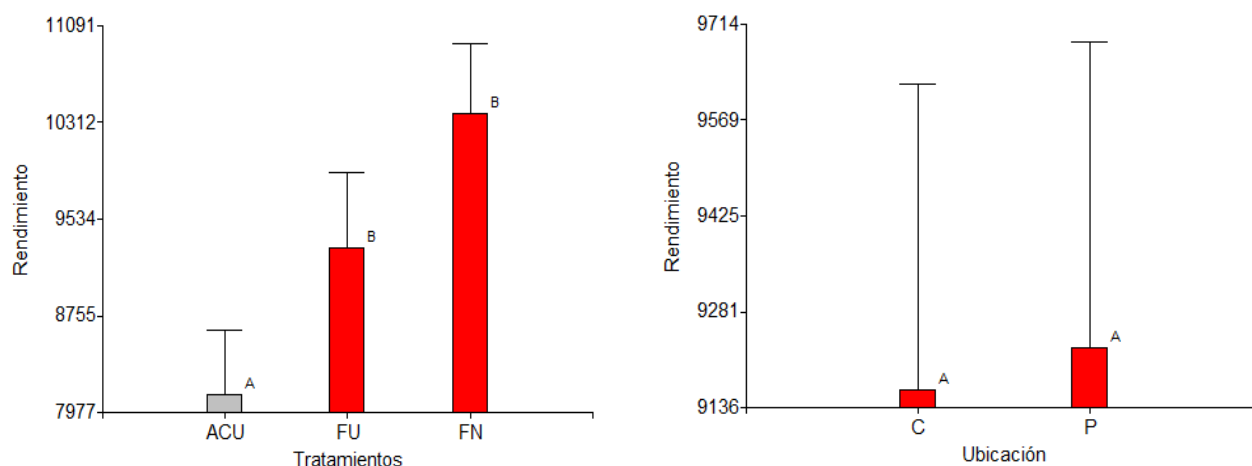
Si comparamos los rendimientos en inicio de surco y final de surco no se registraron diferencias significativas. Resulta coherente ya que la unidad de riego presentaba dimensiones estándar, largo de surco de 80 metros y un EA de 65% (Gráfico 1).

Para la EUA y PA existen diferencias estadísticamente significativamente entre los tratamientos ($p=0,01$), los mayores valores se asocian al fertirriego (FU, FN), específicamente 0,94 kg.m⁻³ y 1,37 kg.m⁻³. Mientras que para ACU se registraron valores de EUA y PA de 0,73 y 1,07 kg.m⁻³. Otros autores han encontrado para técnicas de riego por surco en maíz valores de EUA del orden de 1,15-3,38 kg.m⁻³ (Neffen, 2020; Reinoso, 2009).

Conclusiones

El manejo de la práctica de riego para el cultivo de maíz, combinando fertirriego y Riego por Surco Alterno (RSA), permitió un aumento del 20% en el rendimiento. Su adopción representa mejoras en la sustentabilidad económica y ambiental, facilitando un mejor desempeño general del cultivo.

Gráfico 1: Izq: Rendimientos de grano de maíz según los tratamientos: aplicación convencional con urea en suelo (ACU), y fertirriego con dos tipos de fertilizantes granulados: Urea (FU) y Novatec (FN). Der: Rendimiento según la posición del cultivo en el inicio del surco (C: cabecera) o final de surco (P: pie de surco o final).



No se encontraron diferencias significativas entre los tipos de fertilizantes nitrogenados utilizados, lo cual es un factor importante a considerar dado el costo de adquisición de cada uno. Además, no se encontraron diferencias en la facilidad de preparación para diluir estos fertilizantes, lo que sugiere que la elección del tipo de fertilizante puede basarse en otros factores, como el costo y la disponibilidad.

El fertirriego es una técnica que ofrece varias ventajas, especialmente al eliminar la necesidad de maquinaria para fertilizar en estados avanzados del cultivo. Esta técnica optimiza el uso del agua y los nutrientes y permite elegir momentos adecuados para la dosificación, como los momentos V8 y VT identificados en este estudio. Para futuros estudios, sería interesante determinar el número óptimo de subdivisiones y los momentos de aplicación que maximicen la rentabilidad.

Agradecemos la colaboración de Rubén Soruco y Nora Kugler por brindarnos el espacio de trabajo y asistir en la toma de datos. Este trabajo fue financiado por el Proyecto de INTA PE 505.

Bibliografía

Ciampitti, I. & F. Garcia. (2007). Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. Informaciones Agronómicas N° 33, Archivo Agronómico N° 11. IPNI Cono Sur. Acassuso, Bs. As., Argentina.

Neffen, E. (2020). Alternativas de manejo en riego por surco para el cultivo. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad.

Reinoso, L.; R.S. Martínez; F. Margiotta; R.M. Martínez y P. Zalba. (2009). Estudios de frecuencias de riego sobre el rendimiento de maíz en el Valle Inferior del Rio Negro. En Congreso Nacional del Agua Ed: Dirección Oficial de Impresiones, Rawson. 318 pp. ISBN: 978-987-25369-0-9.

Van Halsema, G.E. & L., Vincent. (2012). Efficiency and productivity terms for water management: a matter of contextual relativism versus general absolutism. Agricultural Water Management. Volumen 108: 9-15. ELSEVIER

AGUA ACTIVADA POR PLASMA PARA RIEGO: UNA NUEVA TÉCNICA DE FERTILIZACIÓN APLICADA A PLANTAS DE PIMIENTO

Ferreira Matías Germán¹, Fina Brenda Lorena¹, Caffaro María Marta², Zilli Carla², Karina Beatriz Balestrasse²

¹ Universidad Tecnológica Nacional, CONICET, Facultad Regional Venado Tuerto Departamento Ing. Electromecánica, Grupo de Descargas Eléctricas, Laprida 651, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina, ² Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, CONICET, San Martín 4453, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

matiasg.ferreira@hotmail.com

Introducción

En las últimas décadas una gran cantidad de investigaciones se han dedicado al estudio de las descargas eléctricas no-térmicas, principalmente debido a sus múltiples aplicaciones tecnológicas (Adamovich et al., 2022). Una de las áreas más exploradas es la de plasmas en la agricultura, donde se estima que en los últimos años se publicaron unos 2000 artículos científicos por año (Adamovich et al., 2022). Las aplicaciones de los plasmas en la agricultura van desde la desinfección/descontaminación de alimentos hasta la fertilización de cultivos. Los tratamientos con plasma (es decir, la forma en que se aplica esta tecnología) se clasifican en: i) tratamiento directo, cuando los sustratos son expuestos directamente al plasma, o ii) tratamiento indirecto, cuando los sustratos son tratados con líquidos previamente 'activados' tras su exposición al plasma. Dentro de los tratamientos directos puede mencionarse la exposición de semillas al plasma para la eliminación de hongos y patógenos, y para la lograr mejoras en la germinación; mientras que dentro de los tratamientos indirectos cabe destacar el riego de cultivos con líquidos activados por plasma como una fuente de nutrientes para favorecer el desarrollo de las plantas.

El agua expuesta al plasma se conoce como agua 'activada' por plasma. Al exponer agua a una descarga en aire se generan en el líquido especies reactivas de oxígeno y nitrógeno. Estas especies reactivas provienen de las moléculas de O_2 y N_2 del aire. Al establecerse una descarga en aire, las moléculas de O_2 y N_2 se disocian y dan lugar a la formación de óxidos y ácidos que ingresan al agua por difusión. Los plasmas en aire en contacto con líquidos ofrecen la posibilidad de sintetizar oxígeno y nitrógeno con un bajo costo energético. Además, los procesos de síntesis de O y N por plasma, en comparación a los procesos tradicionales (como el proceso de Haber-Bosch), son de baja complejidad para su implementación tecnológica (Ranieri et al., 2021).

La cinética química del agua activada es compleja ya que involucra una gran cantidad de partículas y de reacciones. Sin embargo, las especies de vida media larga que sobreviven en el líquido son nitrato, nitrito y peróxido de hidrógeno. Estas especies son de gran importancia en la agricultura. El nitrógeno es el macronutriente principal de las plantas, captándolo preferentemente como nitrito y nitrato. En cuanto al peróxido de hidrógeno, se ha reportado que es una molécula señalizadora que induce la germinación de las semillas. Por estos motivos, el agua activada por plasma resulta una opción atractiva y con gran potencial en la fertilización de cultivos (Ranieri et al., 2021).

Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del agua activada a través de una descarga no-térmica tipo glow en aire ambiente en el desarrollo de plantas de pimiento.

Material y métodos

Para evaluar el efecto del agua activada sobre las plantas de pimienta se sembraron semillas en macetas de plástico de 1 litro (1 planta por maceta), rellenas con 120 g de sustrato GROWMIX® MULTIPRO™ (turba de musgo Sphagnum de fibras finas, compost de corteza fina, perlita y agentes humectantes, pH: 5–5.8, 250–450 ppm de nitrato, 30–100 ppm de fosfato, 200–300 ppm de potasio). Se utilizaron 5 macetas por tratamiento. Las macetas se mantuvieron en cámara de crecimiento durante 40 días con un fotoperíodo de 16/8 h (luz/oscuridad), temperaturas diurnas/nocturnas de 25 ± 2 °C. Las plantas se regaron a demanda del cultivo con 100 ml del tratamiento correspondiente. Los tratamientos fueron agua de pozo activada diferentes tiempos de exposición al plasma: 5, 10 y 15 min (PAW5, PAW10 y PAW15, respectivamente). El agua activada se generó a partir de una descarga tipo glow en aire ambiente con cátodo líquido. Para encender la descarga se utilizó un autotransformador variable, conectado al circuito primario de un transformador de potencia de CA de alto voltaje (25 kV, 50 Hz) con alta reactancia de dispersión (95.3 ± 0.5 kΩ). Esta alta impedancia crea una retroalimentación negativa entre la corriente de descarga y el voltaje sin la necesidad de balastos externos, eliminando la posibilidad de que la descarga transicione a una descarga térmica de alta corriente. En el circuito secundario del transformador de alto voltaje se utilizó un puente rectificador semiconductor de onda completa para fijar la polaridad de los electrodos. La configuración de electrodos elegida fue del tipo punta-agua, siendo el ánodo el electrodo en forma de aguja (radio ~ 200 μm), construido de una varilla de tungsteno toriado; y el agua a activar el cátodo (1 litro), contenida en un recipiente aterrizado construido en AISI 304. La separación entre electrodos fue de ~ 10 mm. El tratamiento control fue agua de pozo sin activar (AP). El pH de los tratamientos se encontró en rango 7.5–8.5, y la conductividad eléctrica entre 1600–1750 μS/cm. En la Tabla 1 se muestran las propiedades fisicoquímicas del agua de pozo activada por plasma:

Tabla 1- Concentraciones de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en el agua de pozo activada por plasma. dld: debajo del límite de detección.

	NO_3^- [mg/l]	NO_2^- [mg/l]	H_2O_2 [mg/l]
AP	50 ± 5	dld	dld
PAW5	100 ± 10	60 ± 5	5 ± 1
PAW10	140 ± 20	110 ± 5	13 ± 1
PAW15	175 ± 20	150 ± 5	18 ± 1

Los parámetros biométricos evaluados en las plantas de pimienta fueron el peso fresco y el peso seco. El peso fresco se registró empleando una balanza con 1 g de error de apreciación. El material vegetal se secó a 80°C durante 120 h para obtener el peso seco. El peso seco se registró empleando una balanza analítica (apreciación 0.001 g). Los análisis estadísticos se realizaron con el software R versión 4.3.1 (R Core Team, 2021).

Resultados

En la Figura 1 se muestran los pesos frescos de las partes aérea y radicular de las plantas de pimienta cosechadas a los 40 días después de la siembra. Las plantas regadas con PAW muestran un mayor peso fresco que las regadas con el control. Se observa una tendencia creciente de los pesos frescos con el tiempo de activación del agua. Existen diferencias significativas en el peso fresco aéreo para los tratamientos respecto del control. El aumento del peso fresco aéreo para las plantas regadas con agua activada respecto del control fue de 40% para PAW5, 52% para PAW10, y

72% para PAW15. En cuanto al peso fresco radicular, no se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

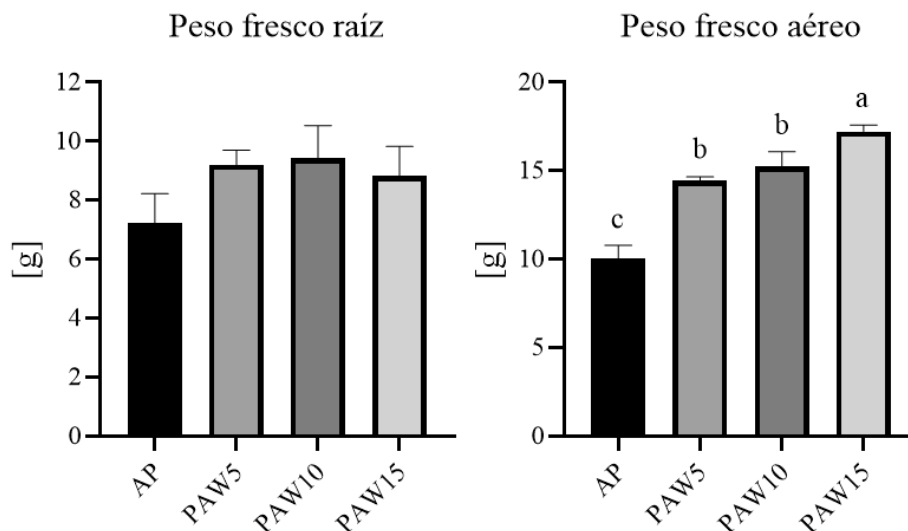


Figura 1- Pesos frescos de las partes radicular y aérea de las plantas. Las determinaciones se realizaron a los 40 días después de la siembra. Diferentes letras muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos (LSD test, $p < 0.05$).

En la Figura 2 se presentan los pesos secos de las plantas. Se observa mayor peso seco para las plantas regadas con PAW. El peso seco aéreo de plantas regadas con agua activada respecto del control fue 52% mayor para PAW5 y PAW10, y 76% para PAW15. En cuanto al peso seco radicular, no hay diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

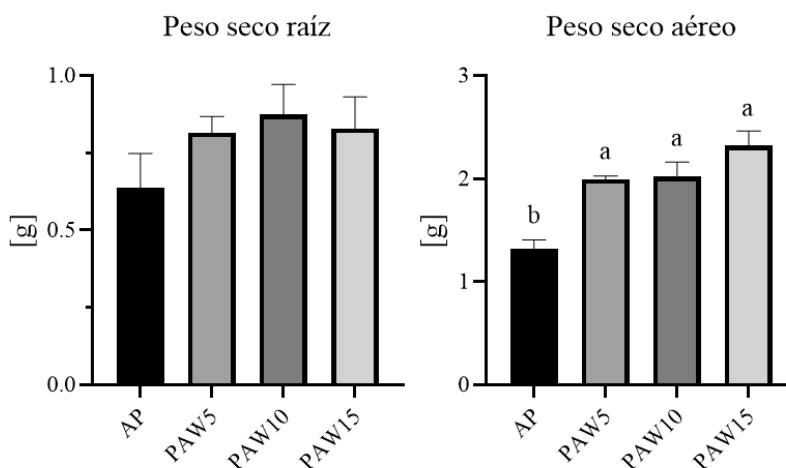


Figura 2 - Pesos secos de las partes radicular y aérea de las plantas. Las determinaciones se realizaron a los 40 días después de la siembra. Diferentes letras muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos (LSD test, $p < 0.05$).

Conclusiones

En el presente trabajo se evaluó el efecto del agua activada por plasma sobre el desarrollo de plantas de pimiento. Se midieron los pesos fresco y seco de las plantas crecidas hasta los 40 días. Los resultados mostraron un aumento significativo del peso de las plantas regadas con agua activada por plasma. Considerando la parte aérea de las plantas, las regadas con agua activada por

plasma mostraron incrementos entre 40–72% en el peso fresco, y entre 52–76% en el peso seco, en comparación a las regadas con agua sin activar.

Bibliografía

I Adamovich *et al.*, (2022) The 2022 Plasma Roadmap: Low temperature plasma science and technology. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 55(37), 373001

P Ranieri *et al.*, (2021) Plasma agriculture: Review from the perspective of the plant and its ecosystem. *Plasma Process Polym.*, 18:2000162.

R Core Team. (2021). R Foundation for Statistical Computin.

EFFECTOS DEL RIEGO DEFICITARIO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EFICIENCIA DE USO DEL AGUA EN QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA* WILLD.)

Dávila Cruz Gustavo¹⁻², Meleh Juan José², Meleh Alejandro²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ²Universidad Nacional de Chilecito (UNDeC)

davila.gustavo@inta.gob.ar

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo que ha ganado especial atención en todo el mundo debido a sus beneficios nutricionales, además de su capacidad para adaptarse con un alto potencial de rendimiento a suelos pobres en nutrientes, salinos y estresados por la sequía (Sun et al., 2014; Zurita-Silva et al., 2014; Maliro et al., 2017; Bozkurt Çolak et al., 2021). Generalmente, esta se cultiva dentro de un rango de precipitaciones de 300 a 1.000 mm, con un óptimo de 500 a 800 mm (FAO, 2016). Para las condiciones del Altiplano Boliviano, Choquecallata et al. (1991) reportaron que la demanda hídrica total de la quinua es de 488 mm y determinaron que las fases fenológicas de floración y grano lechoso son las que presentan una mayor demanda de agua. Asimismo, Bertero y Ruiz (2008); Geerts et al. (2008) y Bozkurt Çolak et al. (2021) sostienen que dichas fases son las más sensibles a la escasez de agua con una marcada influencia en el rendimiento final. Numerosos artículos, han abordado el estudio de la tolerancia a la sal y la sequía en la quinua (Jensen et al., 2000; García et al., 2003; Jacobsen y Mujica, 2003; Jacobsen et al., 2003; Bhargava et al., 2005; Razzaghi et al., 2011). Bozkurt Çolak et al. (2021), mencionan que el riego deficitario en quinua permite aumentar la eficiencia en el uso del agua y la productividad del agua de los cultivos (Wpl).

Objetivos

- Evaluar el comportamiento del cultivo de quinua, variedad Hornillos Gob. Jujuy INTA en respuesta al riego deficitario controlado durante las fases de floración y llenado de grano.
- Evaluar el efecto del riego deficitario controlado sobre el rendimiento de la quinua.
- Determinar la productividad del agua en la quinua, sometida a estrategias de riego deficitario controlado.

Material y métodos

El estudio se realizó durante la temporada 2022 en una plantación de quinua regada por goteo ubicada en Nonogasta, provincia de La Rioja, Argentina (29°17'47"S; 67°28'46"O; 906 m.s.n.m.). El suelo del sitio experimental es un Torrifluvent típico, de textura franco (CE= 0,32 dS/m; pH= 8,42; materia orgánica= 2,33%; Wc= 24% y Wm= 8%). Posee un clima seco semiárido, de inviernos cortos, con una temperatura media anual de 18 °C y precipitaciones medias anuales de 180-200 mm, concentradas en la época estival (Morello 1958, Cabrera 1976). La variedad seleccionada fue Hornillos Gob. Jujuy INTA (ecotipo Valle), sembrada el 24 de enero. A los 30 días de la emergencia, se realizó un raleo para lograr una distancia entre plantas de 10 a 15 cm. Entre la fase de

panojamiento, a los 43 días desde la siembra (DDS) y la madurez fisiológica (106 DDS), se evaluó el efecto de 3 tratamientos de riego: T-100 = 100% de la evapotranspiración de cultivo (ET_c), T-66 = 66% y T-33 = 33% de la dosis aplicada a T-100. Durante el resto del ciclo se regó a demanda plena. La necesidad hídrica del cultivo se calculó de acuerdo con la ET_c estimada por Penman-Monteith (Allen et al. 1998), considerando el coeficiente de cultivo (K_c) propuesto por Choquecallata et al. (1991). El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con 3 repeticiones y la unidad experimental se constituyó por 4 filas de 5 m de largo distanciadas a 50 cm. Durante el período de restricción hídrica se midió semanalmente el porcentaje de humedad gravimétrica del suelo (%HG) entre 0 y 40 cm y el potencial hídrico de hoja (Ψ_h) a mediodía. La productividad del agua (W_{pl}) se calculó según González Robaina (2014). Al alcanzar la madurez fisiológica, se determinó la producción de granos por planta, el peso de 1.000 semillas y peso medio del grano. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparaciones LSD de Fisher ($p \leq 0,05$). Para las variables Ψ_h y %HG se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo, mediante la estimación de modelos lineales mixtos. Se utilizó el software estadístico InfoStat, versión 2020 (Di Rienzo et al. 2020).

Resultados

Durante la primera etapa del ciclo anual del cultivo (0 a 42 DDS) todas las plantas recibieron 151 mm de agua, entre riego y precipitación efectiva, mientras que en el período de restricción hídrica (43 a 106 DDS), los tratamientos T-100, T-66 y T-33 recibieron 272 mm, 189 mm y 101 mm respectivamente. Los tratamientos de riego tuvieron efecto sobre el %HG, el cual disminuyó en todos los casos, observándose valores extremos en T-33 (%HG= 4,77) a los 85 DDS (Fig. 1A). No se evidenció interacción riego-tiempo, aunque hubo diferenciación significativa para el tiempo y para riego como factores individuales. Para este último, los tratamientos de riego deficitario mostraron menor contenido de humedad en relación con T-100 (T-100= 9,3a, T-66= 7,9b y T-33= 7,6b %). En la Fig. 1B, se puede observar que el Ψ_h evidenció un efecto de interacción riego-tiempo con una disminución progresiva, diferenciándose a los 92 DDS (T-100= -26,3a, T-66= -28,4ab y T-33= -31,2b bares).

La producción de granos por planta mostró diferencias significativas entre T-66 y los demás tratamientos. Como puede observarse en la Tabla 1, el rendimiento en T-66 fue 24 y 22% mayor que en T-33 y T-100 respectivamente. Asimismo, el peso de 1.000 semillas disminuyó significativamente en el tratamiento más restrictivo, mientras que la disminución del riego incrementó la W_{pl} en un 61%.

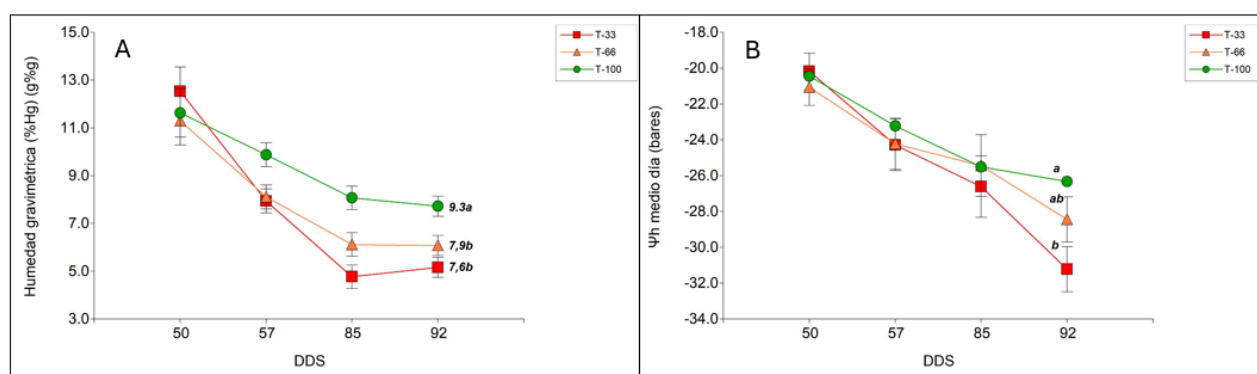


Figura 1- Variación del porcentaje de humedad gravimétrica del suelo (%HG), entre 0 y 40 cm de profundidad (A) y evolución del potencial hídrico de tallo a mediodía (Ψ_t) (B) para los diferentes tratamientos de riego. Barras verticales indican el error estándar de las medias de 3 mediciones. Letras minúsculas indican separación de medias según test de Fisher ($\alpha=0,05$).

Tabla 1- Rendimiento, peso de 1.000 semillas y productividad del agua para los diferentes tratamientos de riego. Letras minúsculas indican separación de medias según test de Fisher ($\alpha=0,05$).

Tratamiento	Rendimiento (g/planta)	Peso de 1.000 semillas (g)	Rendimiento (t/ha)	Wpl (kg/m ³)
T-100	30,18 b	2,85 a	3,62 b	0,86 b
T-66	38,74 a	2,78 a	4,64 a	1,37 a
T-33	29,46 b	2,59 b	3,53 b	1,40 a

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos indican que la quinua variedad Hornillos Gob. Jujuy INTA muestra una notable adaptación al riego deficitario durante las etapas de panojamiento y madurez fisiológica, como lo evidencian el rendimiento y la Wpl alcanzados por T-66. Sin embargo, es esencial complementar esta observación con estudios adicionales que incluyan evaluaciones de la calidad nutricional del grano, particularmente en términos del contenido proteico.

Nuestra investigación ha resaltado la necesidad de ajustar los coeficientes de cultivo (K_c) y de evaluar la respuesta de la quinua al riego deficitario controlado en diferentes etapas fenológicas, así como también a la restricción hídrica sostenida en los valles áridos y semiáridos de La Rioja. Además, se recomienda analizar otras variables agronómicas, como la producción de biomasa y el contenido de proteínas para obtener una visión más integral del impacto del riego deficitario.

En el contexto actual, donde la eficiencia en la producción de alimentos y el manejo sostenible de los recursos hídricos son cruciales, la quinua se perfila como una opción prometedora debido a su destacada respuesta bajo condiciones de restricción hídrica. Esta capacidad de adaptación podría contribuir significativamente a la agricultura sostenible y a la seguridad alimentaria.

Bibliografía

Bozkurt Çolak, Y., Yazar, A., Alghory, A., & Tekin, S. (2021). Yield and water productivity response of quinoa to various deficit irrigation regimes applied with surface and subsurface drip systems. *The Journal of Agricultural Science*, 159(1-2), 116-127.

Choquecallata, J., Vacher, J., Fellmann, T. Y Imaña, E. (1991). Evapotranspiración máxima del cultivo de la quinua por lisimetría y su relación con la evapotranspiración potencial en el altiplano boliviano. *Actas del VII congreso internacional sobre cultivos andinos*. La Paz, Bolivia.

García, M., D. Raes y S.E. Jacobsen (2003). Análisis de evapotranspiración y requisitos de riego de quinua (*Chenopodium quinoa*) en el altiplano boliviano. *Gestión del Agua Agrícola*. 60:119–134.

Razzaghi, F., S.H. Ahmadi, V.I. Adolf, C.R. Jensen, S.E. Jacobsen y M.N. Andersen (2011). Relaciones de agua y transpiración de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo salinidad y secado del suelo. *Revista de Agronomía y Ciencias de los Cultivos*. 197:348-360.



EJE 03

Economía, educación, legislación y gobernanza del agua

EJE 03

Trabajos cientificos

MODERNIZACIÓN DEL RIEGO FINANCIADO POR LA TARIFA UTILIZANDO LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS.

Rosa, Raúl Jorge¹

¹FCAyF, CIIAAA – Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

rjr@agro.unlp.edu.ar

Introducción

El precio del agua puede ser una herramienta eficaz para lograr un uso más eficiente, siempre que sea apoyada por otras políticas. Sin embargo, el aumento de los precios no siempre logra el objetivo de conservarla. Los agricultores a menudo tienen una baja elasticidad precio de la demanda. Por ello, la eficacia de los precios y cargos por el uso o disponibilidad del agua para la conservación no puede darse por sentada y necesita ser evaluada en el contexto de la zona geográfica en particular, las formas de cultivo, los arreglos institucionales y las políticas agrícolas. El esquema institucional debe garantizar un servicio confiable para que los precios del agua sean adecuados y aceptables para los agricultores, así como las ventajas que poseen la transparencia en la gestión y la participación y empoderamiento de los agricultores en la toma de decisiones. (Dinar & Mody, 2004) (Jeder et al. 2014) (Expósito and Berbel 2017).

En el presente estudio se plantea utilizar la tarifa del agua en la parte inelástica de la curva de demanda con el objeto de financiar la modernización que permita el uso eficiente del agua. Con la incorporación de las nuevas tecnologías (Internet de las Cosas y Blockchain) se propicia la transparencia en la gestión dada la disminución de la percepción del riesgo por parte de los agricultores para la adopción de un esquema de gobernanza transparente y confiable.

Objetivos

El objetivo del trabajo es diseñar un esquema de gestión que permita el uso eficiente del agua de riego a partir de la modernización financiada por la tarifa del agua y gestionada con las nuevas tecnologías (Internet de las cosas IoT y Blockchain).

Material y métodos

El trabajo se estructura en 3 etapas, la primera consiste en determinar el umbral de precio del agua que permita cumplir con los objetivos de la política de precios, y que no genere un impacto negativo en la rentabilidad de los productores involucrados. La segunda etapa consiste en evaluar la disponibilidad a pagar por parte de los productores para cumplir los objetivos de la política. Por último, se completa el esquema con el uso de las nuevas tecnologías para medir y registrar los procesos, generar contratos inteligentes que permitan disminuir el nivel de los riesgos asociados al involucramiento en el sistema de gestión del proceso.

Para la primera etapa se debe determinar un balance general de la oferta y demanda de agua involucrada en todo el sistema antes y después de la modernización en los sistemas de irrigación, para evaluar la mejora en la eficiencia. Asimismo, se debe estimar el umbral de precio teórico a partir del procedimiento planteado por (Amir, I, and F M Fisher. 1999), donde se estima la curva inversa de demanda de agua y la distribución del uso del suelo a diferentes precios de la tarifa.

La segunda etapa consiste en evaluar la disponibilidad a pagar por parte de los productores para cumplir los objetivos de la política. En esta etapa se realiza una encuesta a partir de una muestra aleatoria donde se evalúa si los productores están dispuestos a financiar la modernización del riego porque perciben que dicha modernización les permite aumentar sus rendimientos y sus ingresos, como así también utilizar eficientemente el recurso. El modelo estadístico utilizado es el de Modelo de Ecuaciones Estructurales (Structural Equations Models SEM) que se define a partir de dos submodelos Foguet & Gallart (2000) el modelo de medida y el modelo estructural propiamente dicho. El modelo en forma explícita es el siguiente:

$$\eta = \gamma_{11} \xi_1 + \gamma_{12} \xi_2 + \zeta$$

Donde η representa la disponibilidad a financiar ξ_1 representa la decisión de inversión para resolver la escasez de agua; ξ_2 representa la visualización de los beneficios de la modernización; ζ término de error.

La última etapa consiste en diseñar un esquema de gestión del proceso para toda el área involucrada que incorpore el uso de tecnologías de internet de las cosas y blockchain, con el objeto de generar un procedimiento transparente de medición y registración que permita el uso de contratos inteligentes que formalicen y generen confianza a los actores para implementar el esquema organizacional.

Esto se enmarca en un esquema en el marco conceptual planteado por Williamson (2000), donde se señala (1) un primer nivel donde se incluyen normas, cultura y hábitos fruto de la evolución social; (2) el segundo nivel donde se sitúan las decisiones tomadas colectivamente y por el Estado; (3) el tercero donde se analiza la estructura de gobernanza; y (4) el cuarto nivel en el que se estudia la formación de precios en los mercados de recursos. Se han puesto a prueba las hipótesis para evidenciar el encadenamiento lógico entre los niveles 4 y 3. En este sentido, aquellos atributos que contribuyen a determinar el umbral de precio a pagar por el productor para financiar la modernización, y que aportan al objetivo de ahorro de agua (nivel 4). A su vez, se contrastan hipótesis para analizar aspectos de la gobernanza (nivel 3) e integrarlos con el resto de los niveles.

Resultados

Para la primera etapa se determinó un valor de tarifa 4 (cuatro) veces mayor que el actual, representado en la parte inelástica de la curva inversa de demanda. Asimismo, se evaluó que el impacto de dicha tarifa no modifica sustancialmente el uso del suelo ni genera un impacto negativo en la rentabilidad de las empresas, donde la TIR (Tasa Interna de Retorno) con sustitución tecnológica, que implican la inversión en tecnologías ahorradoras y los valores de la tarifa incrementados oscila entre un 20% y 100% aproximadamente para los distintos modelos productivos. (Rosa, RJ 2016)

Para la segunda etapa, se determinó la disponibilidad a financiar por parte de los productores, a partir del modelo de ecuaciones estructurales (SEM). Los signos de las relaciones causales propuestas en el modelo son correctos y coinciden con las hipótesis planteadas. Para el constructo "Inversión en modernización para resolver los problemas de escasez", Invertir en riego binario es el indicador de mayor peso pues aporta un 1,434 ($\lambda_{11}=1,434$), mientras que Aumentar los Ingresos ($\lambda_{12}=1,572$) es la mayor motivación para productores en "Visualiza beneficios para la modernización".

Si se observa la “Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez”, se desprende que la visualización de beneficios por la modernización ($Y_{12}=0,0122$) impacta con un coeficiente aproximadamente 6 veces mayor que Invertir en modernización para resolver los problemas de escasez ($Y_{11}=0,00221$), de ahí la importancia de la tercera etapa para la generación de confianza. En relación a “Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez”, el financiamiento cuádruple tiene un peso de ($\lambda_{21}=0,0197$). (Rosa, RJ 2016)

La última etapa es una etapa propositiva donde se diseña un esquema organizacional que permita la implementabilidad de dicha estrategia en el esquema organizacional planteado, con el objeto de darle transparencia y seguridad a todos los procesos, para que los productores perciban un menor riesgo y así se integre el modelo general planteado.

La tecnología de IoT permite el monitoreo en tiempo real de diferentes parámetros, tanto de la oferta como de la demanda de agua, tales como el sistema de riego, los niveles de agua, caudales, estado de compuertas, tiempos de uso, calidad de agua entregada, etc. En efecto, utilizando redes inalámbricas de bajo consumo y área amplia (LPWAN) es posible el despliegue de muchos nodos sensores, en distintos puntos geográficos, que transmiten los valores medidos a la plataforma IoT. Esta plataforma disponibiliza la información en tiempo real y también las series históricas de las diferentes variables, lo que es clave para la gestión y operación del sistema. Además, puede generar en forma automática notificaciones o alarmas ante anomalías, lo que permite dar respuestas tempranas e inmediatas mejorando el manejo de contingencias.

Blockchain agrega confianza a todos los participantes del consorcio de riego. El uso de blockchain permite asegurar que la información que refleja el uso del sistema de riego está registrada de forma válida e inmutable y disponible en forma abierta para todos los participantes. Con blockchain es posible la generación de contratos inteligentes donde se tome en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico, la participación de cada productor en el fondo de financiamiento, y la administración de cuotas parte o cupos de riego.

Conclusiones y recomendaciones

El estudio permite concluir que el precio del agua es un instrumento válido para el financiamiento de la sustitución tecnológica de riego, cuando los productores perciben los beneficios de dicha sustitución en un contexto de escasez relativa del recurso. Esto a su vez, podría contribuir a los objetivos de ahorro de agua o su reasignación, si se enmarca en un esquema organizacional e institucional que se oriente hacia tal fin en el marco de una planificación integral. El uso de las nuevas tecnologías permite brindar transparencia y seguridad a los procesos disminuyendo la percepción de riesgo por parte de los productores y facilitando su ingreso al sistema, generando un mecanismo virtuoso de financiación para la modernización y gestión del agua de riego que permita cumplir los objetivos de la estrategia descripta.

Bibliografía

- Amir, I, and F M Fisher.** 1999. "Analyzing Agricultural Demand for Water with an Optimizing Model." *Agricultural Systems* 61: 45–56.
- Dinar, Ariel, and Jyothsna Mody.** 2004. "Irrigation Water Management Policies: Allocation and Pricing Principles and Implementation Experience." *Natural Resources Forum* 28(2): 112–22.
- Expósito, Alfonso, and Julio Berbel.** 2017. "Why Is Water Pricing Ineffective for Deficit Irrigation Schemes ? A Case Study in Southern Spain." *Water Resour Manage*: 1047–59.
- Foguet, Joan Manuel Batista, and Germà Coenders Gallart.** 2000. *Modelos de Ecuaciones Estructurales*. ed. Hespérides. Madrid. España.
- Jeder, Houcine, Mongi Sghaier, Kamel Louhichi, and Pytrik Reidsma.** 2014. "Bio-Economic Modelling to Assess the Impact of Water Pricing Policies at the Farm Level in the Oum Zessar Watershed , Southern Tunisia." *Agricultural Economics Review* 15(2).
- Rosa, Raúl Jorge.** 2016. Tesis doctoral "Gestión del agua regulada por una presa: El precio del agua como instrumento de planificación y financiamiento para la modernización de los sistemas de irrigación". Universidad Politécnica de Valencia (España). <https://www.fundacionaquae.org/autor/raul-jorge-rosa/>
- Williamson, Oliver E.** 2000. "The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead." *Journal of Economic Literature* 38(September): 595–613.

ANÁLISIS DE ESCENARIOS DEL COSTO ECONÓMICO DEL RIEGO PRESURIZADO CON PIVOTE CENTRAL EN EL ÁREA DE REGADÍO DE LA PAMPA

Fontanella, Dardo¹, Aumassanne Carolina¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo, La Pampa.

fontanella.dardo@inta.gob.ar

Resumen Extendido

Introducción

En la última década, la cuenca del río Colorado presenta derrames anuales inferiores al promedio histórico, donde el consumo de agua para riego representa el 98 % del uso. Ante esta situación, en la provincia de La Pampa, se aplicaron restricciones en el cupo de agua para riego. Estos escenarios restrictivos, generan oportunidades para ajustar las demandas de agua y energía en los sistemas de riego por pivote central. Por otra parte, conocer los factores que ocasionan un mayor consumo energético en las áreas bajo riego, es importante para establecer estrategias de ahorro (Camacho et al., 2010). Una reducción del consumo energético puede alcanzarse mediante la consideración de dos aspectos: la disminución del consumo de agua y la adecuación de los sistemas de bombeo y las pautas de manejo y operación de los sistemas de riego considerando, además, la gestión del agua y la gestión energética (López et al., 2012). El objetivo del presente trabajo es analizar las variaciones en el costo de mm de riego aplicado con pivote central, en el área de regadío de La Pampa, a partir de distintos escenarios del uso de la energía eléctrica de red para riego, considerando: franjas horarias y segmento de consumidores.

Material y métodos

Se plantea, como caso de estudio, las condiciones de un establecimiento productivo representativo de la zona de 25 de Mayo (La Pampa), con cultivo de maíz destino a cosecha, bajo riego con pivote central. Para la determinación del costo del mm de riego se tomaron las siguientes consideraciones:

Sistema de riego: Riego presurizado de pivote central, dimensionado de forma similar a los utilizados en la zona, 70 ha, con consumo de 1,5 HP.ha⁻¹.

- Mano de obra: Equipo de trabajo para completar turnos y relevos. Vehículo. Afectación del 50 % del tiempo de uso de una pick up del establecimiento.
- Canon de riego: Servicio de agua para riego brindado por el Ente Provincial del Río Colorado, del Gob. de La Pampa. Canon de riego 2022 anual, 3382,79 \$. ha⁻¹. año⁻¹.
- Amortización: de la inversión del sistema de riego en 20 años.
- Energía eléctrica: En la zona hay disponibilidad y seguridad de energía por una importante red de distribución utilizando el Sistema Interconectado Nacional. El servicio de distribución es brindado por la cooperativa eléctrica con facturación mensual. Existe una tarifa para riego que contempla un subsidio del 63 % del estado Nacional (para usuarios con consumos menores a 300 kw), más un 3 % del estado Provincial a través de la Administración

Provincial de Energía (APE) y bandas horarias con tarifas diferenciales. Los conceptos que se cobran son potencia y energía.

- Mantenimiento y reparaciones del sistema de riego.
- Riego: Se determinaron las láminas de riego por ciclo de cultivo, para el maíz 780 mm. año⁻¹ según un balance hídrico de cultivo calculados con la metodología propuesta por FAO.

En cuanto a la potencia, se analizaron aquellas correspondientes a usuarios mayores a 300 Kw y, de igual forma, las de los usuarios menores a 300 Kw de potencia instalada. En cuanto al tipo de tarifa se utiliza la tarifa Riego Agrícola dispuestas por la Administración Provincial de Energía del Gobierno de La Pampa, que tiene un costo por cargo fijo y la franja de uso. En este último caso tiene tres franjas de uso de energía: hora pico de 18 a 23 hs, valle de 23 a 05 hs y resto de 5 a 18 hs, y dos franjas por uso de potencia pico de 18 a 23 hs y fuera de pico de 23 a 18 hs. Por su parte, la tarifa plana tiene un cargo fijo, un cargo por la potencia instalada, el costo de compra de la energía que se divide en tres franjas (hasta 100 Kw. H, hasta 300 Kw. H, y más de 300 Kw.h). Por último, respecto a las horas diarias de riego se consideran 19 hs por día sin el uso de horas pico, y 24 hs sin considerar franjas. Se estimaron y analizaron los costos del mm de riego para el cultivo de maíz para 6 escenarios que se detallan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1- Costos del mm de riego para el cultivo de maíz para 6 escenarios.

Escenario	Potencia instalada	Tipo de tarifa	Horas diarias de riego
1	Menor a 300 kW	Riego agrícola	24 horas
2	Menor a 300 kW	Riego agrícola	19 horas
3	Menor a 300 kW	Riego agrícola	24 horas
4	Mayor a 300 kW	Plana	24 horas
5	Mayor a 300 kW	Plana	24 horas
6	Mayor a 300 kW	Riego agrícola	19 horas

Resultados

En todos los escenarios analizados se calcularon el costo total del mm de riego y el costo total por hectárea. Para este último cálculo se consideraron las componentes del costo que se detallan en la Figura 1. En el costo del mm de riego, los componentes de amortización y la energía son los que mayor porcentaje representan, con un 26 % en el escenario 2, que corresponde al que alcanzó el menor valor del costo total y costo del mm de riego, y un 32 % en el escenario 4.

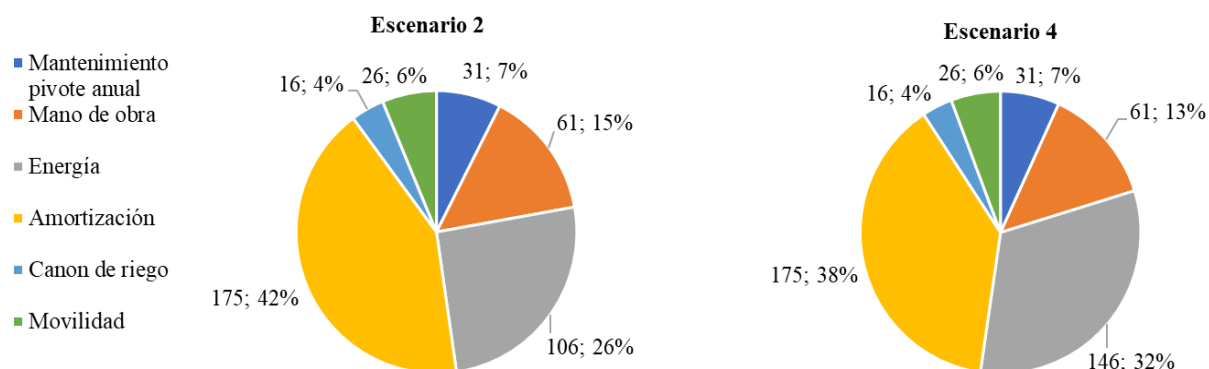


Figura 1- Componentes del costo total de riego.ha⁻¹ en U\$S y en porcentaje (%) para los escenarios 2 y escenario 4.

El porcentaje de participación de la energía en el costo del mm de riego en los escenarios analizados es el componente más variable. La variación en el componente energía está vinculado, directamente, con los valores en la tarifa y las intervenciones subsidiarias del estado nacional.

En los escenarios evaluados el costo total riego y el costo del mm de riego en equipos presurizados fue menor en el escenario 1, 451 U\$S ha⁻¹ o,53 U\$S mm⁻¹, con una potencia instalada menor a 300 Kw con 24 horas diarias de riego con una tarifa de riego agrícola. Los escenarios con menor potencia instalada (escenario 1 y 2) son los que registraron los menores costos de riego.

El escenario que obtuvo el mayor costo fue el escenario 4, con una potencia instalada mayor a 300 Kw con 19 horas diarias de riego con una tarifa de riego agrícola. Este valor es de 455 U\$S ha⁻¹ y de 0,58 U\$S mm⁻¹. Esto representa un 9,6 % y 9,4 % respectivamente. Esta situación es la que actualmente se utiliza principalmente en el área bajo riego. Cabe mencionar que la utilización de tarifas planas no tiene una incidencia directa en el costo del mm de riego ya que los escenarios 3 y 6 obtuvieron un valor de 453 y 448 respectivamente, como puede observarse en la Tabla 2.

Tabla 2- Costo total de riego y los componentes del costo para los escenarios evaluados.

Escenarios	Potencia Kw	Horas al día	Costo U\$S mm ⁻¹	Costo U\$S ha ⁻¹
1	<300	H24	0,55	428
2	<300	H19	0,53	415
3	<300	TP	0,58	453
4	>300	H19	0,58	455
5	>300	H24	0,56	439
6	>300	TP	0,57	448

Conclusiones y recomendaciones

La determinación de los componentes del costo, para cada franja de potencia y franjas horarias, resultan de gran utilidad para la toma de decisiones y adopción de las nuevas tecnologías y prácticas de manejo para mejorar la rentabilidad de los sistemas productivos de la zona. Los resultados alcanzados en los escenarios evaluados en este trabajo corresponden a condiciones reales concretas de la zona según las características de cada emprendimiento productivo del área bajo riego y las alternativas tarifarias vigentes.

Bibliografía

Camacho, P. E., Rodríguez. A., P. Montesinos, Y. y Carrillo, T. (2010). Ahorro de Energía en el Riego. Catedrático de Hidráulica y Riegos, ETSIAM, Universidad de Córdoba, España.

López S., M., Mujica C. A., Brown M. O. y Castellano C, L. (2012). Evaluación del consumo energético de las máquinas de pivotes centrales eléctricas en la empresa cultivos varios la Cuba provincia Ciego de Ávila. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Universidad Agraria de La Habana vol. 21, 30-34 pp.

LOS CONFLICTOS DE DERECHOS EN LA GOBERNANZA DEL AGUA

Sanna Federico¹

¹Facultad de Ciencias Sociales- Universidad Nacional de San Juan (UNSJ).

federicosannabaroli@gmail.com

Introducción

El presente trabajo tiene por objetivo presentar las dificultades del test de razonabilidad en los modelos constitucionales de fusión; en particular en lo referido a los conflictos de derechos en torno a las normas que regulan la participación en la gobernanza del agua. Esta problemática se desprende de una indagación más extensa, fruto del desarrollo de la tesis doctoral en curso del Doctorado en Derecho en la Universidad Nacional de Cuyo.

Analizamos el conflicto que se traba entre derechos patrimoniales adquiridos de ciertos usuarios, derecho al ambiente sano de la ciudadanía y derecho humano al agua con especial énfasis en ciertos grupos sociales.

En esta instancia, presentaremos un aspecto saliente: resultados parciales vinculados con las dificultades que presenta el test de razonabilidad para resolver este tipo de conflictos, producto de ser desarrollado en modelos constitucionales de fusión. Para categorizar al constitucionalismo de fusión, tenemos en cuenta tres modelos del constitucionalismo latinoamericano del siglo XIX con impacto en el siglo XX y XXI: liberal, conservador y republicano (Gargarella, 2010). En el caso del modelo republicano, añadimos elementos propios del constitucionalismo del siglo XXI (derechos colectivos).

En la investigación trazamos una vinculación entre los derechos de los actores de la gobernanza del agua (usuarios, pueblos indígenas, agricultores de subsistencia, ciudadanía) con las distintas etapas y modelos del constitucionalismo.

Sin embargo, en los modelos constitucionales de fusión, caracterizados por la yuxtaposición de derechos, sin mecanismos de vinculación y/o armonización de los mismos, es complejo aplicar los subprincipios del test de razonabilidad. Hemos estudiado los tres principios del test: idoneidad, necesidad y proporcionalidad, haciendo mayor énfasis en ese último (Alexy, 2017).

La imposibilidad de encontrar resultados correctos no invalida al test como mecanismo de interpretación constitucional. No obstante, evidencia la impotencia que el mismo tiene para ser utilizado de manera exclusiva. En particular, tomaremos jurisprudencia de la Corte Suprema de Justicia que es representativa de lo expresado.

Objetivos

Se analizará el grado de participación de los distintos actores en la gobernanza del agua y su vinculación con los modelos del constitucionalismo latinoamericano. También se indagará en los distintos resultados posibles del test de razonabilidad en conflictos en torno a la gobernanza del agua, en el marco del constitucionalismo de fusión.

Material y métodos.

Se emplea una metodología que vincula el análisis conceptual con el estudio del contexto en que se produce y se implementa el derecho (Rossetti, 2016). Se describen y sistematizan las normas constitucionales e infra constitucionales vigentes a la luz del marco teórico y contextual propuesto. Se analizarán las normas de aguas locales teniendo en cuenta los distintos modelos constitucionales, las concepciones ontológicas sobre el agua y el concepto de ciclo hidrosocial; subsumiendo sus institutos, bajo el test de razonabilidad constitucional.

El material de análisis está constituido por lo pertinente de: (i) la CN e instrumentos internacionales con jerarquía constitucional; (ii) leyes nacionales que regulan cuestiones atinentes al agua; (iii) leyes locales de aguas y de ambiente en las provincias de San Juan, Mendoza, Córdoba y Buenos Aires; (iv) jurisprudencia sobre el tema posterior al año 1983. Para la búsqueda de jurisprudencia se apelará a libros, revistas y catálogos especializados; (v) doctrina especializada.

Resultados

El trabajo realizado nos permite afirmar que las normas que regulan la participación están estructuradas en función del modelo constitucional originario, concebidas bajo una visión liberal decimonónica, enfocada en proteger a titulares de derechos individuales, en términos de usuarios privativos, se encuentran ausentes o con una injerencia menor los grupos especialmente protegidos por el Derecho Humano al Agua y la ciudadanía en un sentido amplio, ya que no están previstas instancias que garanticen la participación ciudadana de manera suficiente.

Los usuarios privativos, titulares de concesiones, tienen un lugar exclusivo o preferencial, en las instancias participativas vinculadas al agua. Ello resultó coherente con el constitucionalismo originario, la ausencia actual de otros actores sociales (pueblos indígenas, agricultores de subsistencia, ciudadanía en general) deviene en cierta contradicción con el marco constitucional y convencional vigente. No obstante, los usuarios privativos, tienen también derechos adquiridos protegidos bajo el amplio espectro del derecho de propiedad constitucional; por lo que en ciertos casos se traba un conflicto de difícil resolución; en el cual el test de razonabilidad no brinda soluciones unívocas ni intrínsecamente correctas.

Los distintos prismas desde los que se puede ver la Constitución dificultan la aplicación de estándares de proporcionalidad que permitan resolver de manera única y correcta los conflictos de derechos vinculados a este bien. Esto lo podemos afirmar ya que, desde las diferentes lentes que cada modelo brinda, los análisis de intensidad y beneficio (leve, moderado o grave) de este subprincipio pueden variar de modo considerable. Además de ello, la idoneidad y necesidad de un medio, también pueden tener resultados disímiles dependiendo la lente constitucional con que se analicen estos subprincipios del test. Ejemplo de ello es el caso de La Pampa C/Mendoza s/ uso de aguas (2017); su análisis nos permitió arribar a dos conclusiones: i) La CSJN no realiza en sí mismo un juicio de razonabilidad e incluso confunde el contenido del Derecho Humano al Agua con el Derecho al ambiente sano; ii) Resultaría tan razonable una sentencia ordenatoria de un caudal ecológico, como una que se hubiese inclinado por la protección de derechos patrimoniales y el abastecimiento poblacional.

Conclusiones

Los resultados arribados nos permiten afirmar que en los conflictos vinculados a la gobernanza del agua, el test de razonabilidad, si bien es un mecanismo necesario en la interpretación constitucional, puede resultar insuficiente, en particular en los marcos constitucionales de fusión, como es el caso

de la República Argentina. Por ello, se debe profundizar en aspectos complementarios y/o alternativos, que permitan entender que ante la imposibilidad de encontrar soluciones jurídicas intrínsecamente correctas, cobran mayor importancia otras instancias participativas y de resolución de controversias en el marco de la sociedad civil. A su vez, ello deja planteado la necesidad de profundizar en futuros trabajos sobre cómo se han estructurado, categorizado y filtrado los mecanismos efectivos de participación en la gobernanza del agua.

Bibliografía.

Alexy, Robert. (2017). Teoría de los Derechos Fundamentales. Buenos Aires, Argentina: Centro de estudios constitucionales.

Gargarella, Roberto. (2010). La Sala de Máquinas de la Constitución. Buenos Aires, Argentina: Ed. Katz.

La Pampa, Provincia de e/ Mendoza, Provincia de s/ uso de aguas (2017). Corte Suprema de Justicia de la Nación.

Rossetti, A. (2016). Interpretación constitucional: aspectos teóricos, metodológicos y prácticos. En: G. Lariguet (comp.), Metodología de la Investigación Jurídica. Propuestas contemporáneas (pp. 403-413). Córdoba: Brujas.

TRANSICIÓN ENERGÉTICA, RENOVABLES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN ARGENTINA. DESAFÍOS REGULATORIOS DESDE EL ENFOQUE DE NEXO AGUA – ENERGÍA.

Martín, Liber¹; Torchia, Noelia¹; Rugoso, Mariana¹; Greco, Juan José¹ ¹Facultad de Derecho – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo)

Cátedra Derecho de los Recursos Naturales, Aguas y Protección del Medio Ambiente

juanjosegreco@live.com.ar

Introducción

En este trabajo se pretende dar cuenta, sintéticamente, del objeto, objetivos y resultados parciales generados en la investigación que los miembros de la Cátedra de Derecho de los Recursos Naturales, Aguas y Protección del Medio Ambiente junto a un equipo de investigadores de otras universidades nacionales y extranjeras viene desarrollando, bajo la dirección del Dr. Liber Martín y codirección del Dr. Mauricio Pinto, en el marco de un proyecto de investigación bienal (2022-2024) financiado por Secretaría de Investigación, Internacional y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo.

La transición energética es uno de los grandes desafíos que tiene la humanidad en el contexto actual de cambio climático. Un aspecto crucial de esa transición es cómo se afronta y distribuye su costo a nivel global, nacional y local. En este marco y en torno a esta discusión es en buena medida donde se dirimen desde el acuerdo de París, el diseño de los instrumentos de fomento nacionales para el desarrollo de renovables y hasta los cuadros tarifarios de la energía actual.

Argentina es un país con una matriz energética marcadamente fósil y con baja participación de energías renovables (ER), lo cual se refleja en la configuración de su derecho de la energía, históricamente centrado en la regulación de recursos no renovables como Gas y Petróleo, son con escasas y aisladas las disposiciones en materia de energía renovables, donde prima la energía hidroeléctrica con regulaciones dispersas en la normativa de energía eléctrica, de aguas y ambiente que requieren de un esfuerzo de compilación e integración para su aplicación y en menor medida normativa de fomento económico para la generación de ER que lejos están de configurar un régimen jurídico en sí mismo.

Estamos ante transición energética que demanda un cambio radical de la estructura de producción y el suministro, como así también de las pautas de la demanda y el modelo de negocio energético, para cuyo éxito el Derecho tendrá un rol imprescindible. Integrar las fuentes de energías renovables a una matriz marcadamente fósil como la argentina entendemos que implicará grandes desafíos jurídicos, cuya identificación y análisis constituyen el objeto principal de la investigación en curso.

En dicha investigación, el equipo se planteó explorar y caracterizar esta nueva transición energética centrada en el abandono de los combustibles fósiles y su sustitución por ER desde un enfoque jurídico, a través del análisis de dispositivos jurídicos (normas y jurisprudencia) relevantes en materia de energía, agua y cambio climático, poniendo énfasis no en los sectores individualmente considerados sino en las interconexiones que se plantean entre éstos en el ámbito normativo desde el enfoque de Nexo Agua- Energía que ha guiado investigaciones precedentes del equipo, con el correspondiente sustrato ambiental que subyace en esta investigación.

Desde el enfoque de Nexo Agua- Energía, el estudio de la fuente de energía hidroeléctrica ha ocupado un rol destacado dentro de la investigación por su relevancia en esta transición energética

como principal fuente de electricidad de origen renovable en Argentina, a la vez que de carácter estratégico para la Provincia de Mendoza pero que, al mismo tiempo encuentra innumerables obstáculos de tipo legal para su desarrollo en la actualidad.

Al mismo tiempo que se advierte, con relación a las demás fuentes de ER que, hasta el momento, las respuestas jurídicas han estado dirigidas al fomento de la generación de ER principalmente en el sector eléctrico a través de beneficios promocionales temporales, en su mayoría económicos, que han comenzado a mostrarse insuficientes para alcanzar esta transición energética.

Así, el equipo en el marco de esta investigación se ha propuesto trabajar en identificar y precisar los desafíos a los que se enfrenta el Derecho argentino para configurar un marco normativo que permita alcanzar la sostenibilidad ambiental del sector energético de forma justa.

Objetivos

El proyecto plantea un objetivo general y varios objetivos particulares. El objetivo general consiste en analizar los mecanismos, instrumentos y dispositivos jurídicos de regulación en materia de agua, energía y cambio climático con la finalidad de identificar los desafíos regulatorios a los que se enfrenta el derecho argentino para dar respuesta a una nueva transición energética de base ambiental.

Como objetivos particulares enuncia:

- Explorar y caracterizar la nueva transición energética argentina centrada en el abandono progresivo de los combustibles fósiles desde la cual se configura el régimen jurídico actual de la energía.
- Identificar y analizar los dispositivos jurídicos (normas y jurisprudencia) relevantes en materia de energía renovable, agua y cambio climático.
- Identificar los desafíos jurídicos para configurar un marco normativo que permita alcanzar la sostenibilidad ambiental del sector energético.
- Indagar sobre la relación agua y energía con miras a la sustentabilidad ambiental.
- Identificar, analizar y caracterizar el régimen jurídico positivo de la hidroeléctrica como fuente de ER.
- Indagar y analizar de manera crítica las vinculaciones y contradicciones entre los diversos regímenes jurídicos nacionales, provinciales, en la regulación de la energía hidroeléctrica.
- Difundir los resultados de la investigación.

Material y métodos

Se trata de una investigación de tipo teórica y exploratoria con objetivos específicos y resultados esperados a dos años. Dado que tiene por objetivos específicos explorar e identificar procesos, relaciones y normas y analizarlos, constituye una investigación de tipo descriptivo-explicativa.

La investigación se prevé desarrollar en tres etapas sucesivas:

a) Etapa exploratoria y descriptiva: Esta etapa comienza con la recolección de fuentes documentales primarias circunscriptas a las normas nacionales e internacionales y decisiones jurisprudenciales sobre cambio climático, agua y energía, en particular energías renovables que resulten relevantes y significativas para el desafío regulatorio del derecho de aguas y de la energía en el marco de una transición energética impulsada por el cambio climático.

Continúa con el relevamiento y examen de las versiones taquigráficas, actas y discursos que precedieron la sanción u adopción de dichas normas o decisiones, para concluir complementando estas fuentes con la realización de entrevistas a informantes claves o especialmente calificados (políticos, operadores del derecho y científicos) y la recopilación y fichaje de bibliografía actualizada.

b) Etapa analítica: En un segundo momento, se prevé la sistematización y clasificación de la información recogida, así como la profundización del marco teórico para finalizar con el análisis crítico del material relevado a la luz de ese marco.

c) Explicativa: En esta etapa se procederá a la contrastación de los resultados del análisis con las categorías teóricas propuestas y a la elaboración de conclusiones sobre los desafíos regulatorios del derecho de la energía y de aguas, ante una nueva transición energética, para finalmente proceder a su divulgación y publicación en ámbitos científicos y de investigación.

Resultados

El proyecto ha generado resultados parciales, siendo el más relevante el dossier en prensa en una revista indexada, que nuclea el trabajo de 10 investigadores de los cuales 7 son miembros del equipo de investigación: MARTIN, Liber & RUGOSO Mariana (Eds.) (2024), Dossier Cambio climático, transición energética y energías renovables en argentina. Desafíos regulatorios, Revista argentina de derecho de la energía, hidrocarburos y minería (RADHEM) N° 34, ISSN / E-ISSN: 2362-3187 / 2362-3195 (en prensa), junto a otras publicaciones en revistas y eventos académicos nacionales e internacionales.

Conclusiones y recomendaciones

Con objetivos que muestran un grado de avance adecuado con el tiempo transcurrido desde el inicio del proyecto, se proyecta acceder a la prórroga que ha dispuesto otorgar la Universidad Nacional de Cuyo para dichos proyectos hasta febrero del 2025.

Continuando la línea del Nexo agua- energía-ambiente, el equipo puede de manera parcial concluir que dicho enfoque refuerza la idea y necesidad de atender prioritariamente las interacciones o interrelaciones entre los diversos elementos, como forma superadora pero complementaria de la gestión fragmentada persistente y que admite diversas formulaciones (desde formas simples –como agua/energía o energía/ambiente– a otras más comprensivas como agua/energía/alimentación e incluso más complejas que adicionan otros elementos como el ambiente y/o el cambio climático). En esta línea se ha continuado avanzando hacia un análisis integrado del agua, la energía y el clima ante la convicción de que la línea de investigación propuesta es el camino por seguir. Así, la transición energética actual demanda respuestas integrales al sector del agua y la energía para alcanzar el cambio de modelo energético, que solo podrá ser sustentable.

Bibliografía

EMBID IRUJO, A. (Dir.) (2015). Agua, Energía, Cambio climático y otros estudios de Derecho Ambiental. Cizur Menor: Thomson Reuters.

FURLÁN, A. (2017). La transición energética en la matriz eléctrica argentina (1950-2014). Cambio técnico y configuración espacial. Revista Universitaria de Geografía, Vol. 26 n°1, 97-133.

MARTIN L., JUSTO, J.B. (2020). Energy Poverty in Argentina en DEL GUAYO, I., GODDEN, L., Zillman, D. D., MONTOYA, M. F., y GONZÁLEZ, J. J. (Eds.) Energy Justice and Energy Law (pp. 224-227). Oxford University Press.

PINTO, M y MARTIN, L (dir.) (2017). Ambiente, agua y energía: aportes jurídicos para su vinculación. 1ª Ed, Buenos Aires: Lajouan.

IMPLICANCIAS DEL ROL DE LA MUJER EN LA GOBERNANZA DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MENDOZA

Faro, Brenda¹, Balada, Dora², Haye, Susana¹, Gómez Mirtha¹.

¹Instituto Nacional del Agua (INA-SCRA), ²Universidad Champagnat (UCH)

licbrendafaro@gmail.com

Resumen extendido

Introducción

El presente trabajo surge del proyecto de investigación “Mujeres, Uso y Gestión del Agua en la provincia de Mendoza” realizado en el período 2022-2023 por el Observatorio de Equidad de Género e Igualdad de Oportunidades de la Universidad Champagnat y el Área de Transferencia y Capacitación del Instituto Nacional del Agua – Subgerencia Centro Regional Andino (INA-SCRA), con el asesoramiento y acompañamiento de la Asociación de Inspección de Cauces 1º Zona del Río Mendoza.

Los desafíos mundiales actuales asociados a los recursos hídricos incluyen el reconocimiento del rol de las mujeres en el sistema de gobernanza del agua. Se define la gobernanza del agua como “el abanico de reglas, prácticas y procesos (formales e informales) políticos, institucionales y administrativos para la toma e implementación de decisiones, donde los actores pueden articular sus intereses y sus inquietudes tomadas en consideración, y los tomadores de decisiones rinden cuentas por su gestión del agua” Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2015, p. 5).

“El hacer frente a los desafíos del futuro en materia del agua plantea no sólo el cuestionamiento de qué hacer, sino también *quién hace qué y por qué, a qué nivel de gobierno y el cómo*” (OCDE, 2015, p. 1). En este sentido el rol de la mujer en el sistema de gobernanza del agua aborda principios tales como la equidad, la eficiencia en la asignación del recurso, la necesidad de una gestión integrada, y la necesidad de equilibrar su uso entre las actividades socioeconómicas y los ecosistemas. Una buena gobernanza del agua se caracteriza, entre otros factores, por ser sensible al género, esto es la inclusión vinculada a la participación, la equidad y la diversidad.

Esta investigación plantea como hipótesis que en el ámbito de la gestión de los recursos hídricos, existe una brecha de gobernanza de género, cuyas raíces se encuentran en la posición dominante del varón, que mantiene centralidad en todos los ámbitos, mientras que el liderazgo femenino es estigmatizado. Se trata de una práctica muchas veces desapercibida, asumida socialmente, que sostiene la perspectiva de los varones como la mirada universal e incluso, la única válida o posible.

El presente trabajo recurre a las teorías feministas que buscan reforzar el conocimiento, comprensión y detección del androcentrismo presente en los discursos, prácticas, estereotipos, roles, sentidos y cultura de mujeres mendocinas en actividades inherentes a la gestión del agua, “los feminismos luchan por vivir en una sociedad con igualdad de derechos, que no privilegie a determinado sector por ninguna condición de género ni provoque violencias, a fin de mantener esa relación de poder” Honorable Cámara de Diputados de la Nación (HDCN, 2021, p. 14). A su vez, adopta el enfoque desde la perspectiva de género. “La perspectiva de género permite analizar cómo operan las representaciones sociales, los prejuicios y los estereotipos en cada contexto social, reconocer las relaciones de poder que se dan entre los géneros, en general favorables a los varones

como grupo social y discriminatorias hacia las mujeres y diversidades (desigualdades de género)” (HCDN, 2021, p. 16).

Objetivos

El fin de la presente investigación se orienta a indagar, comprender y caracterizar las experiencias de mujeres que están en los ámbitos de la gestión hídrica, algunas de ellas responsables en la toma de decisiones (inspectoras y tomeras) y otras en tareas de ejecución y control administrativo-contable de los presupuestos, en la cuenca del río Mendoza y consolidar información inédita al respecto.

Material y métodos

La metodología es cualitativa y se centra en entrevistas semi-estructuradas de nueve mujeres mendocinas vinculadas con la gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) en la cuenca del río Mendoza, que es la más importante de la provincia por su significado en su desarrollo socio-económico. La información fue procesada mediante el uso de cinco dimensiones y categorías de análisis detallados en la Figura 1.

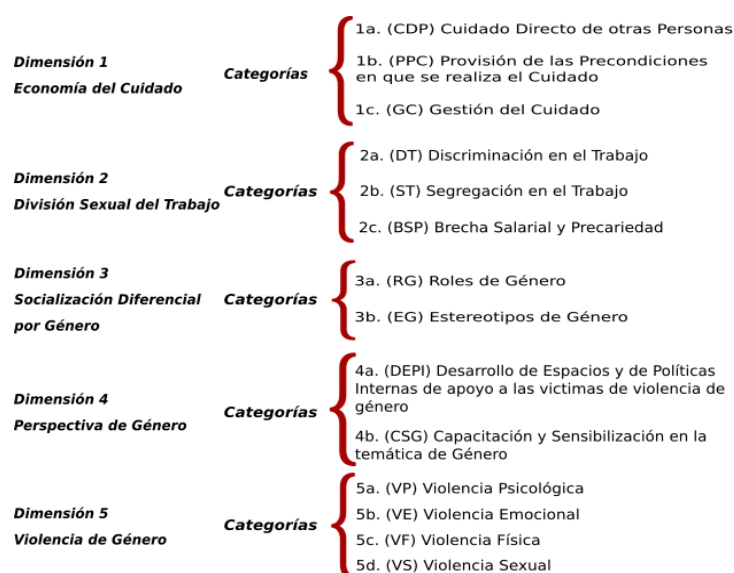


Figura 1 - Dimensiones y categorías de análisis.

Resultados

El proyecto ha permitido consolidar información y obtener un diagnóstico sobre la brecha de género en la GIRH en la cuenca el Río Mendoza. En la dimensión “Economía del Cuidado” se constata que uno de los mayores limitantes que ha generado impactos diferenciados entre varones y mujeres y su relación con la GIRH, es la desigual distribución de las tareas de cuidado -la mayoría de las cuales es realizada por las mujeres, sobre todo en las áreas rurales donde se ha naturalizado la capacidad de las mujeres para cuidar a partir de una diferencia biológica. En la dimensión “División Sexual del Trabajo” se pone en evidencia la discriminación y segregación vertical y horizontal, cuando las mujeres en su mayoría realizan trabajos administrativos en la GIRH y ocupan puestos de trabajo de menor jerarquía sin posibilidad de formar parte de la toma de decisiones. En la dimensión “Socialización Diferencial por Género” se percató de la presencia de estereotipos y roles de género y

su influencia en las desigualdades de género poniendo en evidencia que el sistema patriarcal sigue muy presente en la población rural. En la dimensión “Perspectiva de Género” se pone en evidencia su ausencia tanto en el desarrollo de espacios y de políticas internas de apoyo a las víctimas de violencia de género así como en la capacitación y sensibilización en temáticas de género. En la dimensión “Violencia de Género” se observa que la cultura en el ámbito rural sigue considerando al hombre como el llamado a manejar los bienes familiares, aunque no sean de su propiedad lo que representa abuso de posición dominante, siendo ésta una expresión de violencia económica. Además persisten situaciones de violencia física, psicológica y simbólica, dentro y fuera del ámbito laboral.

Conclusiones y recomendaciones

Las desigualdades de género en la gestión de los recursos hídricos persisten debido a una serie de factores sociales, económicos y políticos interrelacionados. Sin embargo, existe una causa específica que supera a todas las otras: el papel invisible, pero poderoso de las tradiciones, las costumbres y las normas sociales que rigen el complejo funcionamiento de las sociedades rurales, y que actúan como limitante de las actividades de las mujeres y restringen su capacidad de competir en igualdad de condiciones con los varones. La inequidad es una realidad que ha acompañado a las sociedades en diversas regiones, donde el rol de la mujer es comúnmente ignorado.

Cabe destacar que la mayoría de las investigaciones acerca de la gobernanza del agua se han centrado mayoritariamente en los aspectos técnicos con una insuficiente atención en los aspectos sociales. Los principales vacíos en políticas de género en el área de los recursos hídricos se encuentran en la participación de la mujer en el liderazgo, la gestión hídrica y la toma de decisiones.

No obstante existen avances en la materia que dan cuenta de procesos que apuntan hacia el empoderamiento femenino. Se viene evidenciando que las mejoras en la gobernanza proceden de priorizar la toma de decisiones a escala local e introducir la perspectiva de género.

“En el sector hídrico es interesante ver cómo a lo largo de los años, el tema de igualdad de género en la normativa internacional pasó de nombrar a la mujer como usuaria y como cuidadora del medio ambiente, a ir incorporando más compromiso con políticas que busquen hacer visible las relaciones de poder dentro del agua. Se ha ampliado lo que se entiende por género, no sólo varón/mujer, a otras relaciones sociales, considerando a la mujer con los mismos derechos y responsabilidades” (INA, 2021, p. 19).

Se recomienda seguir investigando respecto de la necesidad de disminuir la brecha de género en la composición de los equipos de trabajo, promover el liderazgo de las mujeres y evaluar la participación de género en los diversos proyectos.

Bibliografía

Honorable Cámara de Diputados de la Nación (2015). Cuadernillo LEY MICAELA 2021, LEY 27499.

Instituto Nacional del Agua (2021). Participación de la Mujer en la Ciencia, Técnica y Gestión de los Recursos Hídricos en Argentina. INFORME FINAL, AGOSTO 2021. Informe SCRL N° 012/2021.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (2015). Principios de Gobernanza del Agua de la OCDE.

Rodríguez Enríquez, C. (2015). Economía feminista y economía del cuidado. Nueva sociedad, N° 256.

GESTIÓN PARTICIPATIVA DE CUENCA: ACTORES Y TOMA DE DECISIONES

Pinto Mauricio¹, Buccheri Mauricio¹⁻², Martín David¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), ²Subgerencia Centro Regional Andino – Instituto Nacional del Agua (INA)

mpinto@fca.uncu.edu.ar

Introducción

La participación en los asuntos públicos es un principio que ha enriquecido el contenido de las democracias modernas, permitiendo que los representantes que se encuentran a cargo del gobierno se acerquen a los intereses reales de sus representados.

En materia de gestión de aguas, la participación ha estado históricamente ligada a los usuarios, muchas veces organizados en consorcios hacia los que se descentralizan aspectos operativos de la distribución del agua. Actualmente, los mecanismos son más amplios y no sólo incluyen la integración participativa de los interesados en los entes de gobierno, sino que existe una apertura para otros actores que se perciben también como interesados. Esto conlleva a repensar la gobernabilidad del agua en el marco de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en contexto de crisis hídrica.

El federalismo como característica esencial de la forma de gobierno que adopta la Nación argentina permite analizar las tendencias existentes, a escala local, regional e internacional, de la participación en torno a los Organismos de Cuenca (OC) otorgando una diversidad de situaciones válidas a los fines de comparar experiencias.

Objetivos

Este trabajo se estructura en dos objetivos. El primero, brindar un esquema conceptual general sobre las diversidades institucionales posibles y sobre el aspecto de la participación en materia hídrica. El segundo, describir el estado y tendencia prospectiva que configuran la participación en la Administración Hídrica y, particularmente, en la gestión de cuenca, ambos considerados como aspectos esenciales de la gobernabilidad del agua en el marco de la GIRH en contexto de crisis hídrica.

Materiales y métodos

Este trabajo se basa en el estudio detallado de las normas regulatorias de la Administración Hídrica en Argentina, con un enfoque particular en el caso de los OC. Se ha realizado un análisis dogmático en relación con el sistema jurídico vigente que rige dicho régimen. El diseño metodológico utilizado es de tipo observacional no experimental, basado en estrategias cualitativas. A través de un análisis deductivo, se procurará identificar los principios generales que guían estas normativas.

Resultados

La gobernabilidad del agua en el marco de la GIRH en contexto de crisis hídrica implica analizar a la capacidad de las instituciones y los actores involucrados para formular, implementar y hacer

cumplir políticas y regulaciones de manera efectiva, en la cual, los marcos regulatorios, la transparencia y la participación son aspectos esenciales.

En el territorio argentino, en general, las aguas que escurren por los ríos son interjurisdiccionales, conllevando a que distintas necesidades de actuación se superponen sobre los cursos de agua, los sistemas de distribución y los usos a ellos asociados, generando un sistema institucional complejo.

La organización constitucional argentina ha adoptado un sistema federal en el que las provincias detentan el dominio y las competencias para la regulación y la gestión hídrica, incluso en aquellas situaciones en que las escorrentías atraviesan a más de una jurisdicción. Este marco introduce diversos regímenes locales sobre el uso y la administración hídrica, que se aplican en cada una de las provincias en relación a la gestión del agua en los territorios de las mismas.

Sin perjuicio de la regulación y gestión local del recurso hídrico, la interprovincialidad del mismo ha llevado a necesidades de coordinación y de gestión coordinada entre los Estados provinciales, lo que es habilitado por los artículos 121, 122, 124 y 125 de la Constitución Nacional (CN), que establecen la posibilidad de que las provincias celebren tratados entre sí para fines de utilidad común, e incluso generen regiones para el desarrollo económico y social y establezcan órganos para las mismas. Sobre este marco se han celebrado diversos tratados estableciendo reglas de gestión y estructuras burocráticas interprovinciales.

Además, en torno a los cursos de aguas internacionales, el Estado Nacional detenta la facultad de celebrar los tratados con las naciones extranjeras –artículos 75 inc. 22 y 99 inc. 11 CN– que se instrumentan a partir de acuerdos de cooperación internacional, incluyendo ello la configuración de organismos internacionales diversos.

La revisión de la casuística regulatoria permite advertir que en las regulaciones locales, la cuenca como unidad de gestión no es un principio uniforme debido a que muchas veces la organización administrativa se estructura sobre el territorio en general, o a veces se desconcentra en unidades políticas en las que se subdivide el territorio provincial –como por ejemplo, las Intendencias de Aguas en Catamarca– y, sólo en algunas provincias, se ha instrumentado de modo efectivo en función de los cursos de agua –como contempla el art. 193 de la Constitución de Mendoza–.

La participación de los usuarios, aspecto esencial de la gobernabilidad del agua, es una modalidad que se ha incorporado en diversos régimen provinciales, incluso sin organización por cuenca, como es el caso de las Juntas Departamentales de San Juan. Sin embargo, un desarrollo de la participación vinculada a cada cuenca ha sido regulada con profundidad en Mendoza, donde la autoridad provincial superior se conforma con un Consejero por cada curso de agua, y se desconcentra la gestión de los ámbitos territoriales vinculados a cada uno de esos cursos en un Subdelegado de Aguas asesorado por una Junta integrada por los responsables de los consorcios de usuarios.

En cuanto a las aguas interprovinciales la situación no es uniforme. En la configuración inicial de los OC no se contemplaban mecanismos de participación ni de información ciudadana, ya que eran estructuras vinculadas a los Estados provinciales –en forma similar a cómo se vinculan los Estados en las relaciones internacionales– (Cano, 1984). Hoy en día, existe una evolución que avizora una tendencia hacia los modernos valores de participación e información pública que los sistemas burocráticos deberían proveer, lo que es acorde a las exigencias del Acuerdo de Escazú, al que Argentina adhirió en el año 2020, y cuyo objetivo es garantizar la implementación plena y efectiva de los derechos al acceso a la información ambiental, la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en asuntos ambientales.

Más allá de las implicancias de este Acuerdo, en algunos casos se han introducido prácticas tendientes a la información y a la consulta de los interesados, aunque con un marco de debilidad institucional que impone la falta de un régimen orgánico y legal obligatorio. Por ejemplo, en el marco

del Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO) no existen previsiones estatutarias que generen un mecanismo obligatorio de información o participación hacia los usuarios y otros interesados; y a pesar de ello, según Cirone (2014), tales procesos se verifican en ciertas oportunidades de alto impacto social de manera efectiva, aunque informal.

No obstante, dos situaciones se podrían calificar como saltos cualitativos hacia una gobernabilidad efectiva. El primero, producido en la conformación de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) en el año 2006, en la cual, el propio régimen contempló expresamente en el seno del ente la existencia de una Comisión de Participación Social, con funciones consultivas, integrada por representantes de las organizaciones con intereses en el área, según el artículo 4 de la Ley Nacional 26168. El otro caso es el régimen mendocino, con la convocatoria e integración de los Consejos Asesores de Cuenca, que incluyen a todos los actores –sean o no usuarios–, según lo normado por la Resolución 963/98 HTA y posteriores.

Desde el punto de vista internacional Argentina ha suscripto diversos Tratados generando distintas instituciones de ordenación de las aguas internacionales, con ciertas estructuras de administración. Sin embargo, en los organismos vinculados a la gestión de cuencas internacionales en los que interviene Argentina no existen mecanismos regulados que garanticen como un deber jurídico exigible la materialización prácticas de información y participación pública, y aunque existen ciertos esfuerzos desde los gestores en desarrollar acciones en la materia (Pochat, 2005; Genta y Rafaelli, 2012), hoy no puede afirmarse que exista una tendencia de variación de tal realidad.

Conclusiones y recomendaciones

La participación pública se presenta como una exigencia contemporánea en la relación democrática, donde representantes y representados mantienen un vínculo dinámico en función de los intereses que deben ser atendidos por las estructuras gubernamentales. Este aspecto es esencial para pregonar una gobernabilidad más efectiva en el marco de la GIRH en contexto de crisis hídrica.

En el régimen argentino, caracterizado por un federalismo que da lugar a la existencia de diversas estructuras gubernamentales locales, regionales e internacionales, la participación en la gestión del agua se presenta en un contexto de variedad, con destacables y múltiples casos en los que la participación adopta modalidades de alcance desigual.

En definitiva, la participación de usuarios y ciudadanos en los Organismos de cuenca regulados en el régimen argentino, sean estos de una escala local, regional o internacional, presenta una existencia relativa, según el caso concreto; sin embargo, es observable una tendencia en todos los ámbitos a la profundización y consolidación de la participación como principio caracterizante de las democracias modernas.

Bibliografías

Cano, G. (1984). "Aplicación de los principios del derecho internacional a las relaciones interprovinciales en Argentina". La Ley, To. 1984-C, pp. 1129-1140.

Cirone, M. (2014). "La gestión de la Cuenca del Río Colorado: análisis de los aspectos más destacables del COIRCO". En: De Códigos y Otros Desafíos Jurídicos para Enfrentar la Crisis del Agua. Ediciones Cooperativas, pp. 169-178.

Genta, J. y Rafaelli, S. (2012). "Recursos hídricos compartidos. Cuenca del Plata". Revista Voces en el Fenix, UBA, No 20, Nov., pp. 89-95.

Pochat, V. (2005). Entidades de gestión del agua a nivel de cuencas: experiencia de Argentina., CEPAL, Santiago de Chile.

EVOLUCIÓN DE TARIFAS DE CANON DE AGUA Y PRECIOS DE UVA EN LA PROVINCIA DE MENDOZA. ANÁLISIS DE ELASTICIDADES.

Winter, Patricia¹; Ciardullo, Vanina¹; Bacaro, Alejandrina², Passini, Romina¹;

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), ²Departamento General de Irrigación (DGI)

pwinter@fca.uncu.edu.ar

Introducción

La provincia de Mendoza se caracteriza por un clima árido, continental y templado. Actualmente cuenta con una superficie irrigada de alrededor de 350.000ha, que representan el 3,4% de la superficie provincial y concentran el 91% de la actividad económica y humana. En Mendoza, la producción agropecuaria depende principalmente del sistema de riego, con agua captada de ríos y de acuíferos subterráneos, los cuales son alimentados por los deshielos que se producen en alta montaña. Desde hace casi 10 años, la región padece una disminución paulatina en el caudal de sus ríos, por efecto del calentamiento global y la reducción de precipitaciones níveas (DGI, 2021)

El cuadro 1 resume las características de cada una de las cuencas hídricas estudiadas en este trabajo:

Cuadro 1 – Datos generales de las principales cuencas hidrogeológicas estudiadas. Fuente INA- DGI-Gobierno (Bacaro 2017, Hernández, 2018, DGI 2021)

Cuenca	Red km	Departamento	ha empadronadas	ha uso agrícola	% vid	Oferta agua subt hm ³ /año	Oferta agua sup hm ³ /año	Demand a agua sup hm ³ /año	Balance
Mendoza	3.400	Gu; Mai; LH; La; Lu; SM	150.000	71.992 48%	61	385	1.041.5	1.121	-79.5
Tunuyán Superior	1.714	Tun; Tup; SC	41.601	39.104 94%	50	845	377	647	-270
Tunuyán Inferior	2.588	Ju; SM; SR; LP; Ri; Lu	101.438	34.476 34%	64	315	822	1.244	-422
Diamante	2.190	SR; GA	81.400	6.300 8%	36	1.120	926	975	-49
Atuel	2.530	SR; GA	109.818	38.430 35%	23	480	1.096	1.074	22

No hay dudas que el agua de riego conforma una variable fundamental en la función de producción vitícola de la Provincia, justificando analizar esta relación y la contribución marginal del agua al precio final del quintal de uva para vinificar. Por otro lado, la inestabilidad de los precios relativos que produce el flagelo inflacionario en el país, ocasiona desbalances en la evolución de precios tarifados (canon de riego), en comparación con la evolución de los precios del producto vitícola obtenido en cada ciclo productivo. El uso del precio del canon para un bien ambiental insustituible como el agua constituye una pequeña aproximación al valor económico total que éste conforma.

Objetivos

Este estudio pretende esclarecer la relación entre el precio del canon de riego y el precio del producto vitícola primario. Se parte de antecedentes que dan cuenta de parámetros de desempeño del metro cúbico de agua respecto a la venta de productos agrícolas.

Material y métodos

Inicialmente se realizó una recopilación exhaustiva de precios, procedentes de fuentes secundarias en sitios oficiales (Observatorio Vitivinícola Argentino, Bolsa de Comercio de Mendoza), a nivel departamental y distrital, tanto de tasas de riego como de precios del quintal de uva (valores ponderados contado y financiado), en la serie histórica 2015 a 2024. Luego, se procedió a desarrollar las siguientes etapas en el análisis:

- Diseño y Construcción de Bases de Datos en Excel
- Deflactación de precios para llevarlos a un valor comparativo, para ello se trabajó con índices de precios adecuados en cada caso (Índice de Precios al Consumidor para Cuyo nivel servicios e Índice de Precios internos básicos al por mayor nivel general - INDEC)
- Cálculo de variaciones relativas entre ambos precios (corrientes y constantes)
- Cálculo del indicador "costo de agua por precio de uva" ($\$/_{\text{canon}}/\$/_{\text{q uva}}$) para cada departamento

Este indicador es una medida aproximada de la contribución marginal del agua al precio del producto vitícola, cuyo ajuste se hará en etapa posterior del estudio con un análisis de correlación múltiple.

- Cálculo de elasticidades: variación de precio de uva por variación unitaria del canon de riego

La tarifa de agua para riego es anual y por hectárea. Para el año 2024, el monto promedio para usuarios empadronados de la Provincia de Mendoza varió entre \$18.200 (Río Diamante) y \$36.170 (Río Tunuyán Superior). Las variaciones encontradas dependen de los ítems que integran la tarifa: sostenimiento, Red Telemétrica Mido (Indicadores operativos), Dique, TEM (equipos y máquinas) y el Fondo Permanente (obras).

Para calcular la tarifa pagada por servicio de agua de riego en cada departamento se estimó, de manera aproximada, la proporción de superficie cultivada irrigada por cada cuenca hídrica. Este es el primer paso de un trabajo mucho más minucioso que pretende correlacionar tarifas pagadas a nivel distrital con otras variables productivas, superponiendo las áreas geográficas de cada ramal e hijuela de riego de las inspecciones sobre el mapa distrital y parcelario de las zonas cultivadas.

El cálculo de los precios a valor constante se realizó con base en el precio de 2015

$$T_{i \text{ const}} = \text{IPC (Cuyo/serv)}_i * T_{2015} / \text{IPC (Cuyo/serv)}_{2015}$$

$$Px_{i \text{ const}} = \text{IPIB}_{\text{gen } i} * Px_{2015} / \text{IPIB}_{\text{gen } 2015}$$

Siendo T: el valor de la tarifa de riego a valor constante (\$/ha/año); i: año de comparación analizado (2022, 2023 y 2024); IPC Cuyo/serv: Índice de precios al consumidor área Cuyo, rubro servicios; Px: Precio del quintal de uva; IPIB gen: Índice de precios básicos al por mayor nivel general

Otros indicadores calculados fueron: el valor relativo del costo del agua de riego por precio del quintal de uva y elasticidad

$$\$/\text{agua} / \$/\text{uva} = T_{hi} / (\text{rend}_{hi} * Px_{hi})$$

$$\eta = \Delta Px_h / \Delta T_h$$

Siendo rend: rendimiento productivo (q/ha) ΔPx : variación de precios de uva; h: departamento y ΔT : variación de tarifas de riego. Los rendimientos por departamento fueron obtenidos del Observatorio Vitivinícola

Resultados

Se puede observar que en el período analizado, la representatividad del precio del canon de riego en el precio de la uva fue cayendo desde un 3% a 1,78%, lo que indica evidentemente un atraso tarifario. Si bien lo ideal sería calcularlo a nivel distrital, se ha podido hacer una comparación de precios a valor constante, observándose que, entre 2015 y 2024, ha ocurrido un incremento del 14% promedio en el precio del quintal, mientras que el promedio del canon marca -30% de baja, aunque existen saltos significativos en algunos departamentos, vinculados a variaciones notables de producción por diversas razones (climáticas, de mercado, etc). Estas divergencias fueron más marcadas en la comparación 2022 vs 2015, como puede observarse en el cuadro 2. El año 2023 fue atípico, con muy bajas producciones, pero con comportamiento inverso en la evolución de precios constantes.

Cuadro 2 – Variaciones relativas entre valor corriente y constante a 2015 de Precios de tarifas de canon de riego y precios de uva para cada departamento en los años analizados. Fuente: Elaboración propia

Departamento	Precio quintal \$/corr 2022/\$const 2015	Tarifa riego \$/ha/año corr 2022/ \$/ha/año const 2015	Precio quintal \$/corr 2024/\$const15	Tarifa riego \$/ha/año corr 2024/ \$/ha/año const 2015	Elastic 2015-20 22	Elastic 2015-20 24
Luján de Cuyo	46%	-17%	-6%	-30%	-2,75	0,19
Maipú	56%	-18%	-5%	-31%	-3,19	0,17
San Martín	85%	-18%	43%	-31%	-4,83	-1,41
Guaymallén	54%	-18%	48%	-31%	-3,06	-1,57
Junín	50%	-18%	22%	-31%	-2,83	-0,73
La Paz	13%	-17%	-56%	-31%	-0,74	1,82
Rivadavia	31%	-17%	19%	-30%	-1,77	-0,62
Las Heras	89%	-18%	13%	-31%	-5,05	-0,43
Lavalle	69%	-18%	21%	-31%	-3,92	-0,68
Santa Rosa	53%	-17%	24%	-30%	-3,02	-0,80
Tunuyán	57%	-13%	-19%	-27%	-4,25	0,69
Tupungato	53%	-14%	-7%	-27%	-3,82	0,26
San Carlos	42%	-11%	-24%	-25%	-3,93	0,95
San Rafael	69%	-20%	90%	-32%	-3,46	-2,80
Gral. Alvear	66%	-20%	50%	-33%	-3,22	-1,52
Prom. Prov	55%	-17%	14%	-30%	-3.32	-0.43

Las elasticidades calculadas para los períodos 2015-2022 y 2015-2024 marcan un importante giro en el acomodamiento tarifario que permitiría poner en valor el recurso hídrico.

Conclusiones y Recomendaciones

Este trabajo colabora en la definición de la contribución del precio del agua para riego al precio del producto vitícola, permitiendo orientaciones más certeras en la redefinición de tarifas zonales que faciliten las obras hidráulicas demandadas para eficientizar la distribución del recurso.

Si bien se está revirtiendo, aún existe un atraso en los valores tarifarios del recurso hídrico, con variaciones dependiendo de la cuenca y zona que se trate, mientras que el quintal de uva ha experimentado un importante salto positivo en su valoración monetaria a valores constantes.

Se constituye otro interesante aporte a las investigaciones que desarrolla el equipo en el marco de los estudios de factores que contribuyen al valor de la tierra agrícola en la Provincia y la determinación de sus pesos específicos en las funciones productivas. (Ciardullo, 2021)

Bibliografía

Bacaro, Satlari, G. & Martín, T. (2017). Demanda de agua en el área de interfaz en la cuenca del Río Mendoza. XXVI Congreso Nacional del Agua (págs. 1-8). Córdoba: CONAGUA.

Ciardullo, V. Winter, P. & otros. (2021). Análisis de la contribución marginal del agua de riego en el precio de los terrenos de uso agrícola. Estudio de caso en la cuenca del río Tunuyán Superior. 52 Reunión Anual de Economía Agraria (AAEA) (págs. 1-8). Río Cuarto: AAEA.

Departamento General de Irrigación. (2021-22). Balance Hídrico, Varios Ríos
Hernández, J. & Martinis, N. (2019). Particularidades de las Cuencas Hidrogeológicas explotadas con fines de riego en la Provincia de Mendoza. Mendoza: Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino.

RESPUESTAS DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE ANTE EVENTUALES VARIACIONES EN LA TARIFA DE COBRO VOLUMÉTRICO DEL SERVICIO

Comellas Eduardo¹

¹Subgerencia Centro Regional Andino – Instituto Nacional del Agua (SCRA-INA)

eacomellas@ina.gob.ar

Introducción

En términos económicos, la función de demanda de un bien o servicio indica el máximo precio que se está dispuesto a pagar por unidad de consumo. Para la gestión de los recursos hídricos urbanos, resulta importante estimar estas funciones ya que son representativas de los beneficios que los usuarios perciben y posibilita, además, estimar la elasticidad precio de demanda. La misma, constituye una variable adimensional, cuya obtención permite determinar la sensibilidad de la cantidad demandada ante cambios en su precio. Una función de demanda es relativamente elástica si, ante un cambio porcentual en el precio, la cantidad demanda varía en una proporción mayor; por otro lado, si el cambio porcentual en las cantidades consumidas es menor al cambio porcentual en los precios, la función de demanda es relativamente inelástica.

Diversos estudios internacionales denotan la inelasticidad relativa de la función de demanda de agua potable, siendo en todas las estimaciones menores a 1. En la evidencia empírica analizada, se destacan por su rigurosidad y trascendencia científica, los trabajos de Espey et al. (1997), estimando un promedio de elasticidad precio de la demanda de -0,38 y -0,64 (para el corto y largo plazo respectivamente). Un estudio similar realizado por Dalhuisen et al. (2003), determinó una elasticidad precio promedio para el consumo de agua de -0,41 para el Sur de California. Renwick y Archibald, (1998), efectúan estimaciones para algunas ciudades de Estados Unidos y Canadá, y ubican este valor en un promedio de -0,33. Agthe y Billings (1980), estiman para Arizona, Estados Unidos, la elasticidad precio de la demanda para uso doméstico interno en -0,27.

Objetivos

El objetivo del artículo es estimar las funciones de demanda por el servicio de agua potable por red, estratificadas y expresadas en términos logarítmicos para los usuarios del Área Metropolitana de Mendoza –AMM– y determinar su elasticidad precio de demanda. Se pretende determinar si las funciones de demanda y las cifras estimadas de su elasticidad – precio, para la zona de estudio son similares a las calculadas por otros autores en diferentes sitios geográficos del mundo.

Alcances y limitaciones

El estudio se aboca puntualmente al uso doméstico del agua. No obstante, se entiende que la adecuada implementación de herramientas para su racional utilización en este sector, impactará positivamente en sus alternativos usos productivos. La eficiencia en su utilización residencial implica la liberación, a un reducido costo, de excedentes hídricos para dotar a los sistemas productivos agropecuarios e industriales. En ese sentido, los resultados obtenidos permitirán alcanzar dos metas socialmente deseables dentro de un contexto geográfico de relativa escasez de

agua: un uso racional para la satisfacción de las necesidades básicas de consumo e higiene poblacional y el aumento de la dotación del recurso destinado a su uso en actividades económicas.

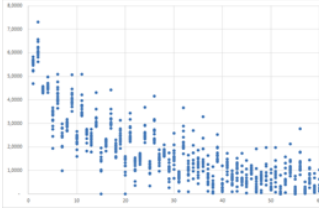
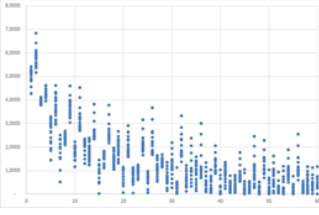
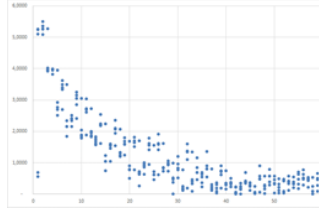
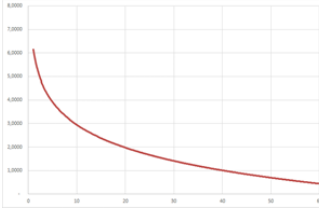
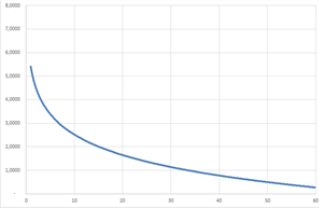
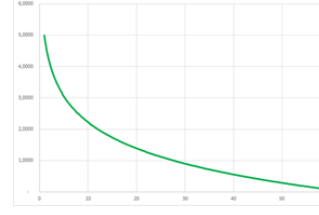
Material y métodos

La estimación de las funciones de demanda de agua para la población del AMM se realizó procesando encuestas estratificadas por ingreso, ocupación, nivel educativo y características de inmuebles. Sobre la base de los ingresos y características de las viviendas, se infirió la pertenencia de los encuestados a una determinada franja socioeconómica. Esto permitió estimar la función de demanda para estratos altos, medios y vulnerables. Limitaciones temporales y presupuestarias, sólo permitieron realizar 2217 encuestas durante los meses de septiembre a diciembre de 2022. De este total, 37% se efectuaron en el departamento de Guaymallén, 33% en Godoy Cruz y 30% en Capital. El 35% (765) pertenecieron al estrato alto, 52% (1161) al estrato medio y 13% (291) al estrato vulnerable. Como unidad de análisis de la encuesta se consideró el hogar, siendo el informante el jefe o decisor en el mismo. Para la encuesta, realizada con entrevistas y formularios estructurados, se utilizó una muestra probabilística para cada departamento; el muestreo se realizó en dos etapas: etapa por radio y etapa por manzana. La manzana se selecciona al azar (r_i) y se encuestó la totalidad hasta cubrir el tamaño de la muestra en el radio i . Los pasos seguidos durante todo el proceso fueron: construcción de la muestra, relevamiento cartográfico del área a encuestar, asignación de puntos maestres, elaboración de cuestionario, realización de encuestas, construcción de matriz de datos y procesamiento.

Resultados

En las encuestas, se presentaron a los usuarios diferentes alternativas y combinaciones de consumos y pagos. Estas opciones se estructuraron sobre una adaptación del cuadro tarifario volumétrico (más exceso) adoptado por el ente prestador del servicio en el AMM vigente al momento de efectuar las encuestas (expresadas en dólares estadounidenses). Desde estas alternativas de consumos y pagos, teniendo en cuenta, además, los valores efectivamente asumidos por los usuarios, se determinó la disposición a pagar por volúmenes de consumo por parte de cada unidad de muestreo. La relación entre tarifas volumétricas, consumos potenciales y disposición a pagar permitió la modelación gráfica y matemática de las funciones de demanda de agua estratificadas representadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Relaciones funcionales entre consumos mensuales y tarifas (USD / m³ / mes) por estrato. AMM

	Estrato Alto	Estrato Medio	Estrato Vulnerable
Relación entre tarifa volumétrica (más exceso) y consumo potencial (USD / m ³ / mes)			
Aproximación gráfica de la función de demanda de agua potable (USD/ m ³ / mes)			
Demanda de agua potable (m ³ / mes / tarifa)	$m^3 = e^{\frac{TA-6,1549}{-1,395}}$ TA: tarifa para el estrato alto	$m^3 = e^{\frac{TM-5,4079}{-1,255}}$ TM: tarifa para el estrato medio	$m^3 = e^{\frac{TV-4,9881}{-1,201}}$ TV: tarifa para el estrato vulnerable

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de las encuestas efectuadas a hogares en zonas del AMM.

El cálculo de la elasticidad precio de la función de demanda para cada estrato se obtiene desde las ecuaciones listadas en la última fila de la Tabla 1, derivando, T (A, M y V respectivamente), con respecto a m³ y luego multiplicando por m³ / T (A, M y V). Para el caso de las demandas estimadas, y considerando el consumo que surgiría de la aplicación de una tarifa como la planteada, la elasticidad precio de la demanda se ubicó en -0,3769 para el estrato socioeconómico alto, -0,3381 para el estrato medio y -0,3252 para el estrato vulnerable. Estos resultados son resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Elasticidad precio de demanda para cada estrato poblacional del AMM

	Elasticidad precio de la demanda	Valor elasticidad precio de la demanda
Estrato Alto	$\eta = \frac{-1,395}{\ln(m^3)}$	-0,3769
Estrato Medio	$\eta = \frac{-1,255}{\ln(m^3)}$	-0,3381
Estrato Vulnerable	$\eta = \frac{-1,201}{\ln(m^3)}$	-0,3252

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la Encuesta de Hogares para el Mejoramiento del Servicio de Agua Potable en el AMM

Conclusiones y recomendaciones

Para el caso del AMM, el valor de la elasticidad precio de la demanda se ubicó, en promedio en -0,3496. Esto denota que la función de demanda es relativamente inelástica: ante una variación de un 1% en la tarifa, sólo se modificará (en sentido contrario) la cantidad consumida en un 0,3496%.

Este valor, es consistente con estudios y evidencia empírica analizada por varios autores que efectuaron estimaciones econométricas de elasticidades precio de demanda en diferentes regiones del mundo.

Los valores relativamente inelásticos de las funciones de demanda de agua potable, podrían acotar la capacidad del sistema tarifario para morigerar la sobreutilización del recurso. Urge implementar conjuntamente con instrumentos económicos, otros mecanismos de regulación. Estos instrumentos, coadyuvando con un adecuado diseño tarifario, resultarían significativos: campañas de información, subsidios por adopción de tecnologías, sanciones por derroche y racionamiento del agua, aparecen todas como complementarias a la adopción de una política tarifaria de tipo volumétrico.

Bibliografía

Agathe, D., and R. Billings (1980) Dynamic model of residential water demand. *Water Resources. Research*, 16, (6), 476-480.

Dalhuisen, J., Florax, R. de Groot, H. and Nijkamp, P. (2003). Price and income elasticities of residential water demand: A meta-analysis. *Land Economics*, 79, 292–308.

Espey, M., Espey, J., y Shaw W. (1997). Price elasticity of residential demand for water: A meta-analysis. *Water Resources Research*, 33, (6), 1369-1374.

Renwick, M. y Archibald, S. (1998) Demand Side Management Policies for Residential Water Use: Who Bears the Conservation Burden? *Land Economics*, 74, (3), 343-359.

EJE 03

Experiencias productivas

ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA LA GESTIÓN DE DISTRITOS Y MÓDULOS DE RIEGO EN MÉXICO

Guillén González José Ángel ¹

¹Unidad de Riego 50 Aniversario de la Irrigación en México

57angelguillen@gmail.com

En México en promedio se dedican a la agricultura anualmente de 21 a 23 millones de hectáreas (ha). La agricultura de riego es administrada en dos modalidades: una, los grandes sistemas de riego que son 86 distritos de riego (DR) con 3.5 millones de ha y los pequeños sistemas con 40,000 unidades de riego (UR) con 3.0 millones de ha.

Se pretende que el presente trabajo sea un aporte para el personal que opera, conserva y administra los DR y módulos de riego (MR), comprenda la importancia de hacer una gestión eficiente y eficaz de los recursos de que disponen estas áreas de producción, para lograr que sean autosuficientes presupuestalmente y con independencia técnica y administrativa, recibiendo la supervisión y asesoría requerida de las instituciones relacionadas con el agua y la agricultura de riego.

Se cita la transferencia de los DR a los usuarios, sus principales problemas actuales y algunas recomendaciones para superarlos a través de la gestión. La estrategia de transferencia de los DR se asocia a tres factores fundamentales: la autosuficiencia financiera, independencia administrativa y la eficiencia en el uso del agua.

Los DR transferidos para su operación, conservación y administración están organizados en MR en una primera fase de la transferencia. Cada MR se delimitó primero con base a las condiciones hidráulicas para facilitar la distribución del agua, segundo se consideró aspectos sociales, otro aspecto que se consideró fue el económico es decir el tamaño óptimo de 4.000 hectáreas y de preferencia de mayor superficie cuidando los aspectos sociales y de organización. Así mismo el número de usuarios y su voluntad para asociarse. Los MR varían entre 5.000 a 15.000 hectáreas. En cada MR se formó una Asociación Civil (AC) protocolizada ante Notario Público, a la fecha hay 478.

A las AC le corresponde recibir el agua que le entregue la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y distribuirla a los usuarios, conservar las obras a su cargo, cobrar la cuota por servicios de riego y pagar a la CONAGUA la parte que le corresponde; y administrar los recursos de la AC. A la CONAGUA le corresponde controlar, operar y conservar las obras de cabeza y de las redes principales de canales y drenes, y quedan a su cargo también, las actividades de ingeniería de riego y drenaje, y supervisar la operación general del DR.

En una segunda etapa de organización de los DR se han creado 18 Sociedades de Responsabilidad Limitada (SRL) constituida por varios MR y sus funciones principales son operar y conservar el canal principal, drenes y caminos del DR, y manejar los equipos de los MR para economizar. En este caso la CONAGUA opera las fuentes de abastecimiento y planifica el desarrollo de los recursos hidráulicos.

La Transferencia de la Gestión del Riego (TGR) en México presenta resultados positivos y negativos. En un balance se puede decir que los estudios revisados presentan una evaluación favorable del costo-beneficio de la TGR.

Para el caso de los DR y MR la gestión del agua consiste en tomar medidas y evaluar el consumo y ahorro del agua mediante la planificación de la operación, ejecución de los programas de riego,

distribución y medición del agua, y evaluación del uso del agua, considerando la sustentabilidad de esta y sus recursos asociados.

Para la gestión de los DR y MR se deben tener dos estructuras, una operativa y otra las áreas de trabajo bien definidas en función de sus necesidades para proporcionar el servicio de riego tomando en cuenta sus fuentes de abastecimiento, tipo de infraestructura, tenencia de la tierra, tamaño de las parcelas y nivel de preparación de los usuarios.

También se debe considerar seis aspectos para la gestión de la organización del riego en el sentido empresarial: La visión empresarial, la autorregulación, la construcción de liderazgos, la transparencia, la confianza entre los usuarios y el enfoque empresarial de la AC.

Algunos logros de la Transferencia ha sido la gradual recuperación de la productividad, mejor conservación de las obras, los usuarios son más responsables de cuidar el agua y la infraestructura, se han reducido considerablemente los subsidios del gobierno, se ha mejorado la operación, conservación y administración, haciendo más oportuno y eficiente el servicio de riego.

Las AC y SRL con la CONAGUA y gobiernos estatales han emprendido programas combinados de los recursos en los programas de rehabilitación, modernización y equipamiento de DR.

Para lograr una buena gestión del riego se propone: que debe haber comunicación eficiente y eficaz entre los involucrados en la gestión del riego; instituciones del agua y otras relacionadas con la agricultura de riego, con directivos las organizaciones de usuarios y técnicos, empleando estrategias, métodos y recursos. Así mismo, profesionalizar las organizaciones con técnicos pagados por los usuarios, capacitación permanente para todo el personal y usuarios, usar las tecnologías de la información y comunicación, y los sistemas de información geográficos.

Las cuotas por servicio de riego deben ser modificadas para que, adquieran fondos de reserva para emergencias, y reemplazos de la maquinaria y equipo en los DR y MR.

Se recomienda que los MR se manejen con sentido empresarial para lo cual es necesario establecer los objetivos y acciones del plan de trabajo en cada MR lo que es necesario tener una línea base acorde al nivel de: desempeño empresarial, gestión organizacional y uso del recurso hídrico.

Es necesario que los MR dispongan de principios, instrumentos, sistemas y autogestión para facilitar su gestión. En la autogestión se debe considerar el desarrollo de capacidades objetivas en aspectos organizativos y materiales necesarios para el funcionamiento de los MR y en las capacidades subjetivas que permitan a los usuarios convérsese de sus actividades como usuarios del MR con formación permanente a través de cursos, talleres y otros eventos, así mismo que se genere auto responsabilidad de manera progresiva en los usuarios la cual se logra a través de la práctica.

Según los usuarios la transferencia de los DR ha sido positiva y la mayoría de ellos se sienten satisfechos, pero es necesario continuar con la consolidación de los MR y SRL.

La transferencia ha definido buenas relaciones con el gobierno, esta experiencia ha sido tomada por otros países que desean transferir los distritos a los usuarios.

Los usuarios han demostrado poder gestionar los MR cada vez mejor, de manera más profesional para proporcionar mejor servicio de riego y lograr la autosuficiencia financiera de los MR. Se concluye que los usuarios deben hacer la gestión de los MR con sentido empresarial considerando lo establecido en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

APOYO A LA GESTIÓN PARA EL ACCESO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE AGRICULTORES FAMILIARES DEL PARAJE LA PALMIRA, ITATÍ

Langé Patricia Paula¹ y Paredes Federico Antonio¹⁻²

¹Agencia de Extensión Rural Corrientes – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

lange.patricia@inta.gob.ar

Resumen Extendido

El departamento de Itatí, ubicado en el noreste de la provincia de Corrientes, a 68 km de la capital, tiene una superficie aproximada de 890 km² y una población de 12.010 habitantes, con una variación relativa 2010-22 del 0,3% (CNP 2022). La densidad de habitantes por km² es de 13,8 (50,3% mujeres y 49,7% hombres). Si bien a nivel departamental se observaron mejoras en las condiciones de vivienda relacionadas con el agua (2010-22, CNP 2022): 0,4% de aumento de agua por red pública (78,4%) y 14,1% de incremento de cañería dentro de la vivienda (87,1%), estas condiciones no se reflejan necesariamente en los parajes y comunidades rurales, donde el agua se emplea con fines domésticos y también productivos. Este es el caso del Paraje La Palmira, ubicado a 30,4 km de la ciudad de Itatí, cabecera del departamento. Allí viven más de 200 familias, pertenecientes al sector de la agricultura familiar, que acceden al agua de manera restringida.

A partir de la caracterización inicial, realizada de manera participativa, se generó información que se sistematizó y mapeó junto a la comunidad para su análisis conjunto, con el objetivo de identificar los cambios a realizar para mejorar el aprovechamiento del agua. Del trabajo se identificó: la existencia de una perforación de uso comunitario con bajo o nulo mantenimiento y de perforaciones poco profundas y de bajo caudal; sistemas de distribución con poco mantenimiento, deterioradas y subdimensionadas para los consumos de las familias; falta de estructuras de reserva y de almacenamiento de agua; y desconocimiento de la calidad del agua y su aptitud para el riego y el consumo de los animales.

El objetivo del trabajo fue identificar y abordar problemas relacionados al acceso y uso del agua de un grupo de familias del Paraje La Palmira, Itatí, en la provincia de Corrientes organizados en una Comisión Vecinal.

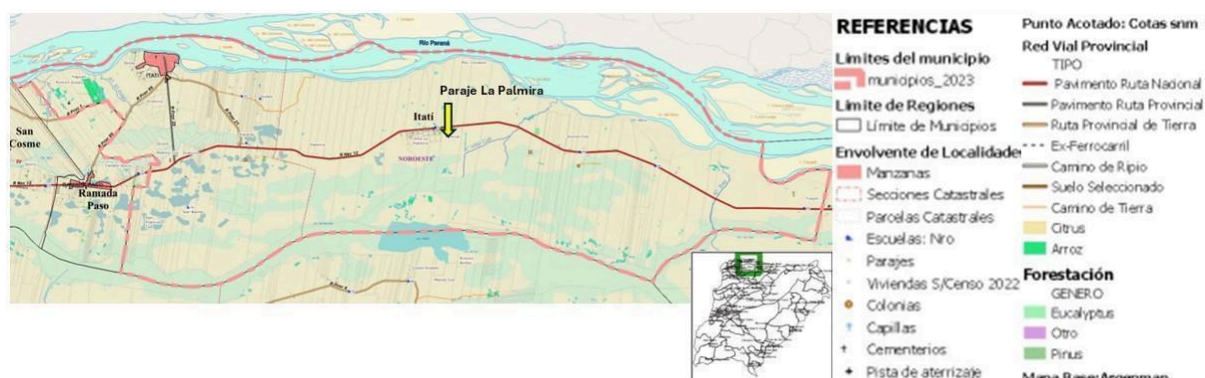


Figura 1- Ubicación del Paraje La Palmira en el Departamento Itatí, Corrientes.

El trabajo se lleva adelante desde el año 2016 junto a un grupo de 43 familias organizadas en la Comisión Vecinal del Paraje La Palmira, en Itatí. Inicialmente se realizaron talleres, entrevistas individuales y grupales para el relevamiento de la situación y caracterización inicial.

En cuanto a la producción, se detectó: la falta de infraestructura de riego adecuada, lo que ocasiona pérdidas y consumos elevados por unidad producida; y el manejo inadecuado de aves de granja (agua, alimentos y residuos) para evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Esta información permitió orientar las acciones y determinar que la mayoría de las familias requieren mejorar tanto el acceso al agua como la eficiencia en la distribución, además de contar con un mecanismo de gestión comunitaria. A su vez, se decidió trabajar en la corrección de la calidad del agua donde fuera factible y en la atenuación de la problemática donde se requirieran inversiones mayores. Se identificó que el manejo inadecuado, en general, responde a la limitada capacidad de inversión para implementar prácticas más eficientes en el uso del agua. Esta situación incrementa los riesgos de contaminación de las capas de agua subterráneas y superficiales, y la degradación del recurso suelo por el aumento en la presión de uso. Para ello, se efectuaron talleres de capacitación y asistencia técnica grupal e individual, buscando la sensibilización y la incorporación de prácticas que incluyan manejo de residuos, uso eficiente del agua, manejo sanitario, entre otros. Como parte de las estrategias elegidas, se optó también, para algunas situaciones, por la gestión de financiamiento para la adecuación de infraestructura y equipamiento.

Se realizaron mejoras en la red de distribución de agua, eliminando principalmente las pérdidas. Se instalaron sistemas de reserva (torre, tanque y filtros) en 32 unidades productivas, con los cuales se logró reducir al 35% el empleo de agua de red para la producción (estimación realizada a partir de las familias con las que se trabajó). También se efectuaron análisis de laboratorio en 17 fuentes de agua, lo que permitió evidenciar y corregir fallas en las obras. La calidad fisicoquímica de las fuentes indicó que son aguas dulces, y que el promedio de sólidos disueltos totales ($245,4 \text{ mg l}^{-1}$) fue bajo. Según la clasificación de Riverside, el 47,5% de las muestras fueron de baja salinidad; el 42,6% media; mientras que el resto, medio (C3) y alta. Los niveles de Na fueron bajos (S1), con un promedio de RAS de 0,55.

Se instalaron y mejoraron sistemas de producción para mejorar el aprovechamiento del agua disponible y eliminar o reducir pérdidas y contaminación: en las granjas se encerraron los animales e instalaron bebederos adecuados, y se instalaron umbráculos apropiados en los casos de producciones hortícolas con mallas media sombra de 50%.

La implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia fue una estrategia empleada, tanto en las granjas como en viviendas, lo que permitió descomprimir la red de agua potable y contar con una fuente de agua adicional de buena calidad para el riego y bebida animal.

Las familias se muestran entusiasmadas en aprender e incorporar prácticas para mejorar la eficiencia en el uso del agua. Para ello, es fundamental el acompañamiento de estos procesos de asistencia y capacitación con la gestión de financiamiento, ya que la mayoría de las mejoras requieren inversión. El diagnóstico inicial de la situación frente a la disponibilidad y uso del recurso agua es determinante para definir y corregir el rumbo de las acciones propuestas.

USO DE COBERTURA DE SUELOS EN PRODUCCIONES INTENSIVAS PERIURBANAS COMO ALTERNATIVA PARA EL MANEJO DEL AGUA DISPONIBLE

Langé Patricia Paula¹ y Paredes Federico Antonio¹⁻²

¹Agencia de Extensión Rural Corrientes – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

lange.patricia@inta.gob.ar

Resumen Extendido

La agricultura periurbana de Corrientes se caracteriza por su heterogeneidad en el uso del suelo y por estar sometidas a las interacciones entre las dinámicas rurales y urbanas. Entre las actividades que realizan se encuentra la producción animal (granja y ganado mayor), pero su mayor expresión se da por la producción agrícola, específicamente horticultura a campo y algo bajo cobertura. Esta se realiza en el entorno inmediato de las ciudades, a menudo en terrenos previstos para el crecimiento de la ciudad o destinados a infraestructura.

Dentro de los principales problemas en los sistemas productivos periurbanos familiares de Corrientes se encuentran la reposición de nutrientes, control de la temperatura, la erosión hídrica, y factores vinculados a la conservación y manejo del agua disponible en el suelo. Esta situación limita la producción hortícola estival, reduciendo las oportunidades de producir alimentos y generar ingresos para las familias, principalmente en el sector más vulnerable de la agricultura familiar periurbana.

La experiencia presentada es una parte de un trabajo mayor que se inicia en año 2021 como resultado de la necesidad de articular actividades que contribuyan a atender a mujeres del ámbito periurbano, en su mayoría jefas de familia, que trabajan junto al Ministerio de Desarrollo Social de la Ciudad de Corrientes. Junto a ellas se identificó durante las últimas dos campañas, la baja productividad durante las temporadas primavera-verano, debido en parte a la menor disponibilidad de agua para riego y a la dificultad para aprovechar el agua disponible en el suelo.

En el análisis participativo se analizó incorporar un cultivo de verano, que además de generar cobertura de suelo, cumpla con otras características: adaptación a las condiciones locales; de crecimiento rápido y alta producción; de fácil mantenimiento; que permita realizar cosechas para consumo o venta de productos, y que aporte a la fertilidad del suelo. Entre las opciones a incorporar, se decidió por el empleo de 13 variedades de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) como cultivo de cobertura estival.

El caupí es una leguminosa ampliamente difundida en la agricultura familiar del NEA. Se lo cultiva principalmente como hortaliza de grano (para consumo en seco o inmaduro), pero su gran diversidad genética admite múltiples usos, tales como: abono verde, cultivo de cobertura, forraje conservado o para consumo animal directo. En la EEA Corrientes se cuenta con más de 29 materiales colectados en comunidades de agricultores familiares que aportan a la diversidad productiva, con ciclos completos que van desde 80 a más de 240 días. Algunos son de porte erecto, semierecto o rastrero, con diferente color del grano (blanco, rosa, marrón y negro) y período variable hasta maduración (de 60 a 240 días). La mayoría provee buena cobertura, pero de corta persistencia, desarrollándose muy bien en suelos con baja fertilidad, por lo que es recomendado

para cubierta verde. Sin embargo, por la baja disponibilidad de semillas en los mercados formales de venta (agropecuarias), solo se emplea en producciones familiares.

La experiencia se inició en la primavera del año 2023 y continuó durante el verano 2024 junto a un grupo de 60 mujeres que realizan sus huertas sobre suelos arenosos (Entisoles), profundos, pero de baja fertilidad, en la zona periurbana de la Ciudad de Corrientes.

En la etapa de planificación, durante los trabajos en taller se fijaron las pautas para la siembra, cosecha y registros para su posterior análisis. Se definió la distribución entre grupos de productoras de las 13 variedades diferentes de porotos caupíes colectados en la región y conservados por el INTA siguiendo las pautas por grupo: cada uno recibió semillas para cubrir 200 m² de cultivo; el grupo se ocupa de la siembra, cuidados culturales y cosecha, empleando herramientas manuales; cada responsable realizó un registro de la fecha de siembra, emergencia, cosecha y observaciones varias (afección por plagas, enfermedades, prácticas culturales, etc.); conforme evolucionó la experiencia, las responsables podían subir novedades, prácticas y avances realizados en sus cultivos empleando redes sociales comunes.

Las siembras se concentraron en noviembre de 2023 y alcanzaron la cobertura total a los 90 días desde la siembra en promedio. Los primeros frutos inmaduros comenzaron a cosecharse a partir de enero (95 días desde la siembra), los cuales se emplean habitualmente para el autoconsumo. Una vez que se concentraron las producciones (112 días desde la siembra), las cosechas se destinaron a semilla, siempre dejando la planta en pie para asegurar la cobertura de suelo.

Al finalizar la experiencia, se realizó el análisis de los resultados obtenidos durante el proceso, incorporando la visión de las productoras. Junto a ellas se reflexionó sobre la práctica y su utilidad, orientadas a la conservación del agua y los diferentes propósitos del cultivo, y sobre las principales limitaciones asociadas. El cultivo de caupí logró una cobertura total del suelo en un promedio de 90 días desde la siembra, lo que puede ayudar a conservar la humedad y reducir la erosión. Las productoras pudieron cosechar frutos inmaduros para autoconsumo a partir de los 95 días, y luego cosechar semillas, manteniendo la cobertura del suelo. La experiencia permitió a las productoras reflexionar sobre la utilidad de esta práctica y las principales limitaciones asociadas. Del análisis conjunto se pudo identificar otras áreas a trabajar, como la producción de semillas, ajuste del momento de cosecha y sobre los métodos de conservación.

ORGANIZACIÓN DE LA AGRICULTURA FAMILIAR PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN ITATÍ, CORRIENTES

Langé Patricia Paula¹ y Paredes Federico Antonio¹⁻²

¹Agencia de Extensión Rural Corrientes – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

lange.patricia@inta.gob.ar

Resumen Extendido

El Departamento de Itatí está ubicado a 67 km al noreste de Corrientes (Capital). El área es de una gran riqueza natural, ubicada en proximidades de centros turísticos y con acceso estratégicos, que sirve de sustento a los pobladores y atrae a numerosos visitantes. Estas condiciones la convierten en una invaluable oportunidad para los productores locales para comercializar sus productos y servicios, destacándose entre ellos a los agricultores familiares. A pesar de estas ventajas, en diferentes instancias de trabajo junto a las comunidades, se identificaron condicionantes para aprovechar esas oportunidades, entre ellas, el acceso al agua para usos múltiples. Así comenzó a funcionar la Mesa de Producción, un espacio que reúne a referentes de instituciones y de productores, principalmente de agricultores familiares, buscando articular acciones y ampliar la mirada de los problemas y oportunidades aportando al diagnóstico participativo de territorio.

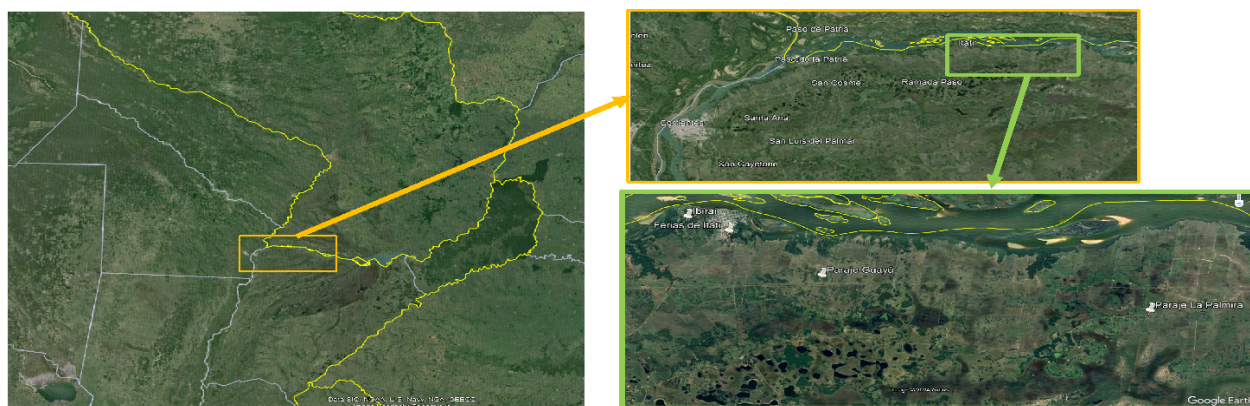


Figura 1- Ubicación de las comunidades trabajadas en el marco de la Mesa de Producción de Itatí.

El objetivo del trabajo fue fortalecer los procesos de organización de comunidades del Departamento Itatí donde se abordó la problemática de la gestión compartida del agua.

Desde 2014, se trabaja junto a la Mesa de Producción, un espacio interinstitucional que lleva más de 20 años funcionando en la zona. En éste, se reúnen referentes de instituciones y productores para articular acciones y ampliar la mirada sobre los problemas y oportunidades, aportando al diagnóstico participativo del territorio. Si bien este espacio tiene varios años de funcionamiento, éste había sido intermitente, por lo que se propuso realizar reuniones mensuales. A través de visitas, talleres y reuniones, se establecieron objetivos de trabajo acordes a la problemática planteada y la

estrategia de abordaje. Con el fin de fortalecer este espacio, se buscó sumar más integrantes que representarán las distintas zonas y conocieran las necesidades de sus respectivos territorios.

En el marco de las reuniones se realizó la caracterización de la situación de cada paraje y la definición del abordaje conjunto de los problemas. Los principales problemas detectados estuvieron asociados con el acceso y aprovechamiento del agua (Tabla 1).

Tabla 1- Matriz de problemas identificados por comunidades en el marco de la Mesa de Producción de Itatí.

Comunidad	Calidad	Reserva y distri- bu- ción	Gestión grupal	Mantenimiento de obras	Limitación para el uso			
					Doméstico	Prod. agrícola	Agroindustria familiar	Prod. animal
Ibiraí Este		X	X	X	X	X		
Ibiraí Este 2	X	X	X		X	X		
Ibiraí Oeste	X	X	X		X	X		
Pje. La Palmira	X	X	X	X	X	X	X	X
Ferías Francas	X			X	X	X	X	X
Pje. Guayú	X	X	X	X	X			X

Se realizaron diversas actividades, donde la articulación interinstitucional resultó fundamental, favoreciendo la optimización del uso de los recursos, tanto en las etapas de la identificación de las necesidades del territorio y la definición de las estrategias de trabajo, durante las capacitaciones, y en los procesos de formulación y gestión de bienes y servicios.

Se gestionó financiamiento para obras de acceso y mejora de infraestructuras existentes con el fin de facilitar el acceso a herramientas, equipamientos y tecnologías por parte de los productores. En la mayoría de los casos, estos son limitantes al momento de la adopción de tecnologías y prácticas propuestas. De esta forma, se acercó a los interesados información sobre créditos y subsidios, trabajando junto a ellos en la identificación de necesidades y la formulación de proyectos cuando fue necesario.

Se llevaron adelante numerosas actividades de divulgación de los avances y de difusión interna de las acciones. Con el objetivo de dar a conocer las acciones a los participantes y a otros actores vinculados, se emplearon distintos medios para socializar y fomentar la participación de la comunidad (mensajes de texto, redes sociales, diarios locales, folletos, entre otros). También se realizaron capacitaciones y asistencia técnica con distintas modalidades sobre acceso al agua y tecnologías para optimizar su uso, como coberturas de suelo y sistematización del riego.

A modo de resumen, se pueden mencionar como principales productos: el análisis de 32 fuentes de agua, la realización de 25 nuevas perforaciones, la recuperación de 4 y el mantenimiento de 15 obras de agua, la ejecución conjunta de 6 proyectos de inversión, el incremento y mejora de 49 reservas de agua para uso familiar y comunitario, la mejora de 7600 m de obras de distribución de agua y el fortalecimiento de 6 situaciones de administración comunitaria del agua.

Como parte del aprendizaje, se menciona la importancia del fortalecimiento de espacios de trabajo comunitarios, como camino para el desarrollo, pero buscando que éstos perduren más allá de la presencia de las instituciones. Para ello es fundamental trabajar en el acompañamiento de los procesos grupales, la gestión compartida de proyectos y la ejecución de acuerdos, con el fin de fortalecer a las organizaciones.

IMPLICANCIAS DE LA APLICACIÓN DEL ACUERDO DE ESCAZÚ EN LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Torchia Noelia, Rodríguez Salas Aldo, Hernández Guillermo, Garguir Mariano, González Feltrup Valentín, Fagioli Marco

Facultad de Abogacía – Universidad de Congreso

noeliatorchia@yahoo.com.ar

Resumen Extendido

I. Introducción

El presente documento se realiza en el marco del proyecto de investigación denominado “Implicancias de la aplicación del Acuerdo de Escazú en la gestión del recurso hídrico (segundo tramo)” realizado en el periodo 2023-2024 por las cátedras de Aguas y Minas y Derecho Ambiental de la Facultad de Abogacía de la Universidad de Congreso.

Vino a dar continuidad al primer tramo de la investigación. En dicha oportunidad, el eje estuvo dado por la participación de los usuarios del agua, es decir de aquellos titulares de concesiones de uso de aguas públicas en el marco de las Inspecciones de Cauce, tanto en las Asambleas ordinarias como en la elección de autoridades.

El objetivo de esta segunda etapa complementaria fue la participación de los ciudadanos en general en la gestión del recurso hídrico, fundamentalmente a partir del Acuerdo de Escazú. Ello, por cuanto la legislación de aguas de la Provincia de Mendoza, donde se centró la investigación no preveía instancias de participación ciudadana obligatoria en la gestión del recurso hídrico, salvo cuando se tratara de una obra o actividad sometida a evaluación de impacto ambiental y en la elaboración de algunos planes específicos, como los de ordenamiento territorial (Torchia, N. (2023). Participación ciudadana en la gestión hídrica a partir del Acuerdo de Escazú. El caso de Mendoza. República Y Derecho, 8(8), 1–24. <https://doi.org/10.48162/rev.100.006>).

El Acuerdo de Escazú, trae, nuevas previsiones en la materia, cuya implementación requiere ser adecuadamente analizada. Atendiendo a que las disposiciones del Acuerdo de Escazú son generales, pero no por ello inoperativas, resulta necesario indagar sobre los casos en los que deben darse las instancias de participación ciudadana a que refiere el Acuerdo y sobre cómo debería implementarse la misma. Para este último supuesto, se decidió efectuar un seguimiento del proceso de participación ciudadana realizada en el marco de la elaboración de un Código de Aguas que viene desarrollando la Autoridad del Agua de la Provincia (Departamento General de Irrigación o DGI).

II. El caso del Código de Aguas

La primera cuestión a definir es si la elaboración de un Código de Aguas para la Provincia de Mendoza puede tener impacto en el ambiente quedando por tanto atravesado por la exigencia prevista en el Acuerdo de Escazú de ser sometido a un procedimiento de participación ciudadana en los términos establecidos en el mismo. Sobre este aspecto, teniendo en cuenta que el mismo regulará cuestiones vinculadas a la protección de la calidad del agua y a sus usos productivos podemos concluir que podrá tener impacto significativo sobre el ambiente.

Los autores del presente documento solicitaron a los redactores del Código información sobre el proceso de participación previsto para el mismo, sin embargo fuimos informados que si bien

existe un diseño de participación el mismo sería confidencial, cuestión que resulta inadmisibile. Evidentemente, el diseño del plan de participación debe ser público y aprobarse juntamente con la decisión de su elaboración. Pues cualquier objeción al mismo debería poder ser planteada antes de su ejecución pero además permitiría que la propia ciudadanía pueda controlar su cumplimiento.

Afortunadamente, al momento de escribir el presente informe, el Departamento General de Irrigación ha presentado una plataforma digital con información sobre el proceso de modificación del Código. En lo que nos convoca, en la plataforma se expresa la voluntad de generar un involucramiento activo de los sectores y grupos, brindando información, utilizando un lenguaje claro y un procedimiento transparente de participación. Se aclara que la plataforma no será el único espacio para participar. También se difundirá información en los medios de comunicación (radios, diarios y televisión) en las redes sociales y se realizarán encuentros presenciales en distintos lugares de la Provincia. Se indica asimismo que se han tomado en cuenta las recomendaciones realizadas por distintos organismos internacionales (CEPAL, ONU) los criterios del Acuerdo de Escazú y las normas nacionales y provinciales para diseñar un proceso abierto, inclusivo y democrático.

El proceso consta de 4 fases:

La *fase 1* denominada Preparación, consiste en el análisis de antecedentes, actores, recursos; reunión con actores principales del sistema hídrico, Inspecciones de Cauce y Asociaciones, Personal del DGI.

La *fase 2* denominada Información, incluye la plataforma de participación. Es una etapa informativa. Se prevé la consulta a expertos. En dicha fase se encuentra el proceso al momento de escribir estas líneas.

La *fase 3* es la fase propiamente de consulta, implica la apertura de procesos de consulta en formato presencial y digital.

La última fase, *fase 4* es la fase de sistematización, donde se consolidan los resultados, priorización y retorno.

De reuniones realizadas en el marco del proyecto así como del relevamiento de notas periodísticas pudimos verificar que en la instancia de elaboración del borrador se han realizado diversos talleres de trabajo con sectores de la sociedad y de la Autoridad del Agua convocadas al efecto, ninguno de ellos abiertos al público en general. Ello recién ocurriría una vez que el borrador haya sido revisado por expertos, en la *fase 3*.

Se desconoce si se ha realizado un relevamiento del público afectado como exige el Acuerdo de Escazú y por tanto si las instancias de participación previstas serán adecuadas a sus condiciones particulares.

En todo caso, entendemos que debe darse al borrador amplia difusión, no solo en formato virtual sino utilizando otros medios de difusión que utilice la ciudadanía, como canales de tv por aire y radios. Sería importante que los Municipios se involucren en esta tarea dada su cercanía con la población, teniendo a disposición de los interesados el texto del proyecto y asistiendo al público interesado para su interpretación, valoración e incluso para la emisión de opiniones o sugerencias.

Asimismo, dado el actual estado de difusión del tema, teniendo en cuenta que el Superintendente ha informado públicamente que el borrador está casi listo aunque la ciudadanía desconoce el objeto de las reformas, se debería informar con la mayor premura posible y aunque se carezca del borrador, de las líneas de trabajo, o ejes centrales que se tratarán en el proyecto para permitir una discusión genuina entre la población desde las etapas iniciales, como exige Escazú.

Por otra parte, se considera necesario que con la mayor premura posible la Autoridad del Agua indique con precisión cuáles serían concretamente las instancias de participación ciudadana, fechas y objetivos de las mismas.

Por último, entendemos que la participación ciudadana en la elaboración del Código debería tomar como referencia los mecanismos previstos con motivo de la evaluación de impacto ambiental estratégica. De hecho, atendiendo que en el Código de Aguas se incluirán políticas hídricas con impacto ambiental, la realización de la Evaluación de Impacto Ambiental Estratégica habría sido una vía adecuada para canalizar la participación ciudadana.

EL CENTRO DE ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARIOS DEL AGUA COMO EXPERIENCIA INSTITUCIONAL DE COLABORACIÓN

Pérez Carrera, Alejo Leopoldo^{1,2,3}, Fernández Cirelli, Alicia^{1,2,3}, Volpedo, Alejandra Vanina^{1,2,3}

¹Facultad de Ciencias Veterinarias – Universidad de Buenos Aires (UBA), ² Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA), ³ Instituto en Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET)

alpc@fvet.uba.ar

La problemática del agua involucra e integra el conocimiento de una diversidad de sistemas que no son usualmente considerados en forma simultánea. Por ello, es de vital importancia la articulación de las diferentes disciplinas para lograr el conocimiento transdisciplinario; la integración de la investigación con la docencia formal, la extensión universitaria y el trabajo conjunto con los organismos normativos y de gestión. En este sentido, el agua como recurso fundamental para la vida, y estratégico para el desarrollo socio-económico de las naciones, constituye un tema de agenda central en Argentina como país agroexportador y los enormes desafíos que suponen el uso racional, estratégico y en la gestión del agua por tratarse de un factor clave en todas las etapas de la producción agropecuaria y acuícola.

Hace unos 20 años, hablar de transdisciplina sugería una visión hacia el futuro como estrategia para abordar temas desafiantes y complejos con los saberes y las miradas de diferentes disciplinas en pos de tratar desarrollar colaboraciones y trabajo en red entre diferentes profesiones.

Con estas consideraciones principales, en el año 2000 se creó en el ámbito de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, el Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA) Res. (CD) N° 936/00. Más adelante, y luego de varios años de funcionamiento sostenido, en 2011 fue declarado como instituto de la Universidad de Buenos Aires Res. (CD) 1004/11 y (CS) 3460/11. Desde entonces, en el CETA se realizan en forma sostenida actividades de investigación, vinculación institucional a nivel nacional e internacional, formación de recursos humanos, docencia de grado y posgrado y extensión. Sus principales objetivos son: i) relacionar la utilización de los recursos hídricos con los ecosistemas que abastecen el agua para garantizar la sustentabilidad; ii) ampliar el conocimiento de las complejas interacciones que existen en los ecosistemas y los procesos que las determinan; iii) garantizar la menor alteración del ciclo hidrológico natural; iv) contribuir a la formación de recursos humanos especializados, v) concientizar a la sociedad civil sobre la importancia del agua y lograr su participación en la implementación y cumplimiento de las políticas ambientales, vi) vincular la generación de conocimientos con los organismos de planificación y gestión y vii) diseñar mecanismos para que los resultados de la gestión junto con el aporte de la sociedad, generen nuevos enfoques de investigación.

El CETA se ha caracterizado, desde sus inicios, por impulsar líneas de investigación relacionadas con el uso y gestión del agua para diferentes propósitos, especialmente aquellos vinculados con las actividades agropecuarias y la producción de alimentos. Otra característica distintiva del Instituto es la vinculación con otras instituciones en el ámbito nacional, regional e internacional, destacándose en la coordinación de redes temáticas y académicas, en la participación en proyectos de

investigación nacionales, regionales e internacionales y en la organización de eventos científicos nacionales e internacionales.

Como un ejemplo relevante en cuanto a la formación de recursos humanos, vale la pena destacar la creación de la Maestría en Gestión del Agua, en 2002 con el fin de contribuir a la formación de posgrado de profesionales que puedan integrar y articular los conocimientos relacionados con la temática del agua desde una visión transdisciplinaria y que puedan gestionar decisiones en las instituciones gubernamentales y no gubernamentales donde se inserten laboralmente teniendo las herramientas metodológicas y conceptuales adecuadas.

En estas dos décadas el CETA ha desarrollado diferentes líneas de investigación entre las que se destacan el estudio de la relación entre la concentración de elementos traza en matrices ambientales (agua, suelo, sedimento), en especies forrajeras, y en productos pecuarios de consumo humano, la producción animal en zonas de abundancia natural de arsénico y su transferencia a agroalimentos, la dinámica de microcontaminantes y evaluación de su impacto para la sustentabilidad de los agroecosistemas, estrategias y desafíos productivos para mitigar impactos ambientales y sanitarios en sistemas ganaderos intensificados, influencia de los cambios climáticos en agroecosistemas y ecosistemas acuáticos, determinación de stocks pesqueros de especies comerciales marinas y dulceacuícolas, aspectos económicos e institucionales de los servicios de agua y saneamiento y desarrollo de alternativas económicas de remoción de arsénico del agua, utilización de fitotecnologías.

Los resultados obtenidos han sido plasmados en la formación de recursos humanos a través de tesis de doctorado y maestría, en la publicación de 248 artículos registrados en publicaciones periódicas en diferentes revistas de alcance nacional e internacional, la edición de 28 libros, la publicación de 55 capítulos de libros y la presentación de 411 trabajos en diferentes congresos, jornadas y reuniones científicas.

Desde el Instituto se organizan además diferentes actividades de CyT, por ejemplo las Jornadas Interdisciplinarias “Ciclo del Agua en Agroecosistemas” que se realizan de manera bianual desde 2010, el Ciclo de Conferencias “Ciencia al Agua” y se ha participado de la organización de diferentes eventos entre los que se destacan el Congreso Internacional de Arsénico, edición 2014.

Finalmente, en cuanto a la cooperación internacional, el CETA ha participado de diferentes proyectos binacionales, principalmente con Brasil, Alemania, Austria, China, España, etc. Además, integra y participa activamente en diferentes redes entre las que podemos destacar la Red Argentina de Capacitación y Fortalecimiento en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (Arg Cap-Net) es una red integrada por instituciones de Argentina que actúan en relación con el desarrollo de capacidades para promover la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), la RED RALCEA (Red de Centros de Excelencia en el sector Agua en América Latina), constituida por la Comisión Europea - Desarrollo y Cooperación (Unión Europea), la coordinación del Comité Académico Aguas de la Asociación de Universidades Grupo de Montevideo y el Programa Interdisciplinario de la Universidad de Buenos Aires sobre Cambio Climático y la Red CyTED IBEROARSEN entre otras.

LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA: LA EXPERIENCIA DE LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DEL AGUA (FCV-UBA)

Perez Carrera, Alejo Leopoldo^{1,2,3}, Fernández Cirelli, Alicia^{1,2,3}, Pessagno, Romina Carla^{1,2,3}, Volpedo, Alejandra Vanina^{1,2,3}

¹Facultad de Ciencias Veterinarias – Universidad de Buenos Aires (UBA), ²Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA), ³Instituto en Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET)

alpc@fvet.uba.ar

Resumen Extendido

El agua es un recurso multifuncional y escaso, con demanda creciente, y oferta en disminución en términos de calidad, aunque puede mantenerse constante en términos de cantidad. El deterioro de la calidad del agua y en algunos casos su escasez impacta en la salud pública, en todas las actividades humanas y en la conservación de los ecosistemas (Fernández Cirelli, 2012).

La problemática del agua involucra e integra una diversidad de sistemas que no son usualmente considerados en forma simultánea, y esta fragmentación en el análisis de las actividades y procesos ha conspirado contra el enfoque integral necesario para una planificación y gestión eficientes en el sector hídrico.

Las Universidades, como parte inseparable de la sociedad, están obligadas a la consideración de sus problemas más acuciantes y a la búsqueda de soluciones creativas, seguras y económicas (Fernández Cirelli y Volpedo, 2009).

En este sentido, la Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV) de la Universidad de Buenos Aires (UBA), ha sido pionera en la planificación de un posgrado que considera los diferentes aspectos de esta problemática; creando la Maestría en Gestión del Agua (MGA) en 2002. Dicha maestría tuvo su primera cohorte de estudiantes en 2004. En este trabajo se presentan las lecciones aprendidas de la experiencia del desarrollo de este posgrado en las dos décadas de su desarrollo.

La MGA surge en el ámbito de la FCV-UBA como una necesidad, ya que las actividades agropecuarias son el usuario de más importante del agua tanto a nivel mundial como en Latinoamérica (Fernández Cirelli y col., 2009).

El objetivo de la MGA es la formación de profesionales capaces de interpretar el conjunto de dimensiones del conocimiento, las tecnologías e instrumentos que se requieren para llevar a cabo una gestión integrada de los recursos hídricos.

La gestión sustentable del agua trasciende los aspectos de orden técnico; constituye un reto multifacético que abarca lo político, social, económico y cultural. Este desafío compromete a toda la sociedad a definir y aplicar estrategias adecuadas de gestión que permitan satisfacer demandas crecientes frente a la evidencia de un recurso cada vez más limitado. Para ello, es imperativo no solo impulsar el avance tecnológico para abordar los problemas existentes, sino también fomentar la conciencia pública sobre el valor económico, social y ambiental del agua.

El plan de estudios de la maestría (PE-MGA) es de tipo estructurado y la duración total de la carrera es de 24 meses, con un total de 776 h. El PE-MGA está organizado de manera tal que en el primer año los alumnos obtienen herramientas básicas multidisciplinarias que les permiten profundizar y

articular el análisis conceptual de la temática del agua y en el segundo año, integran holísticamente dichos conocimientos y habilidades para aplicarlos al estudio de la gestión del agua. Además, en este período, los maestrandos desarrollan su tesis de Maestría incorporando los múltiples enfoques.

Desde 2004 la actividad académica de la MGA ha sido continua llevándose a cabo 11 promociones con un total de 96 estudiantes. Los estudiantes son originarios de diversas provincias de Argentina y de diferentes países como Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, España, Estados Unidos, Honduras, Paraguay, Perú y Venezuela. Algunos han obtenido becas de diferentes instituciones argentinas e internacionales que les han permitido cursar el posgrado.

La formación de grado de origen de los estudiantes fue diversa, teniendo un fuerte predominio disciplinas como veterinaria, biología, agronomía, ciencias ambientales, ingeniería y ciencias sociales. Es de destacar la incorporación de sociólogos, periodistas, abogados, entre otras profesiones, que enriquecieron las cursadas. A fin de permitir que los estudiantes con diferentes profesiones puedan integrar conocimientos, se incorporaron talleres cuyas temáticas fueron modificándose a lo largo de estos 20 años en todas las cohortes y que permitieron que todos los alumnos de manera personalizada fortalecieran sus debilidades académicas a fin poder seguir los contenidos de la MGA. La personalización de los talleres y del seguimiento de los trabajos de tesis fue muy positiva ya que eso permitió que más del 93% de los estudiantes se graduara presentando sus tesis.

Otra de las lecciones aprendidas es la necesidad de actualización continua de las temáticas desarrolladas en las diferentes asignaturas, así como la incorporación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en el dictado de las asignaturas, la búsqueda de nuevas estrategias motivacionales y de comunicación que utilicen otros canales no tradicionales como las redes sociales y la comunicación no formal. Estas herramientas han permitido que se incorporen estudiantes de diferentes latitudes y que la MGA sea atractiva como posibilidad de capacitación.

Uno de los desafíos que tiene la MGA es fortalecer la vinculación con diferentes actores del sector académico, de la gestión y de la comunidad para generar redes de trabajo e intercambio de ideas y visiones para que la formación de recursos humanos incluya nuevos paradigmas, como así también la búsqueda de soluciones alternativas a los mismos, para esto los equipos docentes de cada asignatura se integran por profesionales de todo el país y de diferentes universidades y organismos, esta mirada integral permite que los estudiantes tomen contacto directo con los especialistas que en su quehacer diario trabajan con la gestión integrada del agua.

Por otro lado, la incorporación de nuevas temáticas que se encuentren en las fronteras del conocimiento de las disciplinas del posgrado es una de las ambiciones que se persigue desde la gestión de la carrera. Asimismo, es fundamental seguir impulsando que los equipos docentes sean activos investigadores. Para ello la incorporación de fuentes de recursos económicos privadas e internacionales, con la incorporación de la vinculación con el sector privado para la obtención de becas para los estudiantes de posgrado y con el aporte de fondos de cooperación internacionales para la adquisición de equipamiento (clases prácticas, teóricas y salidas de campo) y, apoyo a la infraestructura es un eje destacado. Los estudiantes hacen visitas a plantas de tratamiento, y de potabilización, a institutos de investigación y hacen un recorrido por el Delta realizando análisis de calidad de agua y de aspectos biológicos en un buque de la Prefectura Naval Argentina.

El análisis de los avances y desafíos de la MGA permite evidenciar que esta construcción colectiva debe seguir sustentándose en la calidad científico técnico, el uso de nuevas herramientas de aprendizaje y el fortalecimiento de vínculos interinstitucionales.

La búsqueda de motivaciones para la formación de posgrado de nuevas generaciones debe ser un objetivo primordial en el ámbito universitario, ya que la sociedad necesita la resolución de

problemáticas asociados a la gestión integrada del agua. La trayectoria de la MGA en estas últimas dos décadas ha sido un desarrollo académico de excelencia (ha sido acreditada por la CONEAU con la máxima categoría y un activo compromiso social ante los requerimientos de la comunidad respecto a este tema; esperamos continuar formando profesionales que contribuyan a dar sustento científico técnico a políticas públicas que mejoren la vida de la gente en nuestro país y en la región.

Bibliografía

Fernández Cirelli, A. F., Schenone, N., Pérez Carrera, A. y Volpedo, A. V. 2009. Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. AUGM DOMUS, 1, 45-66.

Fernández Cirelli, A., & Volpedo, A. V. 2009. El agua en posgrados universitarios en el MERCOSUR. Programa de Educación Continua en Gestión Integrada del Agua en el MERCOSUR (PECGIAM) ISBN: 978-987-05-6301-3

Fernández Cirelli, A. 2012. El agua: un recurso esencial. Quimica viva, 11(3), 147-170.

EMERGENCIA AMBIENTAL

Liber Martín, Torchia Noelia, Salinas Ailín Rosales, Calvo Gimena Agostina, Lujan María Eugenia

Facultad de Derecho – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo)

ailinrosalesalinas2024@gmail.com

Introducción:

Esta cátedra de Derecho de los Recursos Naturales, Aguas y Protección del Medio Ambiente de la UNCUIYO, como unidad universitaria especializada en la materia, busca posicionarse con un rol activo en la comunidad de investigadores que estudia esta particular rama del derecho. Tanto estudiantes y docentes, como operadores jurídicos, necesitan servir con su conocimiento a la realidad actual en la que viven para contribuir a la armonía y al bienestar general de la sociedad en la que operan; por lo cual, será materia de investigación y estudio del presente proyecto, las nuevas herramientas legales propuestas por el gobierno de turno con el fin de analizar su alcance e impacto hacia la temática jurídica ambiental.

Es así como, se ha planificado para el año académico 2024, la puesta en marcha de un Proyecto de Investigación centrado en la Emergencia Ambiental analizada desde una mirada técnica jurídica. Este proyecto se encuentra subsidiado por la Facultad de Derecho de la UNCUIYO.

Objetivos:

- Estudiar los impactos en la legislación ambiental del Decreto de Necesidad y Urgencia (DNU) 70/2023 denominado “Bases para la Reconstrucción de la Economía Argentina” que entró en vigor en nuestro país el pasado 29 de diciembre de 2023, así como de las Leyes de emergencia que se dicten.
- Indagar sobre la posibilidad de retroceder en la protección ambiental con motivo de la declaración de emergencia económica.

Materiales y Métodos:

Se comenzará con el análisis constitucional del decreto. Se tendrá fundamentalmente en cuenta que, a partir de la reforma constitucional, se ha incorporado el paradigma ambiental al Estado de Derecho argentino y se ha apostado por la sostenibilidad, entendiendo que las actividades productivas no deben comprometer el derecho de las generaciones futuras (art. 41 CN). Con el mismo carácter de ley suprema se analizarán los tratados internacionales con jerarquía constitucional que tengan implicancia en la materia. Se analizará especialmente el Acuerdo de Escazú y el principio de no regresión que trae incorporado, que resultará de aplicación al caso. Asimismo, se tendrán en cuenta las leyes nacionales ambientales y los principios que la nutren.

El método será cualitativo, consistirá en la recopilación de la normativa aplicable, su interpretación y la aplicación al caso de estudio. Se realizarán reuniones de trabajo entre los integrantes del equipo. Se buscará y analizará doctrina y jurisprudencia de aplicación al caso.

Resultados:

La política pública del gobierno de turno para liberalizar y desregular la economía eliminando normativas que interfieren con la libre empresa, impacta directamente sobre regulaciones ambientales preexistentes que buscan controlar el impacto de actividades industriales y comerciales sobre el medio ambiente. Este cambio significativo en la política ambiental proteccionista de Argentina podría tener serias repercusiones negativas a mediano y largo plazo, tanto para los ecosistemas naturales, como para la salud y la calidad de vida de las poblaciones humanas dependientes de ellos.

En particular, analizaremos las implicancias que podría traer el avance del proyecto original contenido en la Ley ómnibus, que buscaba modificar la Ley de Glaciares. Si bien dicha iniciativa ha perdido estado parlamentario, la Ley Bases recientemente aprobada mantiene la declaración de emergencia en materia económica, lo que permitiría que el Poder Ejecutivo se considere facultado para flexibilizar las exigencias ambientales vigentes. Es por ello, que en el proyecto de investigación que presentamos buscaremos identificar los límites constitucionales que se deben observar aún ante la declaración de emergencia económica.

El equipo ya cuenta con publicaciones previas en la materia, los que se mencionan en el acápite bibliografía.

Bibliografía:

EMBIID IRUJO, Antonio; MARTÍN, Liber (2017), El nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe. Planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias. SRNI, Santiago, CEPAL, 70 pp.

GONZALEZ MORAS (2002), J. M., "Estado de excepción. Soberanía, Poder de Policía y Emergencia", en La radicalidad de las formas jurídicas. Críticas a la razón cínica, AA.VV., Ediciones Grupo La Grieta, Buenos Aires

MARTÍN Liber "Emergencia hídrica, ambiental y climática. Elementos para su configuración y relación con el estado de derecho", Revista Derechos en Acción, UNLP Vol 14 Num 14 (2020).

MARTÍN Liber y PINTO Mauricio (2015). Escasez extraordinaria y derecho de aguas en: Revista de Derecho Administrativo Económico N° 20, Santiago, PUCC

EXPERIENCIA PRE PROFESIONAL EN MEDICIÓN DE COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Paez Tissera Agustín¹, Guevara Mariel¹, Carvelli Antonela¹, Martinez Sofia¹, Dragoni Sabrina¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo)

marquevara42@gmail.com

Como estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, con distintos niveles de avance en la carrera, con el denominador común de estar realizando concurrencias autorizadas en docencia e investigación en la cátedra de Zootecnia y Granja, nos encontramos con la posibilidad de evaluar el desempeño del equipo de riego previo a la siembra de verdeos de verano con fines forrajeros. Los docentes de Zootecnia nos propusieron incorporarnos al equipo de trabajo de la empresa TECNORIEGO CUYO, y participar en las actividades que vienen a desarrollar en la parcela los ingenieros de la empresa.

Nos interiorizamos en el sistema de riego de toda la Finca San Antonio, de la Facultad, desde el pozo, la acumulación en la represa y desde allí hacia el pivot central (Foto 1). El planteo del problema fue determinar el coeficiente de uniformidad (CU) del equipo (Foto 2 y 3), pero para ello, como algunos habíamos cursado Hidrología Agrícola pero otros no, tuvimos que estudiar previamente conceptos de hidráulica, vistos en Física. Los ingenieros de Tecnoriego nos explicaron en gabinete, para luego entender situaciones a campo, interpretar cartas de aspersión, modelos de aspersores (Foto N°4), metodología de trabajo y así poder realizar las mediciones, llevar registros, y hasta manejar el equipo desde la plataforma AGSENSE, de manera remota, para evaluar el riego aplicado en el cultivo de sorgo forrajero (foto 5).

Para el cálculo del CU (según fórmulas de Heermann y Hein (CU_h) y Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC)) utilizamos 3 modelos de aspersores, utilizando el método de colectores y la recolección del volumen de agua aplicado en un ciclo, a velocidad 100%. Los resultados obtenidos (Tabla N°1) no mostraron diferencias significativas en ninguno de los tres modelos, siendo en todos los casos mayor a 90%, por lo que se consideran parcelas muy bien regadas (Morábito et al, 2015). Se considera que una parcela está bien regada cuando se consigue un CU_h comprendido entre el 85 y 90 %, muy bien regada con valores mayores al 90 % y no adecuadamente regada con valores de CU_h menores al 85 %.

Tabla N°1. Coeficientes de uniformidad para tres tipos comerciales de aspersores para equipo de pivot central.

	CU _h	CUC
Tipo i-wob2	94.18a	93.88a
Tipo R3030	94.48a	93.63a
Tipo Twister	93.81a	93.78a

Durante la realización de las mediciones pudimos aprender nuevos conceptos y soportes técnicos, como así también la importancia del relevamiento de datos, la elaboración de planillas de cálculos, la utilización de software estadísticos y cómo se lleva a cabo un trabajo en equipo, multidisciplinario, con planillas vinculadas y en línea.

Habiendo optado por uno de los modelos (Tipo i-wob2) para el riego del cultivo de sorgo, actualmente estamos preparando la calibración para la temporada 2024/25, con nuevas mediciones de coeficiente de uniformidad, sumando medidas de eficiencia de aplicación y calidad de riego, como también costo de bombeo, para hacer un uso racional del recurso agua. Las mediciones de CU se realizan a manera de calibración, previo al inicio de cada temporada, para corroborar el funcionamiento de los aspersores con la carta de aspersión según presiones de trabajo. Un sistema que opere con un coeficiente de uniformidad menor que el valor de diseño puede estar indicando emisores desgastados o rotos, o un mal funcionamiento general. También se realiza la calibración como parte de mantenimiento y se evalúa el CU ya que se puede cambiar el tipo de aspersor de acuerdo al cultivo a desarrollar.

Imágenes



Foto N°1: Identificación de los distintos tipos de sistemas de riego en Finca San Antonio, y en la parcela Experimental de Zootecnia y Granja.



Foto N°2: ejecución de las mediciones de los colectores para el cálculo de los coeficientes de uniformidad.



Foto N° 3: ejecución de las mediciones de los colectores para el cálculo de los coeficientes de uniformidad.



Foto N° 4: identificación y selección de los aspersores según carta de aspersión.

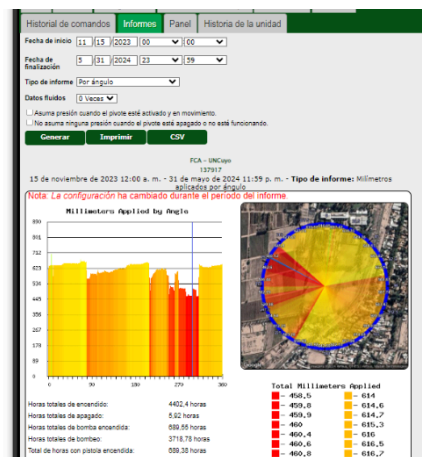


Foto N°5: Informe de la plataforma AGSENSE, de la campaña 2023/24 de riego en sorgo forrajero.

JÓVENES RURALES EN ACCIÓN POR EL CLIMA

Hidalgo Vanesa Gisel¹, Aguilera Regina Beatriz¹, Bernabé Esperanza¹, De la Vega Fabricio², Peralta Diego², Caruso Victoria², Espósito Buel Rocio², Gastino Alberto Ramón³, Nieto Andrés¹, Palomo Rodríguez Julieta Inés¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), ²Facultad de Arte y Diseño-Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), ³Escuela 4-035 Julia Silva de Cejas

vahidalgo@fca.uncu.edu.ar

Resumen Extendido

El cambio climático presenta un desafío global que afecta a varios sectores de la sociedad. En particular, los grupos más vulnerables, como los pequeños productores agrícolas y ambientales, sufren directamente sus consecuencias. En este contexto, surge la iniciativa de Práctica Social Educativa (PSE) denominada “Jóvenes Rurales en Acción por el Clima”. Las PSE son una herramienta pedagógica innovadora que facilita espacios integrales de formación profesional competitiva, según Rodríguez Echenique (2023), la integralidad educativa en América Latina fomenta ciudadanos críticos, reflexivos y socialmente preparados. Figura 1

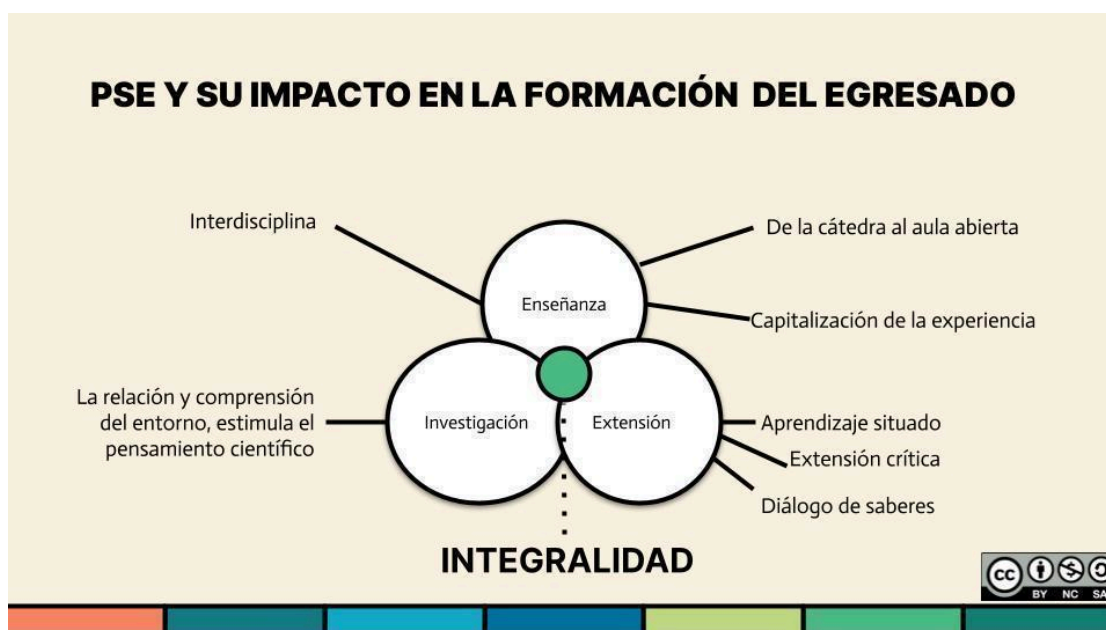


Figura 1- PSE y su impacto en la formación del egresado.

Concretamente, la PSE “Jóvenes Rurales en Acción por el Clima” se implementa en el marco de la quinta convocatoria del Programa de Prácticas Sociales Educativas dentro del Área de Articulación Social de la Secretaría de Extensión Universitaria aprobada con financiamiento bajo la Resolución 1009/2024 UNCuyo. Este esfuerzo es el resultado de la colaboración interdisciplinaria entre las Cátedras de Meteorología Agrícola y Extensión Rural de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo (FCA-UNCuyo), la Cátedra de Dibujo a Mano Alzada de la Facultad de Artes y Diseño (FAD-UNCuyo) y la Escuela Técnica Agrícola 4-035 Julia Silva de Cejas de Vista Flores, Tunuyán. Figura 2. La conformación de un equipo interdisciplinario combina mejor, la

enseñanza por disciplinas, que es la que predomina en las aulas, con la enseñanza por problemas, que surge cuando distintos actores combinan sus saberes específicos en un proceso interactivo orientado a la expansión de la cultura y a la utilización socialmente valiosa del conocimiento (Arocena et al., 2011).

Los objetivos principales incluyen establecer una red de colaboración entre jóvenes rurales y estudiantes universitarios, intercambiar conocimientos, experiencias y recursos sobre el cambio climático y sus impactos, y mostrar, evaluar y proporcionar comentarios sobre trabajos creativos y críticos relacionados con el Objetivo de Desarrollo Sostenible n°13 dedicado a la acción climática. Los resultados y los conocimientos educativos derivados de la PSE contribuyen a fortalecer el vínculo entre la Universidad y las comunidades rurales. El enfoque participativo y el intercambio de conocimientos permiten explorar los intrincados aspectos del cambio global, especialmente los que afectan a la propia comunidad. Según Arocena et al., (2011) la formación de nuestros estudiantes tendrá una mayor conexión con la realidad que está más allá de las aulas, vinculados con situaciones y sectores muy diversos. Durante la reunión inicial se analizaron temas clave como las prácticas perjudiciales de protección contra las heladas, la gestión sostenible del agua y la importancia de la Ley Provincial N° 7.722 para la comunidad de Vista Flores, Tunuyán.

Desde la perspectiva y vivencia de Rocío, estudiante de Diseño Industrial, las PSE dentro de su carrera permiten abordar y solucionar distintas problemáticas mediante la creatividad e innovación a través del intercambio de saberes. Por otro lado, Julieta, estudiante de Ingeniería en Recursos Naturales, destaca el intercambio de saberes y la horizontalidad que se experimentó con los actores sociales, docentes y estudiantes durante el encuentro. Además, Alberto, coordinador del área técnica de la escuela secundaria, comparte que estos espacios de articulación entre instituciones de distintos niveles educativos son valiosos tanto para los estudiantes universitarios como para los de secundaria. Los primeros pueden aplicar sus conocimientos en el desarrollo de actividades, mientras que los segundos reconocen la importancia del cambio climático en su vida cotidiana, una temática que no siempre se aborda de forma integral en las escuelas. Además, aprenden de la experiencia de otros jóvenes que han transitado un proceso de orientación vocacional en búsqueda de una carrera profesional.

Restan dos encuentros más para desarrollar de manera integral y conjunta entre estudiantes y docentes de la UNCuyo y de la escuela, una campaña de visualización relacionada con esta problemática reflexionada durante el primer encuentro.

En resumen, Jóvenes Rurales en Acción por el Clima, no solo tiene como objetivo fomentar la creación de conocimiento, sino también promover la acción climática como una vía hacia el desarrollo sostenible y la innovación. La colaboración entre los jóvenes de diferentes edades y vivencias son un elemento crucial para hacer frente a los desafíos climáticos y forjar un futuro más resiliente.



Figura 2- Equipo de trabajo PSE Jóvenes Rurales en Acción por el Clima.

Bibliografía

Arocena, R., Tomassino, H., Rodríguez, N., Sutz, J., Alvarea Pedroasian, E., & Romano, A. (2011). Integralidad: tensiones y perspectivas (Cuadernos de Extensión, Cuaderno n°1). Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM). Montevideo, Uruguay. <http://www.extension.edu.uy> . ISSN : 1688-8324.

Rodríguez Echenique, C. (2023). What we believe is imperative for education in Latin America. Education Journal, 12(2), 59-62. <https://doi.org/10.11648/j.edu.20231202.12>

TEORÍA EN ACCIÓN: EXPERIENCIA EN EL DESARROLLO DE CAPACIDADES PARA LA GIRH

Mendoza María Valeria¹, Mauro Epelbaum²

¹Subgerencia Centro Regional Andino - Instituto Nacional del Agua (SCRA-INA),

²Red Argentina de Capacitación y Fortalecimiento en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (Arg Cap-Net)

mmendoza@ina.gob.ar

Introducción

Desde 1980, el Instituto Nacional del Agua-Subgerencia Centro Regional Andino (INA-SCRA) realiza investigaciones, brinda asistencia técnica y capacitación en GIRH. Todas estas acciones contemplan instancias de evaluación de su proceso e impacto.

Las acciones de desarrollo de capacidades llevadas a cabo por el INA-SCRA han resultado en cambios significativos y tangibles, tales como:

- **Prácticas de Gestión del Agua:** Los participantes han implementado nuevas prácticas de gestión del agua basadas en el conocimiento adquirido, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de los recursos hídricos.
- **Fortalecimiento Institucional:** Las instituciones involucradas han fortalecido sus capacidades técnicas y operativas permitiendo una mejor planificación y ejecución de políticas hídricas.
- **Colaboración y Redes:** Ha habido un aumento en la colaboración interinstitucional y la formación de redes de intercambio de conocimientos, fomentando un enfoque más coordinado y holístico en la gestión del agua.

En este trabajo se presenta una experiencia concreta del impacto de estas actividades de desarrollo de capacidades donde, aprovechando el conocimiento existente y canalizando los esfuerzos hacia la resolución de problemas, existieron cambios prácticos y sostenibles en la gestión de recursos hídricos.

Marco Referencial de Estudio

Es un hecho indiscutido que la ocupación del territorio ha estado vinculada a la disponibilidad del agua y a las condiciones en que ésta se presenta. Si bien históricamente, las personas se han asentado junto a los ríos y cauces hídricos naturales existentes, en particular, en las zonas áridas, el crecimiento de las poblaciones ha estado siempre asociado al desarrollo de la infraestructura hídrica que permitiera la captación y distribución del agua. Esto muestra que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) involucra la planificación y ordenamiento del uso del suelo y viceversa.

En este sentido, en el año 2020, dentro del Plan de Actividades de Arg Cap-Net, el INA-SCRA desarrolló el Curso on-line “Agua como recurso estratégico para el Ordenamiento Territorial” con conocimientos actualizados en materia de ordenamiento territorial (OT) y su articulación con la GIRH tomando como base la experiencia de la provincia de Mendoza.

Daniel Pelaez: Una Historia de Compromiso y Visión

Antecedentes

El Proyecto Integral de Saneamiento del Arroyo Esquel en Chubut, Argentina, tenía como objetivo mitigar los riesgos hídricos y ambientales mediante la organización del cauce del río y la construcción de presas de retención. Iniciado en 2005/2006, con esfuerzos significativos entre 2010 y 2014, el proyecto sigue incompleto, especialmente en lo que respecta al mantenimiento. Esta falta de mantenimiento afecta la funcionalidad hidráulica e hidrológica del cauce y la microcuenca, dando lugar a problemas significativos de sobrecrecimiento de plantas.

Perfil del participante

Daniel Pelaez es ingeniero hidráulico, docente-investigador de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Él participó del Curso referenciado y destacó tres conocimientos críticos:

- **Utilización del Espacio Recreativo:** Reconociendo el potencial de los proyectos de saneamiento para servir a propósitos duales, incluyendo usos recreativos.
- **Integración de Áreas Urbanas y Rurales:** Enfatizando la necesidad de integrar áreas urbanas con regiones periurbanas y rurales para un desarrollo holístico.
- **Participación Comunitaria:** Comprendiendo la importancia de involucrar a la comunidad y aprendiendo de ejemplos exitosos de iniciativas impulsadas por la comunidad.

Desafíos e Iniciativas

En 2021, impulsado por sus preocupaciones sobre la falta de mantenimiento, Daniel y su equipo presentaron un informe técnico al Municipio de Esquel y al Instituto Provincial del Agua destacando los problemas de abandono en el mantenimiento, limpieza y restauración del arroyo Esquel.

Se lograron algunos avances que representan un primer paso crucial en el mantenimiento y la facilitación del flujo despejado del cauce. Los esfuerzos de limpieza y mantenimiento también han contribuido a mejorar la usabilidad del espacio, creando áreas recreativas valiosas para la comunidad y fomentando un ambiente vibrante para expresiones artísticas y culturales.



Abril de 2021 – Cauce principal sin mantenimiento



Diciembre de 2023 – Cauce principal limpio

Citas Claves de Daniel Pelaez

- **Sobre la necesidad de mantenimiento:** "Independientemente de la obra proyectada, si no hay un mantenimiento acorde, éstas dejan de cumplir su función o, por lo menos, se ven mermadas. En este caso, tener la obra pero no tener un mantenimiento adecuado afecta el funcionamiento hidráulico, hidrológico del cauce y de la microcuenca."
- **Sobre el progreso en Esquel:** "Si bien es un largo camino, existe una mejora en el mantenimiento y sistematización del cauce urbano y suburbano en Esquel."
- **Sobre el rol de los actores sociales:** "Los actores sociales tienen un rol muy importante y preponderante, y lo que no se da muchas veces es esa relación entre los que gobiernan, ya sea a nivel provincial o municipal, y la comunidad, ya sea en forma individual, a través de grupos, ONGs o diversas instituciones. Es la base de la planificación territorial."

CREANDO VALOR EN LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO: EL CASO DE LA ESCUELA DE OFICIOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Ander Egg, Guillermo; Estrella Orrego, Maria Jimena ; Martin, David; Giaccaglia, Rocio; Balacco, María Sol

¹Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo)

ganderegg@fca.uncu.edu.ar

La necesidad de incorporar nuevas tecnologías, optimizar procesos, fortalecer oficios tradicionales, incorporar nuevos perfiles y adaptarse a las demandas del mercado global exige una fuerza laboral capacitada y actualizada. El sector agroindustrial en Mendoza emplea a más de 100.000 personas (INDEC, 2018), con predominancia de mano de obra rural. No obstante, el Instituto de Desarrollo Rural de Mendoza indica que hay bajos niveles de educación y capacitación en áreas clave como la gestión del agua, la tecnificación de maquinarias agrícolas, la recuperación de oficios tradicionales y el uso de nuevas tecnologías. Esto presenta el desafío de que tanto los responsables del riego como los operarios y responsables de tareas agrícolas desarrollen nuevos conocimientos y competencias.

En este contexto, la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO) ha creado una Escuela de Oficios, como espacio de formación para fortalecer la empleabilidad y actualización laboral de la comunidad, respondiendo a las necesidades del sector socio-productivo. La Escuela de Oficios ofrece cursos prácticos y actualizados en gestión del recurso hídrico, tecnificación de maquinarias agrícolas, recuperación de oficios tradicionales y utilización de nuevas tecnologías, con el objetivo de mejorar la eficiencia de los procesos, la productividad del sector y la sostenibilidad del uso de los recursos. La iniciativa ha tenido una aceptación favorable por parte de la comunidad, evidenciando la necesidad de formación práctica en el sector agropecuario. Sin embargo, para garantizar la eficiencia y la sostenibilidad de este programa, es crucial evaluar su impacto, identificar áreas de mejora y proponer estrategias para optimizar su funcionamiento.

La Escuela de Oficios de la FCA, de acuerdo a la Ordenanza N° 001/2022 y ratificada por Resolución del Consejo Directivo 034/2023-D que establece su marco legal, tiene como objetivos, entre otros: (a) Ofrecer una gama amplia de cursos que respondan a las necesidades del sector agroindustrial; (b) Implementar un sistema de certificación de competencias laborales que reconozca y valide los conocimientos y habilidades adquiridos por los participantes, independientemente de su trayectoria académica formal; (c) Establecer alianzas estratégicas con empresas, asociaciones de productores, cooperativas y otras instituciones del sector agroindustrial para garantizar la pertinencia de la formación y la empleabilidad de los participantes y (d) Fomentar la participación activa de diferentes actores de la comunidad en los cursos de la Escuela de Oficios, asegurando la inclusión y el acceso a la formación para todos los interesados.

Los sujetos destinatarios de la Escuela son jóvenes y adultos/as que no cuentan con formación técnica o universitaria pero que poseen conocimientos prácticos y necesitan mejorar la calidad de su trabajo y sus condiciones de empleabilidad.

Esta Escuela de Oficios se orienta a necesidades concretas del sector socio-productivo, en base a un diálogo permanente con actores públicos y privados del territorio. Este diálogo se traduce en la identificación de las temáticas relevantes y su público específico y también en el diseño de los

programas formativos, en términos de contenido, metodología de dictado y de evaluación. Este enfoque colaborativo garantiza la pertinencia e impacto de la formación, ponderando los saberes y trayectorias de sujetos con saberes técnicos científicos.

Desde su creación, la Escuela de Oficios ha cosechado un éxito inicial significativo. Específicamente relacionada con el recurso hídrico se han realizado dos formaciones: gestión del recurso hídrico y riego por goteo. En el primer caso la formación se ha realizado a pedido y en conjunto con el Departamento General de Irrigación. En el segundo caso se ha realizado para una empresa privada de referencia en la instalación de sistemas de riego presurizado. Entre ambas escuelas de oficios, se alcanzó un total de 205 participantes. Estos participantes, de diferentes niveles educativos, provenían del Oasis Centro, Valle de Uco y Oasis Sur de la provincia. En total se dictaron más de 110 horas de trabajo teórico-práctico tanto en aulas como en fincas e instalaciones productivas. Las dos propuestas formativas estuvieron lideradas por la Cátedra de Hidrología Agrícola y acompañadas por la Secretaría de Vinculación.

El primer curso "Gestión Integrada del Recurso Hídrico: aspectos legales, oferta, demanda, distribución" realizado en conjunto con el Departamento General de Irrigación (DGI) en las cuencas del Río Mendoza, Río Diamante y Tunuyán Superior y Río Atuel estuvo dirigido a inspectores de cauces y tomeros. Se abordaron las temáticas de oferta de agua, demanda y distribución. La iniciativa procura la formación en aspectos claves para la gestión del agua de riego, con fuerte contenido práctico. La propuesta estuvo compuesta de tres jornadas con el objetivo de entender el marco institucional de la gestión del agua en Mendoza, abordar temas legales que influyen en la gestión del recurso hídrico y comprender la oferta del agua y su transformación en un plan de erogación.

El segundo curso "Introducción al riego por goteo: instalación, operación y mantenimiento" se realizó en las aulas de la FCA y las instalaciones de la empresa privada. Estuvo dirigido a instaladores de sistemas de riego. El curso abarcó la instalación, operación y mantenimiento de sistemas de riego por goteo, cubriendo temas como componentes de riego, emisores, tuberías, válvulas, caudalímetros, sistemas de fertilización, filtrado, elementos de control y protección, bombas y automatización, succión de bombeo, represas, desarenadores, lectura de planos de riego y análisis de indicadores de desempeño. También incluyó análisis de casos y recomendaciones para optimizar el funcionamiento de los equipos de riego.

Estas estrategias de formación fortalecieron, por un lado, oficios arraigados en la cultura del manejo del agua, como los inspectores de cauce y los tomeros, quienes son los primeros encargados de la administración del agua en cada oasis. Estos sujetos son claves debido a su profundo conocimiento de la zona, su geografía y sus características naturales, ya que suelen ser personas oriundas del lugar. Además, se comunican de manera continua con contratistas, encargados, administradores o dueños de las fincas, compartiendo con ellos experiencias particulares. Por otro lado, la Escuela de Oficios aportó a la formación de nuevos oficios, como los instaladores de sistemas de riego. Su importancia radica en su capacidad para garantizar la eficiencia hídrica, crucial en áreas con escasez de agua como Mendoza y de esta manera mejorar la productividad agrícola mediante una correcta instalación y mantenimiento.

Para finalizar, estos cursos de la Escuela de Oficios orientados al recurso hídrico han demostrado ser una iniciativa valiosa para fortalecer la formación profesional. La alta satisfacción de los participantes con la calidad de la enseñanza, la organización y la pertinencia de los contenidos valida el impacto positivo del programa. Sin embargo, el análisis de las encuestas ha permitido identificar áreas de mejora cruciales para optimizar la experiencia de aprendizaje y el impacto de la iniciativa. Facilitar el acceso a recursos prácticos, aumentar la frecuencia de los cursos, brindar información complementaria online, flexibilizar la programación y ampliar el alcance a diferentes

actores del sector son acciones fundamentales para consolidar el éxito de la Escuela de Oficios y convertirla en un referente de la formación profesional en el sector agroindustrial de Mendoza.

TRANSFORMACIÓN PROFESIONAL: LA NUEVA MAESTRÍA EN RIEGO Y DRENAJE

Cónsoli Daniela¹, Rodrigo López Plantey¹, Lipinski Víctor¹, Filippini María Flavia¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, Argentina

dconsoli@fca.uncu.edu.ar

La Maestría en Riego y Drenaje (MRyD) ofrecida por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo (FCA-UNCUYO), con la colaboración del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional del Agua (INA), ha experimentado en el último llamado a acreditación un cambio significativo en su orientación, pasando de ser una maestría académica a una profesional. Este cambio, impulsado por la necesidad de adaptar la formación a las demandas del mercado y de la práctica profesional, busca proporcionar a los estudiantes no solo un conocimiento teórico robusto, sino también habilidades y competencias directamente aplicables en el ámbito laboral. La transformación se alinea con la Resolución Ministerial 160/11, que define que una Maestría Profesional debe ofrecer una formación avanzada enfocada en el desarrollo de competencias profesionales específicas. Por ello se indica que este tipo de estudio profundiza el conocimiento teórico, metodológico, tecnológico y de gestión de una disciplina, área interdisciplinaria o campo profesional de uno o más profesiones. Las Maestrías Profesionales vinculan específicamente con el fortalecimiento y consolidación de competencias propias de una profesión o un campo de aplicación profesional. En la formación se profundizan competencias en vinculación con marcos teóricos disciplinares o multidisciplinares que amplían y cualifican las capacidades de desempeño en un campo de acción profesional y el trabajo final de una Maestría Profesional es un proyecto, un estudio de casos o una Tesis que dan cuenta de una aplicación innovadora o producción personal que, sostenida en marcos teóricos, evidencian resolución de problemáticas complejas, propuestas de mejora, desarrollo analítico de casos reales y que estén acompañadas de un informe escrito que sistematiza el avance realizado a lo largo del trabajo.

Una de las principales diferencias entre una maestría académica y una profesional radica en el enfoque del trabajo final. En la maestría académica, este consiste en una tesis que contribuye al conocimiento científico del campo. En contraste, en la maestría profesional, el trabajo final puede ser un proyecto, un estudio de caso o una tesis aplicada, enfocada en la resolución de problemas prácticos y la implementación de innovaciones dentro del ámbito profesional. Este enfoque no solo acerca a los estudiantes a las necesidades del mercado laboral, sino que también permite una interacción más estrecha con empresas y profesionales independientes, ampliando el horizonte más allá de los fines académicos tradicionales.

La MRyD presenta como objetivos generales: A)-Formar recursos humanos con alto nivel académico, para que puedan desempeñarse en: el ejercicio libre de la profesión, la gestión, la extensión, la docencia y la investigación en el campo de la ingeniería en Riego y Drenaje. B)-Promover el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología al más alto nivel en el campo de la ingeniería en Riego y Drenaje, orientado a identificar problemas, generar conocimientos, crear y aplicar tecnologías y a encontrar soluciones que aseguren un uso racional y sustentable del recurso hídrico. C)-Brindar a los profesionales la posibilidad de acceder a una educación continua, a fin de mejorar su capacitación sobre temas de actualidad. D)-Favorecer a través del intercambio, la formación de recursos humanos y el conocimiento de los avances producidos en la ingeniería de Riego y Drenaje, con otras universidades, institutos, centros de investigación y empresas del ámbito privado, de modo de propender a una complementación interinstitucional a nivel nacional e internacional.

La Maestría en Riego y Drenaje es una carrera presencial, que ofrece la posibilidad de ser cursada mediante presencialidad mediada remota y asistiendo físicamente a un bloque de prácticas presenciales. Posee un Plan de Estudio que semiestructurado, ya que cuenta con espacios curriculares obligatorios y optativos. La carga horaria total es de 750 horas, de las cuales 495 son obligatorias, 210 optativas y 45 se completan mediante la participación en tareas académicas complementarias. La duración total del programa es de 24 meses, con un año adicional para la presentación del trabajo final de Maestría. El título que otorga es: Magíster en Riego y Drenaje. La carrera fue acreditada por la CONEAU, recibiendo en 2022 la Categoría máxima: "A" (Resolución N° 212/2022).

El trabajo final de Maestría tiene como propósito describir, informar y explicar un descubrimiento, proponer una innovación, desarrollar una idea, una obra, un proyecto profesional o presentar el resultado de una investigación realizada por el maestrando. Este trabajo puede adoptar la forma de un proyecto, un estudio de caso o una tesis aplicada que evidencie la resolución de problemáticas complejas y propuestas de mejora. (sección 3.c del reglamento de MRyD)

Un aspecto destacado de la MRyD es la posibilidad de articulación con otras carreras de posgrado ofrecidas por la FCA-UNCUYO, que tienen una menor exigencia horaria y de créditos, pero la aprobación de los mismos es reconocida en gran parte si se continúa con la carrera de MRyD: Especialización en Riego y Drenaje (18 créditos obligatorios y 6 optativos que contemplan 360 Hs y un Trabajo Integrador que puede ser una monografía que profundice un tema o el desarrollo de un proyecto de que resuelva un problema concreto) y la Diplomatura de Posgrado en Riego (12 créditos obligatorios y 2 optativos que contemplan 210 Hs).

Según el artículo 39 bis de la Ley N° 24.521 de Educación Superior, para acceder a la formación de posgrado, el postulante debe contar con un título universitario de grado o de nivel superior no universitario de cuatro años de duración como mínimo. En casos excepcionales, los postulantes que no cumplan con estos requisitos podrán ser admitidos si demuestran que poseen una preparación y experiencia laboral acorde con los estudios de posgrado que desean iniciar.

En resumen, puede indicarse que los principales cambios en la MRyD de la FCA-UNCUYO se han enfocado en ofrecer la posibilidad de presentar un trabajo final en forma de proyecto, estudio de caso o tesis aplicada, en lugar de una tesis académica tradicional. Además, se han incorporado nuevas áreas temáticas en los espacios curriculares, incluyendo ciencias blandas como "Gestión del Personal", y se ha estructurado la cursada de manera continua con un término fijo, mejorando así la planificación y la gestión del tiempo para los estudiantes. También se brinda la posibilidad de cursar mediante presencialidad mediada por tecnología, posibilitando la participación de estudiantes y docentes de otros lugares.

Como conclusión, la transformación de la MRyD hacia una orientación profesional responde a la necesidad de formar profesionales capacitados para enfrentar los desafíos actuales en el campo de la ingeniería en Riego y Drenaje. Esta nueva estructura no solo profundiza en el conocimiento teórico y metodológico, sino que también fortalece las competencias prácticas y de gestión necesarias para el desempeño eficiente en el ámbito profesional. Con un enfoque en la resolución de problemas reales y la innovación, la MRyD se posiciona como una opción educativa de excelencia que contribuye al desarrollo sostenible del recurso hídrico y al avance tecnológico en el plano regional, nacional e internacional.

HACIA UN ANÁLISIS INTEGRAL DEL REÚSO DE ENFLUENTES TRATADOS. HUELLA HÍDRICA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL ACRE CAMPO ESPEJO EN MENDOZA, ARGENTINA

Kelleher, William Patrick^{1,2}; Junges, Melina³; del Barrio, Lucía²; Pérez, Martín²; van den Bosch, María²; Riera, F. Sebastián^{2,3}

¹Fulbright Commission, ²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ³Fac. de Cs. Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo (FCA-UNCuyo)

kelleher.willp@gmail.com; riera.sebastianfelix@inta.gob.ar

Introducción

La provincia de Mendoza desempeña un papel fundamental como actor clave en los sistemas de riego en la economía agrícola de Argentina, ya que posee el sistema de riego más grande del país y proporciona productos agrícolas a quienes viven en todo el país. Debido al clima semiárido de la región y a la creciente escasez de agua, la reutilización de aguas residuales tratadas de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se ha convertido en un punto focal para maximizar la eficiencia en el uso del agua y la sostenibilidad de la producción agrícola.

Los beneficios del reuso de aguas residuales son múltiples: se garantiza la disponibilidad del recurso hídrico para los agricultores; se aporta materia orgánica al suelo; y nos direcciona hacia una producción agrícola sostenible. Es preciso una gestión adecuada para maximizar dichos aspectos y garantizar la seguridad alimentaria de las poblaciones, así como también de las comunidades asentadas en zonas de ACREs (Áreas de Cultivos Restringidos Especiales).

Este proyecto de investigación proporciona un marco interdisciplinario para la transición de las PTAR a instalaciones de recuperación de recursos hídricos (WRRF, por sus siglas en inglés), promoviendo prácticas de gestión sostenible de recursos y el desarrollo socioeconómico en Mendoza. Este marco propuesto es adecuado y replicable en varias áreas de riego restringido con aguas residuales tratadas en toda la Provincia, así como de otras zonas características similares en ambientes semiáridos.

El estudio utilizó la perspectiva de los servicios ecosistémicos y los aspectos sociales integrados para evaluar los impactos ambientales y sociales de la reutilización de aguas residuales tratadas en pequeñas explotaciones familiares en la región de Campo Espejo, Mendoza. Estas fincas producen una variedad de productos agrícolas en una superficie estimada de 1.419 ha, entre los que se incluyen uvas para vinificar, hortalizas, pasturas, entre otros.

Se avanzó en la cuantificación de la huella hídrica (HH) de los productos agrícolas cultivados con agua reutilizada, analizando la eficiencia y sostenibilidad del uso del agua en la producción de cultivos. Además, al emplear el concepto de servicios ecosistémicos, evalúa cómo la reutilización de aguas residuales tratadas contribuye a la provisión de éstos, como la fertilidad del suelo, la productividad de los cultivos y la conservación de la biodiversidad. Específicamente, para evaluar el servicio ecosistémico de producción de alimentos, se lleva a cabo el cálculo del Índice de Producción Potencial de Alimentos (IPPA), propuesto por Del Barrio y D'Amario (2020). El índice considera diversas condiciones biofísicas referidas al suelo y al agua, permitiendo indicar potencialidades y/o limitaciones para la producción de alimentos, existentes en el área de estudio.

Objetivos

Este estudio pretende describir los sistemas productivos del ACRE Campo Espejo. El abordaje del servicio ecosistémico del potencial de producción de alimentos y la estimación preliminar de la Huella Hídrica del área delimitada.

Materiales y métodos

En primera instancia se realiza revisión bibliográfica y de otros recursos proporcionados por de la Sociedad Anónima de Agua y Saneamiento de Mendoza (AySAM S.A.) y el mapa de cobertura del Departamento General de Irrigación (DGI).

A partir de datos de fuentes secundarias, se llevan a cabo los siguientes pasos para el cálculo del IPPA (del Barrio & D'Amario, 2020):

1. Selección de indicadores representativos según las condiciones locales.
2. Estimación de los indicadores de cada dimensión.
3. Normalización y mapeo de los valores obtenidos para cada indicador.
4. Cálculo y mapeo del IPPA.

Respecto a la HH, mapa de cobertura, cuantificación y caracterización de las parcelas productivas, estimación de la percolación entre PTAR y Campo Espejo, estimación del requerimiento hídrico de los cultivos. Para

Respecto al cálculo de la HH, primero se calculó la cantidad de agua que llega al ACRE utilizando el volumen de descarga mensual según AySAM. Una encuesta de suelos hecha en la región en 2005 indicó que el tipo de suelo predominante en la zona del ACRE es franco arenoso. Se calculó la percolación estimada usando una tasa de infiltración de 2.4 metros/día para franco arenoso del USDA (United States Department of Agriculture)(Wischmeir et al 1978). También se calculó la evapotranspiración teórica (ET) usando la fórmula Hargreaves y Samani (1985) y coeficientes correspondientes (Allen y otros, 2006). Con ese valor, se calculó el volumen total estimado según la superficie total estimada según se detalla a continuación.

Resultados

A partir del mapa de cobertura y tipo de explotaciones se identificaron 13 modelos productivos. Considerando los cultivos principales y descartando cobertura natural de suelo se estima que dentro del ACRE Campo Espejo hay 1.419 ha productivas activas.

Cultivo principal	Hortícola	Vitícola	Olivo	Pasturas
Superficie	504.428	387.06	36.776	490.77

Tabla 1. Estimación de superficie productiva.

Según las características biofísicas de la zona de estudio, los indicadores se seleccionaron en base a tres dimensiones: Calidad del suelo; Freática; Disponibilidad y calidad de agua; se consideró homogénea en toda la zona ya que esta es irrigada desde la PTAR de manera equitativa. Luego de la estimación y normalización de los valores de cada indicador, se obtuvieron los valores de IPPA correspondiente a la zona de estudio y su representación cartográfica.

Para el cálculo de la HH se obtuvieron los datos de evapotranspiración de los principales cultivos de la región en base a imágenes satelitales y mapa de cobertura.

Categoría	Caudal de salida PTAR	Percolación antes de llegar al ACRE	ET cultivos
Valor estimado por año (hm ³)	38.079	11.032	34.705

Tabla 2. Estimación de ET de referencia.

Conclusiones y recomendaciones

De los resultados obtenidos se interpreta que el área de estudio Campo Espejo presenta buena potencialidad para la producción de alimentos, evidenciando una heterogeneidad en los valores de CE, aptitud de suelo y profundidad del perfil.

El recurso hídrico es determinante en esos resultados, en principio por su disponibilidad, y porque aumenta la fertilidad al aportar muchos nutrientes. Sin embargo, es de relevancia evaluar las prácticas de riego, pudiendo estas incidir en la salinidad de los suelos. A su vez, la eficiencia de conducción y aplicación del recurso hídrico podrían influir en la recarga y elevación de la freática, generando problemas asociados a la salinidad.

Con los consecuentes estudios de Huella Hídrica y Análisis de Ciclo de Vida Social, se integrará las esferas ambiental, social y económica, para promover la gestión sostenible del agua y el desarrollo agrícola en Campo Espejo. Al identificar oportunidades para minimizar los impactos ambientales, optimizar la eficiencia del uso del agua, y mejorar la participación de las partes interesadas, la investigación tiene como objetivo valorizar el reúso de efluentes tratados e informar a los decisores de la política hídrica y agroproductiva sobre sus implicancias ambientales y la gestión de los ecosistemas.

Bibliografía

Allen, G. R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Estudio FAO Riego y drenaje 56. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Serie Cuadernos Técnicos. Roma, Italia. FAO, 21.

Conti, M. (2000). Principios de Edafología con énfasis en suelos argentinos. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Buenos Aires. 2da edición, 431 pp. Argentina.

Del Barrio, Lucía y D'Amario, María Julieta (2020). Servicio ecosistémico producción de alimentos en áreas periurbanas. Una aplicación en el cinturón verde de Mendoza, Argentina. En Proyección: estudios geográficos y de ordenamiento territorial. Vol. XIV, (27). ISSN 1852-0006, (pp.216 - 234). Instituto CIFOT, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

Cuneo, Guillermo, J Ferrer, A Laudadio, N Ortiz, M Roselló, and Juan Gustavo Satlari. 2016. "Eficiencia de conducción en la cuenca del río Mendoza." 2008. Vol. 8. Mendoza: Departamento General de Irrigación.

DGI. 2016. "Balance Hídrico. Río Mendoza." Mendoza, Argentina: Departamento General de Irrigación.

———. 2020. "Balance Hídrico. Río Mendoza. Actual y Proyecciones." Mendoza: Departamento General de Irrigación.

Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1(2), 96-99.

Plataforma COVIAR. Caracterización físico-ambiental regiones vitivinícolas argentina. Disponible en: <https://apps-caracterizacion-fisico-ambiental-coviar.hub.arcgis.com/>

Wischmeir, W H., and Smith, D.D., (1978), "Predicting rainfall erosion losses" A guide to conservation planning, USDA Agric. Handbook No. 53.

CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA CON FUENTES DE DATOS SECUNDARIAS. EL CASO DE CAMPO ESPEJO, MENDOZA

Ayende Marcos¹, Winter Patricia², Gennari Alejandro², Riera F. Sebastián^{2,3}

¹Facultad de Ciencias Económicas – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo),

²Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo),

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

riera.sebastianfelix@inta.gob.ar

Introducción

El estudio de la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs) es de gran importancia por varias razones. En primer lugar, el agua es un recurso limitado, esencial para la vida y el desarrollo humano. A medida que la población mundial continúa creciendo, la urbanización se intensifica, la demanda de agua limpia y potable aumenta significativamente, lo que hace que sea cada vez más importante asegurar que se utilice de manera eficiente y se trate adecuadamente antes de ser liberada de nuevo al medio ambiente. La presente investigación emplea un enfoque cuantitativo con el objetivo de poder determinar (en caso de ser posible) las causas de la eficiencia/ineficiencia de las PTARS de Mendoza durante el período 2010-2021.

Objetivos

El objetivo de la investigación es determinar la eficiencia técnica de las plantas de tratamiento de Mendoza durante el período 2010-2021. El análisis de los determinantes es prioritario para cuantificar los factores que contraen el desempeño productivo de los establecimientos en el tratamiento de efluentes.

Materiales y métodos

Surge la necesidad de aplicar técnicas econométricas para alcanzar una estimación adecuada de eficiencia, desde modelos paramétricos hasta no paramétricos. El tipo de abordaje metodológico es cuantitativo. Sin embargo, no se pasa por alto el análisis descriptivo de las variables cualitativas que representan el estado actual de las plantas de tratamiento. Para el armado de la base de datos primarios se realizaron simulaciones en el software "Poseidón", teniendo como insumo, datos secundarios provenientes de diversas fuentes, Agua y Saneamiento Mendoza (AySAM), Ente Provincial Regulador Eléctrico (EPRE), entre otras. Para el análisis econométrico se tomaron modelos de Stochastic Frontier Analysis (SFA) para datos de panel, tomando en cuenta el impacto del paso del tiempo en la eficiencia, además del modelo no paramétrico Data Envelopment Analysis (DEA).

Este enfoque seleccionado se ve reflejado mediante el uso de métodos econométricos los cuales permiten definir si existe relación o no, entre las variables en cuestión. Teniendo en cuenta que uno de los objetivos específicos es determinar cuál es la mejor metodología para la unidad de análisis sobre la cual se lleva a cabo la investigación.

Esta información se encuentra en formato de datos de panel, ya que se encuentra diferenciada por año y por planta de tratamiento, la cual es recolectada a partir de instrumentos que miden la cantidad agua de entrada y salida de las plantas. Los otros tres datos considerados para la estimación son:

- i. Precio del kWh, el cual es publicado por el EPRE a medida que realiza actualizaciones de las tarifas. Para el caso particular de los que nos compete, se optó por tomar el último cuadro tarifario de cada año
- ii. Precio de la mano de obra que, debido a las dificultades para obtener una base de datos consistente, se decidió por trabajar con el salario promedio en dólares entre todas las categorías de trabajadores en el sector de agua y saneamiento para el año 2021 (INDEC 2022).
- iii. Entre los datos secundarios cuantitativos se encuentra la calidad del agua, información que se obtuvo por medio de AySAM, ya que estos se recolectan a través de estudios periódicos.

Resultados

Tal como describe C. Kumbhakar et al. (2017), SFA es un enfoque entre dos suposiciones extremas, por un lado, la inexistencia de ineficiencia por parte de la empresa (en este caso PTAR) como el caso clásico y el otro extremo donde se asume que todo desvío es respecto a la frontera de producción y nada se debe a desvíos aleatorios. No considerar la posible ineficiencia podría ser crítico tanto para conclusiones cuantitativas como cualitativas, y quizás más importante aún, para las implicaciones políticas resultantes. Resulta importante recalcar que por el momento el modelo al cual se hace referencia es de corte transversal, por esto mismo el subíndice es i .

Usando la notación convencional, el modelo define de la siguiente forma: $y_i = m x_i; \beta_-$ $i + v_i = m x_i; \beta_+$

Dónde $m x_i; \beta_-$: Frontera de producción. Siendo x_i el vector de insumos y los parámetros asociados. Podemos observar que la principal diferencia con un modelo de regresión convencional es que el termino error (i) se encuentra separado en dos componentes, i y v_i respectivamente. Estos capturan la disminución respecto al máximo dictado por la tecnología de producción, mientras que el segundo incorpora los shocks estocásticos.

Tabla 1. Valores de eficiencia individuales invariantes en el tiempo

PTARs	Eficiencia
Campo Espejo	92,9%
Costa Araujo	28,7%
Junín	11,4%
Palmira	32,9%
Paramillo	90,0%
San Martín	88,1%
San Rafael	94,1%
Tunuyán	29,3%

Tabla 2. Estimación considerando cambio tecnológico y efecto del tiempo

Variable	Estimate	Std_Error	z_value	Pr_gt_z
Intercepto	9.87	0.27	36.09	< 2.2e-16
log(kwh_year)	-0.08	0.01	-6.27	3.59E-10
log(ph_y)	0.78	0.03	24.12	< 2.2e-16
mYear	0.00	0.01	-0.18	0.8592
sigmaSq	0.94	0.48	1.95	0.0508
gamma	0.99	0.00	209.64	< 2.2e-16
time	0.02	0.00	4.11	3.94E-05
log likelihood value				52.00
mean efficiency				0.59

A partir del presente trabajo se pudo plasmar el bajo nivel de eficiencia de las PTARs en Mendoza y no solo desde un aspecto cualitativo como fueron las respectivas visitas. Los resultados indican que las plantas de Junín, Tunuyán y Palmira son las que necesitan de un mayor mantenimiento y nivel de atención teniendo niveles de eficiencia inferiores al 50%. La falta de ampliación ha dificultado cada vez más el nivel de tratamiento en parte por el crecimiento de la población y por ende del efluente. La excesiva acumulación de lodos afecta no solo a la cantidad de agua que pueden ingresar a las lagunas sino también a la en la remoción de agentes bacteriológicos y patógenos. Una menor calidad del efluente de salida conlleva a mayores gastos en hipoclorito para poder matar aquellos residuos todavía persistentes afectando a los cultivos que se riegan con agua de reúso.

Conclusiones y recomendaciones

Tal como se mencionó en los antecedentes, una de las formas de llevar a cabo el análisis es poniendo el foco en la eficiencia de la remoción de químicos, pero dada la escasez de datos no fue posible analizarlo, sin duda alguna es un punto para tener en cuenta en el futuro. Con respecto a las plantas con mejor desempeño aún tienen muchos desafíos por superar, ya que parte de sus resultados de eficiencia se deben al cómo se obtienen las estimaciones paramétricas y no paramétricas. Por lo tanto, no hay que tomar un rol pasivo con respecto a lo que queda por hacer en materia de remoción de lodo y ampliación de plantas.

Si vemos el caso de San Rafael resulta clara la caída en la eficiencia del 2018 debido a la transición hacia un nuevo treatment train (lagunas facultativas a lagunas aireadas) a partir de ahí se comienza a recuperar rápidamente con respecto al año base, sin embargo, queda esperar si este cambio de tecnología resulta positivo o no. Las lagunas aireadas demandan una gran cantidad de energía y se mostró que la diferencia entre el consumo de una tecnología y otra es muy grande llegando a superar por mucho el Campo Espejo y Paramillo que son las que más efluente reciben. De forma lógica el mayor consumo de kwh viene acompañado de un alto gasto en electricidad, requiere un mayor nivel de empleados y de gastos de operación y mantenimiento, pudiendo afectar seriamente la eficiencia económica de AySAM.

Las estimaciones de SFA nos llevan a que estaría existiendo un gasto excesivo de energía siendo que la mayoría de estas no necesitan grandes cantidades de kwh energía para funcionar, incluso

afectando negativamente. Este es un punto sobre el cual se podría replantear el diseño/ampliación de futuras PTARs.

Bibliografía

INDEC (2022). Índice de salarios. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Kumbhakar, S. C., y Dua, P. (2017). Benchmarking for performance evaluation. Springer.

Consoli, Daniela

Expo agua y producción sostenible : VIII Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego : resúmenes extendidos / Daniela Consoli ; Compilación de María Jimena Estrella Orrego ; Daniela Consoli. - 1a ed. - Mendoza : Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-575-274-0

1. Agua. 2. Producción. 3. Riego. I. Estrella Orrego, María Jimena, comp. II. Consoli, Daniela, comp. III. Título.

CDD 623.751



EXPO AGUA
Y PRODUCCIÓN SUSTENTABLE