

Manejo de riego localizado en cultivo de arándano para la región de Concordia (Entre Ríos)

G Camussi¹, RP Marano¹, J Valiente² y G Carlazara³.

1. Facultad de Ciencias Agrarias – UNL, 2. Agencia de Extensión INTA Colón – ER,
3. Asesor privado.

Autor de contacto: German Camussi germanfcamussi@yahoo.com.ar

RESUMEN

La plantación comercial de arándano (*Vacciniumcorymbosium L.*) fue introducida en la Argentina a fines de la década de los ´80. En la región ubicada en la margen derecha del río Uruguay (Entre Ríos) este cultivo tuvo un gran desarrollo en la década pasada, apoyado por las condiciones agroecológicas excepcionales y la tradición frutícola de la zona. Debido a los rigurosos criterios de calidad que necesita la fruta para ser exportada (principal destino), se aplica un conjunto de tecnologías de punta, entre ellas riego localizado y fertirriego. Sin embargo, cuando no se cuenta con investigaciones previas, los criterios de diseño agronómico y el manejo del riego necesitan ser ajustados localmente. El objetivo principal de este trabajo fue abordar criterios de diseño y manejo del riego del arándano para la región de Concordia, Entre Ríos. El estudio se realizó en el establecimiento Berries Patagonia-ar, de esa localidad, en el período estival (enero-marzo). La variedad utilizada fue Emerald, correspondiente al 1° año de plantación. Si bien los suelos de la zona son de muy baja fertilidad, con textura arenosa a arenosa-franca, muy permeables, con contenido de materia orgánica menor a 0,5-0,6% y con baja capacidad de intercambio catiónico, el cultivo se desarrolla en camellones conformados por una mezcla de arena, estiércol de pollo estacionado, acículas y corteza de pino. El método de riego fue goteo con 2 a 2,67 emisores por planta con caudales de 1,46 a 2,16 L h⁻¹ con fuente de agua subterránea de buena calidad (CE de 0,15 dS m⁻¹ y pH 6) y cantidad. Se seleccionaron tres sitios en función de características topográficas y texturales: Alto (A), Media Loma (ML) y Bajo (B) con acumulación de material de área superiores. En cada sitio se instaló un lisímetro de drenaje donde se aplicó un balance hídrico simplificado, utilizando datos meteorológicos diarios de EEA INTA Concordia, tensiómetros a 0,2 m de profundidad y recipientes para recibir el drenaje. Las precipitaciones (Pt) se midieron en el propio establecimiento. Todos los sitios recibieron la misma dosis de riego y se extrajeron muestras indisturbadas para realizar la curva de retención hídrica (CRH). También se llevó a cabo una prueba de campo para definir las dimensiones del bulbo húmedo. El período de estudio fue lluvioso, con el 62% de las precipitaciones medias anuales para Concordia. El sitio A presentó la mayor capacidad de retención y contenido de agua útil. El sitio ML registró el mayor consumo, seguido por el sitio A. Las diferencias en el consumo de agua no reflejaron en ningún momento síntomas de estrés hídrico. El coeficiente de cultivo único (kc) estuvo por debajo de 0,20 para el primer año del cultivo. El sitio B tuvo las mayores pérdidas de agua, indicando menor eficiencia del riego, probablemente a causa de la presencia de mayor porcentaje de arena. Se encontró que el momento oportuno de riego fue cuando la tensión alcanza 10 kPa. Con los resultados obtenidos se logró aportar información para modificar el diseño agronómico y un adecuado manejo del riego localizado.

Palabras clave: coeficiente de cultivo- arándano-riego localizado-fertirriego

INTRODUCCIÓN

El cultivo se inició en la década pasada, impulsada por la existencia de una demanda insatisfecha en el Hemisferio Norte y los buenos precios del mercado. En Entre Ríos, el cultivo ha tenido en los últimos años un desarrollo creciente, apoyado por las condiciones agroecológicas favorables y la tradición frutícola de la zona. La superficie plantada actualmente en esta provincia es de 1176 has (Forbes *et al.*, 2009). Se comercializa como fruta fresca con la colocación de la producción en contraestación en EE.UU., Canadá y la UE. en la ventana de mercado que va desde fines de septiembre a noviembre.

La región en estudio está incluida en las denominadas terrazas del río Uruguay, que consta de los suelos arenosos rojizos, los cuales se caracterizan por ser profundos, con textura arenosa a arenosa-franca, sin distinción de horizontes. Tienen 5-12% de arcilla; materia orgánica entre 0,5 y 0,6%; capacidad de intercambio catiónico de 1 a 3 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ de muestra y saturación de bases de 30 a 50%. Los niveles de fertilidad son bajos, y texturalmente muy permeables.

El clima es templado a subtropical húmedo de llanura, siendo la temperatura media anual de 18,5 °C y la precipitación media anual de 1274 mm.

Para el cultivo, el marco de plantación usado es de 3,3 m entre hileras y 0,9 m dentro de la hilera. Su ambiente natural se caracteriza por tener suelos ácidos, razón por la cual, se construyen camellones de 1 m de ancho mezclando arena, estiércol de pollo y acículas y cortezas de pino, siendo el pH del sustrato resultante de 5.8. Los camellones están contenidos por malla media sombra para evitar que se desarmen con las lluvias. En la superficie se coloca corteza de pino y aserrín como método de control de malezas y para mantener la humedad dentro del camellón. El riego es de tipo suplementario, ya que la precipitación de la región es elevada.

Se utiliza el método de riego por goteo con fuente de agua subterránea de buena calidad (CE de 0,15 dS m^{-1} y pH 6) y cantidad. Cada hilera de plantas tiene dos laterales espaciados 0,30 m en la misma. Se fertirriega tres veces por semana, para adicionar nutrientes y acidificar el sustrato. La solución final, luego de aplicadas las sales fertilizantes, posee un pH de 4 a 5 y una CE de 0,6 dS m^{-1} .

El objetivo principal de este trabajo fue abordar criterios de diseño y manejo del riego del arándano para la región de Concordia, Entre Ríos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El establecimiento Berries Patagonia-ar, donde se llevaron a cabo las experiencias, está ubicado Concordia (31° 22' Lat. S, 58° 07' Long. O, 47 m snm), Entre Ríos, Argentina.

Se seleccionaron tres sitios problema en función de las características texturales: Alto (A), Media Loma (ML) y Bajo (B), que corresponden a los lotes.

Los suelos corresponden a dos series: Serie Yuquerí Chico donde la capa con material más arcilloso está a menos de 85 cm de profundidad y la Serie Yuquerí Grande, donde la misma se encuentra a profundidades mayores

Con los datos meteorológicos de la EEA de INTA Concordia se estimó la evapotranspiración de referencia (ET_o) con el método de Penman-Monteith. Con ET_o y ET_c se determinó el coeficiente de cultivo (K_c) para cada etapa.

Para evaluar el consumo de agua de las plantas (ETc), en cada sitio se colocaron tres lisímetros de drenaje de 0,58 m de diámetro, a razón de una planta por lisímetro, con dos o tres goteros en cada uno. La variedad evaluada en estos sitios fue Emerald, siendo re-transplantadas a finales de diciembre.

En cada riego se controló el tiempo de aplicación y se midió el drenaje del turno anterior. El caudal aplicado en cada sitio se controló al comienzo de la experiencia. La decisión para definir el momento oportuno de riego y la cantidad aplicada, se tomó en función de la lectura de tensiómetros.

La evaluación de las condiciones físicas y químicas del sustrato se llevó a cabo a partir de la extracción de muestras no perturbadas de acuerdo al método de cilindro para medir la curva de retención hídrica mediante mesa de succión y olla de presión, a tensiones de 6,10, 33 y 100 kPa; y otras variables físicas del suelo (textura, densidad, contenido hídrico a capacidad de campo y marchitez permanente).

Por último se realizó una evaluación hidráulica de la instalación de riego para estimar la uniformidad de aplicación del agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica Hídrica

Precipitaciones y Evapotranspiración de Referencia (ETo)

Entre enero y marzo las lluvias representaron el 62% del promedio anual para Concordia (Tabla 1). Esto repercutió en el manejo del riego y en las mediciones de los lisímetros, generándose excedentes de agua en los colectores de drenaje. En cuanto a ETo, fue mayor en enero y menor en marzo, de acuerdo a la duración del día (radiación) y de las temperaturas del aire (Tabla 1).

Tabla 1: Precipitación total (mm), días con lluvia y ETo (mm) para Concordia en el período de la experiencia

	Pt (mm)	Días con lluvia	ETo PM (mm)
Enero	113	6	155,4
Febrero	274	12	122,5
Marzo	398	17	88,9
Total	786	35	367

Consumo de Agua

En la Tabla 2 se puede observar que, si bien en el mes de enero se registró el mayor consumo de agua del arándano para el período de estudio, éste fue significativamente inferior a la demanda de la región para dicho mes (ETo, Tabla 1), debido a que en este período el cultivo se encontraba en la fase inicial de su desarrollo.

Tabla 2: Consumo de agua promedio del arándano (ETcmm mes⁻¹) en el sitio Alto (A), Media Loma (ML) y Bajo (B)

ETo (mm)				
meses	A	ML	B	Promedio sitios
Enero	24,5	28,8	17,6	23,6
Febrero	15,4	14,3	17,4	15,7
Marzo	13,9	18,1	12,5	14,8
Total (mm)	53,8	61,2	47,5	54,1

Las plantas ubicadas en el sitio ML fueron las que más consumo de agua tuvieron en enero, seguidas por A (4,3 mm menos), y B, siendo éste el sitio con menor consumo (11,2 mm menos).

En febrero, el mayor consumo se registró en el sitio B, seguido por A, con un consumo 12% menor, mientras que ML consumió un 18% menos que B. En marzo, ML es nuevamente el de mayor consumo, poseyendo el sitio A un 23% de consumo, y el sitio B un 31% menos.

Analizando todo el período, la media loma registró el mayor consumo, luego la loma y el menor el sitio ubicado al pie de loma. Las diferencias en el consumo de agua no reflejaron en ningún momento síntomas de estrés hídrico.

Cabe destacar que en los dos últimos meses, tuvieron una alta frecuencia e intensidad de precipitaciones, lo que determinó que sean menos los días en los que se regó.

Coefficiente único de Cultivo (kc)

En la etapa con predominio de riego, los valores de kc para el primer año de trasplante (Tabla 3) fueron inferiores a los referidos en la bibliografía para especies similares, tal como la mora (kc inicial de 0,3 según Allen *et al.*, 2006). La evolución del kc es concordante con el consumo de agua discutido anteriormente y resulta de interés regional ya que permite contar con certezas en la operación del riego para estadios iniciales del cultivo de arándano.

Tabla 3: Coeficiente de cultivo (kc) de los distintos sitios para cada mes

	A	ML	B
Enero	0,16	0,19	0,11
Febrero	0,13	0,12	0,14
Marzo	0,16	0,20	0,14

La disminución de kc en el mes de Febrero puede ser interpretada como una manifestación del estrés post-trasplante de la planta en el lisímetro. Esto se evidenció en la senescencia de algunas de sus hojas, con una coloración rojiza.

Curva de Retención

La Tabla 4 presentan los valores de la curva de retención obtenidos en laboratorio para cada sitio. Si bien la textura predominante es franco-arenosa, el sitio B refleja la condición con mayor contenido de arena, mientras que el sitio A es el de mayor capacidad de retención.

Tabla 4: Valores de contenido hídrico ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) según diferentes potenciales matriciales para los sitios Alto (A), Media Loma (ML) y Bajo

Potencial matriz (kPa)	A	ML	B
6	0,224	0,161	0,139
10	0,209	0,151	0,119
33	0,174	0,122	0,084
1500(*)	0,151	0,101	0,072
Agua útil ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)			
	0,106	0,085	0,083

(*) Estimado a partir de las ecuaciones de ajuste halladas en cada sitio

Cuando se estimó el agua útil como la diferencia entre el contenido hídrico a capacidad de campo (10 kPa) y marchitez permanente (1500 kPa), el sitio A presentó mayor valor, mientras que los sitios ML y B tienen valores muy similares.

Riego, Percolación y Requerimientos de Lixiviación (RL)

El consumo de agua fue mayor en ML, seguido por A y luego por B; mientras que el agua aplicada con riego fue también mayor en el sitio ML, pero luego continúa el B y en tercer lugar el A (Tabla 5). Este comportamiento refleja la menor capacidad de retención en B. Esta deducción se completa analizando los valores de percolación (Tabla 5), que fueron muy altas en B, algo menos en ML y el menor valor en A, en concordancia con la capacidad de retención de cada sitio.

La lámina drenada (Ld) se determinó como la diferencia entre la lámina de riego y la ETc, debido a que no se pudo realizar la medición directa de percolación de los lisímetros ya que fueron influenciadas por las lluvias ocurridas durante el período de estudio. A mayores valores de Ld, mayores pérdidas de agua, es decir menor eficiencia de riego. RL se mantuvo alto para todos los sitios durante toda la fase de estudio (Tabla 5), ubicándose por encima de 0,15 a 0,20, valores recomendados por la bibliografía (Pratt and Suarez, 1990) para la calidad del agua de riego y de especies similares al cultivo en estudio.

Tabla 5: Lámina de riego ($L\text{ pl}^{-1}\text{mes}^{-1}$), Lámina drenada ($L\text{ pl}^{-1}\text{mes}^{-1}$) y Requerimiento de Lixiviación para los sitios Alto (A), Media Loma (ML) y Bajo

	LR ($L\text{pl}^{-1}\text{mes}^{-1}$)			Ld ($L\text{pl}^{-1}\text{mes}^{-1}$)			RL		
	A	ML	B	A	ML	B	A	ML	B
Enero	110,13	135	128,87	43,93	57,2	81,47	0,4	0,42	0,63
Febrero	45,16	63,42	59,9	3,56	24,92	12,8	0,08	0,39	0,21
Marzo	46,46	57,59	55,99	9,06	8,77	22,22	0,2	0,15	0,4
Total	201,8	256,0	244,8	56,6	90,9	116,5			

En general el sitio más arenoso (B) tuvo las mayores pérdidas de agua, indicando un manejo menos eficiente del riego. Como fue mencionado anteriormente, las probables causas de esta situación estarían originadas en la duración del riego, en el caudal y el número de emisores por planta y en los menores valores de retención que posee este sitio en comparación con los otros.

Consideraciones Relacionadas al Manejo del Riego

La Tabla 6 refleja una propuesta de manejo diferente del riego considerando el mes de enero, debido a que el resto de los meses la lluvia no permite una correcta interpretación del manejo. Surge fijando como objetivo un valor de RL de 0,2, igual para todos los sitios. A partir de aquella se encuentra la lámina de riego objetivo y, con el caudal y número de emisores actuales, se determinó el tiempo total de riego que debería utilizarse.

Tabla 6: Tiempo de riego, caudal del gotero, número de emisores por planta y lámina de riego, para la situación actual y la propuesta, considerando $RL=0,2$ para los sitios Alto (A), Media Loma (ML) y Bajo

	A	ML	B
Tiempo de riego actual (h)	28,97	31,08	31,10
Caudal del gotero ($L\text{ h}^{-1}$)	1,46	2,16	2,04
Nº emisores pl^{-1}	2,67	2,00	2,00
LR actual	110,13	135,00	128,87
RL actual	0,40	0,42	0,63
Consumo actual (L)	66,20	77,80	47,40
RL objetivo	0,20	0,20	0,20
LR objetivo	82,75	97,25	59,25
Tiempo de riego objetivo (h)	21,23	22,51	14,52

Se tuvo en cuenta solamente el tiempo de riego, aceptando como válido el caudal y el número de emisores por planta actual, dado que no se logró sacar conclusiones de la evaluación de campo del bulbo húmedo.

También se estimó la cantidad de agua excedente proveniente del riego para el mes de enero (Tabla 7), a partir de la propuesta anterior, siendo el sitio B el que mostró volúmenes excedentes muy superiores al resto de los sitios.

Tabla 7: Agua excedente proveniente del riego por planta y por hectárea para el mes de enero y diferentes sitios

	A	ML	B
Excedente de riego (L pl⁻¹)	27,4	37,8	69,6
Plantas ha⁻¹	3700,0	3700,0	3700,0
Agua percolada en exceso (L ha⁻¹)	101313,4	139675	257586,6

En cuanto al momento de riego, en el establecimiento se adoptó como criterio regar cuando el tensiómetro indicaba entre 8 y 10 cbar, que equivale a 8 o 10 kPa, potencial al cual los volúmenes de agua fácilmente utilizables por la planta representan 17, 14 y 13 L pl⁻¹, para los sitios A, ML y B respectivamente. Esta estimación fue realizada considerando que las raíces pueden absorber agua en un volumen aproximadamente igual al de los lisímetros. De este modo, si por alguna razón no se pudiera regar y no se registraran precipitaciones, no habría estrés hídrico durante un lapso de entre 3 y 4 días, suponiendo el consumo del mes de enero (máximo) y con la planta muy pequeña. Por lo tanto, regar cuando el tensiómetro alcanza el valor 10 es adecuado de acuerdo al suelo, al cultivo y al ambiente. Si por el contrario, el tamaño y el consumo de la planta fuese mayor (hasta 5 veces), el volumen contenido en el recipiente del lisímetro sólo alcanzaría para medio día, después comenzaría un momento de estrés hídrico. Este supuesto chocaría con la realidad dado que la planta seguramente pudo desarrollar mayor volumen de raíces.

Evaluación del Funcionamiento Hidráulico del Sistema de Riego

Se realizó una evaluación de caudales y presiones llevada a cabo por los profesionales de la empresa. Si bien la prueba en si no tiene el diseño aceptado internacionalmente para evaluaciones de uniformidad a campo de sistemas de riego por goteo, preliminarmente es un buen punto de partida para tener una idea del funcionamiento del riego.

Por otra parte, no se conoce específicamente la presión y caudal nominal ni la ecuación para los emisores empleados en el campo, aunque se supone que son de flujo turbulento y con una presión nominal próxima a 10 mca o 1 kgcm⁻². Este debería ser el valor de funcionamiento normal de cualquier emisor de goteo.

De acuerdo a las distintas evaluaciones de caudal y presión realizadas, los principales resultados indicaron (Tablas 8 y 9):

- Existió, para un mismo lote, variación importante del caudal medio de los emisores, lo cual no permitiría una adecuada programación del riego e incertidumbres acerca de la cantidad de agua y fertilizantes aplicados. Esta situación es atribuible a cambios en la presión de trabajo a la entrada de la subunidad de riego o a la obturación progresiva de los emisores. Este último aspecto no sería probable dado el relativamente corto período de uso del riego, aunque no es totalmente desechable. En cuanto a las presiones de trabajo para cada subunidad, su determinación surge del diseño

hidráulico y deben ser constantes a lo largo del tiempo, colocándose para ello reguladores de presión adecuados.

- En la zona alta del establecimiento, las presiones de trabajo fueron muy por debajo de lo recomendable ($0,6 \text{ kg cm}^{-2}$), con un promedio de $1,32 \text{ L h}^{-1}$. Este valor es similar al detectado en los emisores de los lisímetros ubicados en este lote, que fue $1,46 \text{ L h}^{-1}$. Independientemente del valor tan bajo de presión y caudal, la uniformidad es aceptable, indicando un lote con pendiente uniforme.

Tabla 8: Valores de caudal (q_a) y presión medios del emisor y condiciones de uniformidad para diferentes turnos y subunidades de riego

Turno	Lote	q_a (L/h)	Presión (kg cm^{-2})	Uniformidad (*)
1	4.1	1,26	1,1	Verde
1	4.2	1,53	0,9	Verde
1	4.5	1,59	1,0	Verde
1	4.6	1,29	S/d	Amarillo
2	2.1	1,52	1,6	Rojo
2	2.10	1,87	S/d	Rojo
2	2.9	1,95	1,5	Verde
3	2.8	1,36	S/d	Rojo
3	2.4	1,31	0,6	Verde
4	3.1	1,53	S/d	Verde
4	1.3	1,62	1,0	Amarillo
4	1.4	1,25	S/d	Verde
4	1.5	1,58	S/d	Amarillo
5	2.2	1,55	1,1	Verde
5	2.5	1,59	0,8	Amarillo
5	4.4	1,39	S/d	Rojo

(*) Los colores de la columna de uniformidad indican:
 verde, aceptable;
 amarillo, precaución, controlar y si baja la uniformidad corregir;
 rojo, preocupante, corroborar la situación y luego corregir.

- En el pie de la loma la presión de trabajo de los emisores fue $1,5 \text{ kg cm}^{-2}$ y el caudal medio de $1,98 \text{ L h}^{-1}$. La uniformidad es aceptable, aunque debería realizarse una prueba con mayores puntos de medición.
- Finalmente la media loma no tiene registros de presión y en cuanto a caudal el valor medio fue $1,98 \text{ L h}^{-1}$, pero con falta de uniformidad, que deberá ser especialmente evaluada.

Tabla9: Indicación de diferentes valores de caudal medio ($L h^{-1}$) en la misma subunidad de riego pero con diferentes evaluaciones

Turno	Lote	Prueba drenaje	Prueba caudal
2	2.1	1.65	1.52
3	2.8	0.72	1.36
1	4.2	1.00	1.53
3	2.3	0.60	s/d
5	2.5	0.96	1.59

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se logró obtener criterios de diseño y manejo de riego localizado en arándano para la región de Concordia, Entre Ríos, excepto algunas consideraciones de diseño agronómico, relacionadas a problemas en las pruebas de campo.
2. Los lisímetros son muy buenos instrumentos para evaluar el consumo de agua y las pérdidas por percolación profunda.
3. Los valores de ET_c y k_c fueron obtenidos en los meses del ensayo y sus resultados son congruentes con aquellos obtenidos en otras experiencias con variedades de arándano similares (Southern Highbush Blueberry). Hubo diferencias de consumo de agua entre sitios, sin que ello se manifestara en diferencias en el crecimiento de las plantas.
4. Los suelos son de textura gruesa y bien drenados y si bien pertenecen a una serie común, se han erosionado, manifestando diferencias en sus propiedades físicas. Aquellos ubicados en la parte alta tienen mayor capacidad de retención, seguido de la media loma, mientras que el sitio más bajo presenta la menor retención de agua.
5. Se pudo evaluar el manejo del riego considerando sólo el mes de enero, dado que en el resto de los meses las lluvias fueron abundantes y de menor consumo de agua, por lo que el riego tuvo menor importancia. El momento oportuno de riego fue adecuado, utilizando para ello tensiómetros a potenciales cercanos a 10 kPa. En cuanto a la cantidad de agua de riego aplicada, se concluyó que en todos los sitios hubo agua en exceso, siendo mayor en el pie de loma. Para subsanar este problema se desarrolló una metodología para determinar el tiempo y la cantidad de riego óptima.
6. Las evaluaciones de caudal y presión llevadas a cabo en algunos lotes del establecimiento permiten deducir que hay problemas de uniformidad de riego. Se observa una gran diferencia de presiones y de caudales de los emisores entre subunidades, e incluso en la misma subunidad en momentos diferentes. Esto no debería ser así y tales problemas pueden estar originados en un deficiente diseño, falta de regulación de presiones u obturación de emisores. Se recomienda antes del verano proceder a un proceso de desobstrucción general de las tuberías y posteriormente evaluar la uniformidad de riego (caudales y presiones) de acuerdo a estándares internacionales.
7. Se recomienda continuar con estos ensayos hasta lograr realizar un buen manejo del cultivo durante en todo el ciclo de producción.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, R.; Pereiras, L.S.; Raeks, D. y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, N° 56. 298 pp. Roma, Italia.
- FORBES, P.; Mangas Ramis, E. y Pagano, N. “Diseño y Evaluación de Proyectos Agroindustriales” 2009. Universidad Nacional de La Pampa Facultad de Agronomía. Lic. En Administración de Negocios Agropecuarios.
- PRATT, P.F. and D.L. Suarez. 1990. Chapt 11, Irrigation water quality assessments. In K.K.Tanji (ed.) Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE, Manuals and Reports on Engineering Practices N° 71.. ASCE. NY, pp. 220-236.