

Aplicación de herramienta para la determinación de requerimiento de uso de agua de un cultivo para alimentación animal.

Luciana JENNERICH.

Grupo GEM

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Rafaela. Acuña 49. Rafaela. Santa Fe. Argentina

TE: (03492) 432702.

E-mail de contacto: labquimicautn@gmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Dra. Ma. Cecilia Panigatti en el marco del proyecto "Economía ambiental en el sector agroindustrial lácteo del Centro de Santa Fe: mejoras en los sistemas de tratamiento de efluentes y cálculo de huella hídrica". MSIAIRA0005126TC (2019-2021).

Resumen

La producción agropecuaria en general, tradicionalmente ha utilizado grandes extensiones de tierras para satisfacer la demanda de alimentos, pero, actualmente algunas actividades se han intensificado en su manejo, sufriendo grandes modificaciones en la distribución geográfica de las mismas. El objetivo del presente trabajo es estimar la Huella Hídrica verde y azul (HHve, HHaz) de un cultivo en secano empleado para alimentación animal. Para el estudio, se dispuso del programa CROPWAT 8.0 y se emplearon datos de manejo de cultivo de informes técnicos de INTA y registros agrometeorológicos de dos años diferentes. Los resultados de HHve, HHaz y sus requerimientos de agua (mm/campaña), permiten concluir que, existe gran similitud entre la situación obtenida en el software y el expuesto en los informes utilizados, permitiendo corroborar la gran importancia del empleo de dicha herramienta informática para el uso y manejo apropiado y sustentable del suelo al momento de diagramar un sistema de cultivo.

Palabras Claves: huella hídrica; suelo; alimentación; sustentabilidad.

1. Introducción.

En Argentina, la concentración productiva y gerencial es un síntoma central que lleva al uso de nuevas tecnologías (de insumos y procesos) y a la intensificación de las actividades agrícola y ganadera. Estos cambios en la esfera tecnológico-productiva tienen impactos sobre los servicios ambientales y la esfera socio-poblacional (CEPAL, 2005).

Durante los últimos años, la producción de leche se ha incrementado mientras que el número de productores se ha reducido; al mismo tiempo el aumento de la carga animal y de la productividad por hectárea de la mano de una intensificación de la actividad y de la utilización de los recursos naturales disponibles, aumentó consecuentemente el impacto sobre el ambiente (CEPAL, 2005).

Los suelos aptos para la agricultura de la región centro-este de la provincia de Santa Fe presentaban en su origen una alta fertilidad química, la que se fue degradando debido a los sistemas de labranzas y a las secuencias de cultivos poco conservacionistas que se utilizaron. Asimismo, tampoco se contemplaron las tasas de

extracción y de reposición de nutrientes de los cultivos implantados (Fontanetto et al., 2009).

Por todo lo expuesto, ha crecido la preocupación por el impacto de esta actividad en el recurso hídrico, instalando la necesidad de desarrollar indicadores que dieran cuenta de la magnitud e intensidad con que la humanidad, utiliza los recursos de agua dulce (Charlón et al., 2016). Entre ellos, han tomado impulso los conceptos asociados a las huellas como herramienta para cuantificar el nivel de apropiación de los recursos naturales por parte de la humanidad.

Es así que surge el concepto de Huella Hídrica (HH) donde el foco de análisis es la sustentabilidad, eficiencia y equidad de la distribución y uso del agua en productos o patrones de consumo, tanto en contextos locales o globales, como en regiones geográficas específicas (como por ejemplo zonas de producción lechera). Su estudio ayuda a identificar cómo y dónde, el consumo en un lugar, puede impactar los recursos hídricos de otro lugar (Anschau, et al., 2015).

Se clasifica en HH verde, HH azul y HH gris, siendo el primero, el volumen de agua incorporado a un sistema o producto proveniente de las precipitaciones captadas por los cultivos, mientras el segundo se relaciona con el volumen de agua consumida correspondiente a cuerpos de origen superficial y/o subterráneo. Por último, la huella hídrica gris, es un indicador del volumen de agua necesaria para asimilar los contaminantes involucrados hasta alcanzar los niveles permitidos de concentración en agua (Franke et al., 2013).

Tanto el agua azul como la verde, son recursos importantes para la producción de alimentos. La agricultura de secano utiliza únicamente agua verde mientras que la agricultura de regadío consume agua verde y azul. En general, estudios relacionados con la disponibilidad de agua dulce están orientados a la cuantificación del agua azul mientras que ignoran el agua verde como parte de los recursos hídricos (Alvarez et al., 2016).

El objetivo del presente trabajo es estimar la Huella Hídrica verde y azul (HHve, HHaz) de un cultivo en secano empleado para alimentación animal mediante la utilización de resultados de campañas diferentes. Al mismo tiempo, se pretende comparar los resultados de la herramienta informática empleada, analizando distintas condiciones de disponibilidad de agua.

2. Metodología.

Para la determinación de la HH, se empleó la metodología propuesta por Hoekstra et al. (2011). La cuantificación de la HH fue a partir del cálculo de la verde y la azul, excluyendo la gris por su controversia respecto al método de cálculo.

Se utilizó el software CROPWAT 8.0, introducido por la FAO y aceptado internacionalmente como un método que permite realizar estimaciones de consumo de agua de recursos forrajeros y/o cultivos producidos. Esto incluye tanto la fracción de agua captada por el cultivo a través de las precipitaciones (HHve), como el agua absorbida presente en el suelo, es decir, el agua útil -superficial y subterránea-disponible que extrae para su desarrollo (HHaz).

Los datos productivos del cultivo corresponden a informes técnicos de manejo de cultivos de INTA Estación Experimental Rafaela. El área sembrada puesta en análisis, donde se realizaron los ensayos, se encuentra ubicada propiamente en la localidad donde se encuentra dicha experimental cuyas coordenadas son: Latitud: 31° 11' 39" S; Longitud: 61° 30' 39" W; con una Altitud de 99,77 m.

Las características del suelo según descripción general de clasificación por series (Carta de suelos de la República Argentina, 1990), se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1: Características del suelo Argiudol típico, de adecuada fertilidad potencial

| Parámetro | Resultado |
|-----------------------------------|----------------|
| Materia orgánica (MO) (%) | 3,3 |
| Nitrógeno Total (NT) (%) | 0,141 |
| pH | 6,0 |
| Fósforo (P) (ppm) | 34,8 |
| Drenaje | bueno/moderado |
| Textura del horizonte superficial | franco-limosa |
| Índice de Aptitud | 82 |

La unidad de referencia para la expresión de HH fue m³ de agua/ kg de maíz producido.

Se seleccionaron dos campañas de dicho cultivo, en las cuales se haya desarrollado en condiciones meteorológicas distintas, deseando posteriormente realizar un análisis comparativo.

De esta manera se definieron dos condiciones para fecha de siembra temprana:

1. Condición 1: Campaña 2013, donde los registros de lluvia anuales fueron muy escasas, por lo tanto, se la seleccionó como el escenario con condiciones edafoclimáticas no favorables. Rendimiento del cultivo: 3288 kg/ha.

2. Condición 2: Campaña 2017, donde las condiciones edafoclimáticas fueron considerablemente mejores que el anterior, seleccionando este año como el escenario óptimo. Rendimiento del cultivo: 10571 kg/ha.

Para la determinación de los siguientes indicadores presentes en el software se tuvieron en cuenta:

Requerimientos de agua de los cultivos:

Se empleó boletines meteorológicos realizados por INTA, tanto para el ingreso de los datos climáticos como de las precipitaciones.

Para el año 2017, se dispuso de un boletín anual, donde los datos son expresados por mes. En cambio, para el año 2013, los boletines son mensuales y los datos son expresados por día, para lo cual se realizó un promedio de los datos para cada mes.

En lo que corresponde a temperatura en ambos años, el valor está expresado con la Media (no por Mínimas y Máximas), por lo tanto, se configuró y modificó ese punto en el programa CROPWAT 8.0.

Una vez recopilada la información necesaria para estos módulos del programa y, luego de la determinación del requerimiento de agua del cultivo y su evapotranspiración, se obtiene la componente de agua verde (“CWUv”) y la componente de agua azul (“CWUa”). Las componentes surgen a partir de la evapotranspiración total del cultivo.

$$\boxed{HHve: CWUv / Rendim. del cultivo} - \boxed{HHaz: CWUa / Rendim. Del cultivo}$$

$$CWUv = 10 \sum \min (ETc, Peff) \quad , \quad CWUa = 10 \sum \max (0, ETc - Peff)$$

ETc: Evapotranspiración del cultivo

Peff: Precipitación efectiva.

Cultivos:

Para el ingreso de datos de “Cultivo”, se empleó la información disponible en los informes técnicos seleccionados de INTA correspondientes al cultivo de maíz. Sólo algunos parámetros no fueron encontrados.

Posteriormente se realizó una consulta a profesionales de INTA y la respuesta fue que no es parte de la rutina la determinación de esos valores en ninguno de los ensayos. Por lo tanto, parámetros como “Agotamiento Crítico” y “Fracción respuesta rendimiento” fueron aproximados de acuerdo a lo conversado con los profesionales o extraídos de los modelos ya cargados en la base de datos del programa.

Suelo:

Para el ingreso de los datos de suelo, para los parámetros que no se disponía información se utilizó valores aproximados de áreas geográficas (sugeridas por profesionales de INTA) con características similares, o bien, los valores estándar determinados por el software para características del suelo similares al de la zona. Por ejemplo, el factor “profundidad radicular” y “tasa máxima de infiltración de la precipitación”.

3. Resultados y discusión

A partir de las componentes y el rendimiento del cultivo para cada campaña, se dispuso la determinación de las huellas hídricas para las dos condiciones de evaluación del cultivo de maíz.

Condición 1:

En la Figura 1, se distingue la precipitación efectiva-Preff (mm/mes) y la Evapotranspiración referencial- ETo (se la denomina a la evaporación potencial generada en un suelo con un cultivo de pasto bien regado). En la mayoría de los meses la evapotranspiración referencial superó a la precipitación, principalmente en los meses que estaría ese suelo afectado por un cultivo.

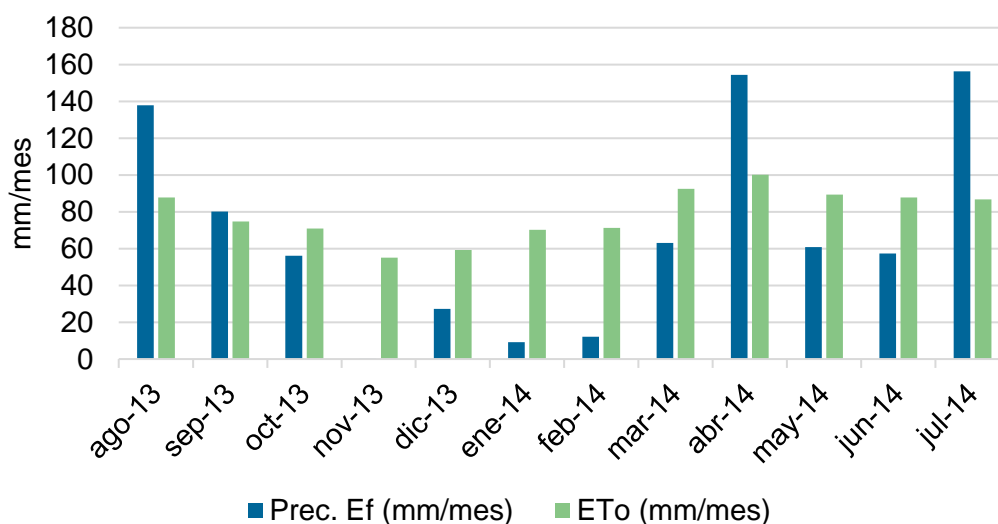


Figura 1: Precipitación efectiva vs Evapotranspiración referencial (Condición 1)

A continuación, pueden observarse los valores de HH obtenidos correspondientes a la campaña 2013 la cual se desarrolló bajo registros de lluvias escasas.

- HHve: 0,19 m³/kg
- HHaz: 0,36 m³/kg
- Rendimiento del cultivo: 3288 kg/ha.

Del análisis de los resultados se desprende que, como era de esperarse, la HHaz se encuentra notablemente por encima de la verde, ya que, se registraron altas

temperaturas máximas y fuerte déficit hídrico que afectaron directamente sobre el caudal de agua proveniente de las precipitaciones. Eso generó como resultado una mayor presión sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos y como ya se mencionó, resultó en rendimientos del cultivo muy desfavorables.

Como puede observarse en la Tabla 2, este es la condición a la que corresponde la evaluación del cultivo en un año seco, ya que se distingue un valor de Requerimiento de riego (128,6 mm/periodo total del cultivo), ampliamente más grande que la precipitación efectiva percibida por el cultivo (81,5 mm/periodo total del cultivo). Dado que, las lluvias registradas fueron sustancialmente bajas y al mismo tiempo, en la práctica no se emplea el riego en los suelos de esta zona, se entiende que habrá una porción significativa de necesidad de agua insatisfecha para que se desarrolle al máximo.

Tabla 2: Requerimiento de agua del cultivo maíz, para la campaña 2013 (obtenida del software), fecha de siembra: 11/10/2013.

| Estación ETo | | Rafaela | | Cultivo | | maíz inta | |
|----------------|--------|---------|------|------------------|--------------|-------------|--------------|
| Est. de lluvia | | Rafaela | | Fecha de siembra | | 11/10 | |
| Mes | Decada | Etapas | Kc | ETc | ETc | Prec. efec | Req.Riego |
| | | | coef | mm/día | mm/dec | mm/dec | mm/dec |
| Oct | 2 | Des | 0.31 | 0.70 | 7.0 | 20.1 | 0.0 |
| Oct | 3 | Des | 0.39 | 0.83 | 9.2 | 13.5 | 0.0 |
| Nov | 1 | Des | 0.49 | 0.98 | 9.8 | 0.2 | 9.6 |
| Nov | 2 | Des | 0.59 | 1.09 | 10.9 | 0.0 | 10.9 |
| Nov | 3 | Des | 0.69 | 1.29 | 12.9 | 0.1 | 12.7 |
| Dic | 1 | Des | 0.79 | 1.49 | 14.9 | 7.5 | 7.4 |
| Dic | 2 | Des | 0.89 | 1.70 | 17.0 | 11.2 | 5.8 |
| Dic | 3 | Med | 0.94 | 1.91 | 21.0 | 8.5 | 12.6 |
| Ene | 1 | Fin | 0.92 | 1.97 | 19.7 | 4.4 | 15.3 |
| Ene | 2 | Fin | 0.82 | 1.85 | 18.5 | 2.1 | 16.4 |
| Ene | 3 | Fin | 0.70 | 1.65 | 18.2 | 2.8 | 15.4 |
| Feb | 1 | Fin | 0.59 | 1.44 | 14.4 | 2.2 | 12.1 |
| Feb | 2 | Fin | 0.48 | 1.21 | 12.1 | 1.8 | 10.3 |
| Feb | 3 | Fin | 0.38 | 1.03 | 7.2 | 7.2 | 0.0 |
| | | | | | 192.7 | 81.5 | 128.6 |

Por tal motivo, es que se hace indispensable, analizar en forma adecuada y conveniente, las prácticas a realizar en un determinado suelo. Se sabe que existe información sobre las condiciones previas de humedad del suelo que, al mismo tiempo, esas condiciones repercutirán consecuentemente sobre el rendimiento o respuesta de esa práctica.

Tal es así, que en el informe de INTA correspondiente a Villar et al. (2014) se plantea una situación inicial de humedad del suelo, no tan recomendable para efectuar la siembra. En el mismo, se informa que el contenido hídrico inicial del perfil hasta el metro y medio de profundidad era de 152,7 mm agua útil, lo que representa escasamente un 46% de la capacidad máxima de retención, inferior a lo recomendable.

En la Figura 2, se representa la Evapotranspiración total del cultivo y su requerimiento de agua expresada en mm/mes, que variará según las precipitaciones efectivas. Analizando las barras celestes (requerimiento de riego), puede inferirse que, debido al déficit hídrico generalizado y altas temperaturas, el cultivo presentó una demanda de agua de lluvia insatisfecha prácticamente a lo largo de todo su desarrollo, llegando en casi todos sus estadíos, a un balance cero entre la ETc y su Requerimiento

de riego, porque casi todas las barras tocan la curva de la evapotranspiración total del cultivo- ETc.

En lo que corresponde a la ETc, es de esperarse esa traza, por encima del requerimiento de riego, ya que en teoría la planta no debería requerir más agua de la que evapotranspira. Dicho de otra forma, el resultado que arroja el programa (en requerimiento de agua del cultivo) es para cubrir el volumen faltante.

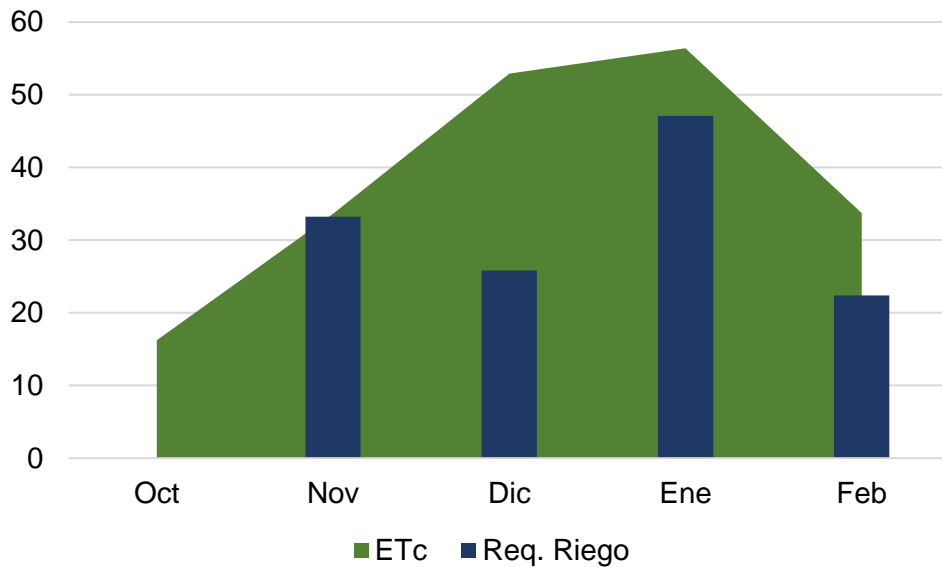


Figura 2: Evapotranspiración del cultivo vs. Requerimiento de agua del cultivo - condición 1

Condición 2:

En la Figura 3, se presenta la Precip. y la ETo (expresadas en mm/mes). Aquí, si bien se observa que, en los meses de mayor estrés térmico, donde se desarrollaría el cultivo (enero, febrero), las precipitaciones fueron menores que la evapotranspiración de ese suelo cubierto de pasto, en noviembre, diciembre y marzo (meses que también pueden estar influenciados por un cultivo de maíz), las precipitaciones superan la ETo. Esto permite inferir que, al realizar efectivamente el cultivo, puede que la disponibilidad de agua de lluvia continúe siendo suficiente u óptima y que no habrá déficit.

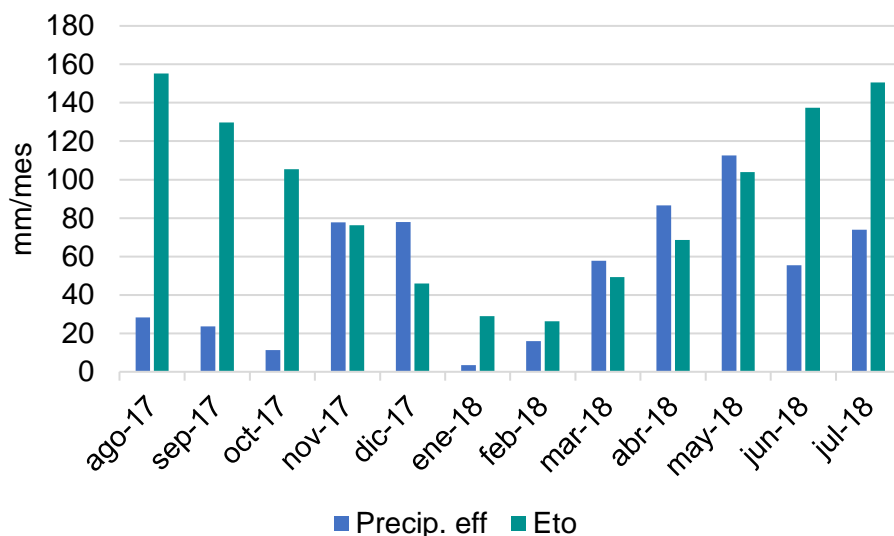


Figura 3: Precipitación efectiva vs Evapotranspiración referencial (Condición 2)

Al igual que en la condición 1, pueden observarse a continuación los valores obtenidos de huellas hídricas del cultivo de maíz, correspondiente a la campaña 2017 que presentó precipitaciones óptimas y temperaturas apropiadas.

- HHve es 0,18 m³/kg.
- HHaz 0,16 m³/kg
- Rendimiento del cultivo: 10571 kg/ha.

Como puede observarse en la Tabla 3, este es la condición a la que corresponde la evaluación del cultivo en un año en condiciones edafoclimáticas óptimas, ya que, se distingue un valor de Requerimiento de riego (194,7 mm/período total del cultivo), notablemente menor que la precipitación efectiva percibida por el cultivo (250,1 mm/período total del cultivo).

Del análisis de los resultados se desprende que, como era de esperarse, la HHaz se encuentra por debajo de la verde, ya que, se registraron panoramas favorables respecto de las temperaturas máximas y lluvias registradas que contribuyeron positivamente en el valor de precipitación efectiva. De esta manera, el desarrollo del cultivo generó como resultado un menor impacto sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos (observaciones que coinciden con la información disponible del informe técnico de manejo de cultivo de verano, campaña 2017 (Rosetti, 2018)) y como resultado, muy buena respuesta de su rendimiento.

En la condición 1, se ha mencionado que se conocía la situación inicial de humedad del suelo, previo a la siembra y no era la recomendable, entendiéndose que el cultivo tendría una necesidad de agua insatisfecha y se serviría de las reservas de agua azul. En este caso, lógicamente ocurre lo contrario, y se comprueba con la fuente. Rosetti (2018) en el informe de INTA plantea que, el contenido hídrico inicial del perfil hasta el metro y medio de profundidad fue de 275,5 mm, lo que representa un 85,2% de la capacidad máxima de retención del suelo (en la condición 1 era menor al 50%); lo cual es muy favorable para la región ya que no olvidemos que son sistemas de cultivo en seco (es decir, no se realiza riego).

Tabla 3: Requerimiento de agua del cultivo maíz, para la campaña 2017 (extraída del software), fecha de siembra: 09/10/2017.

| Estación ET | | Cultivo | | | | | |
|----------------|--------|------------------|------|--------|--------------|--------------|--------------|
| Rafaela | | maíz (2017) | | | | | |
| Est. de lluvia | | Fecha de siembra | | | | | |
| | | 09/10 | | | | | |
| Mes | Decada | Etapas | Kc | ETc | ETc | Prec. efec | Req.Riego |
| | | | coef | mm/día | mm/dec | mm/dec | mm/dec |
| Oct | 1 | Inic | 0.30 | 0.90 | 1.8 | 7.4 | 1.8 |
| Oct | 2 | Des | 0.30 | 1.01 | 10.1 | 41.4 | 0.0 |
| Oct | 3 | Des | 0.37 | 1.41 | 15.5 | 33.8 | 0.0 |
| Nov | 1 | Des | 0.49 | 2.06 | 20.6 | 22.5 | 0.0 |
| Nov | 2 | Des | 0.59 | 2.77 | 27.7 | 15.0 | 12.8 |
| Nov | 3 | Des | 0.70 | 3.31 | 33.1 | 18.2 | 14.9 |
| Dic | 1 | Des | 0.81 | 3.84 | 38.4 | 24.6 | 13.8 |
| Dic | 2 | Des | 0.91 | 4.43 | 44.3 | 27.7 | 16.6 |
| Dic | 3 | Med | 0.99 | 4.85 | 53.4 | 21.6 | 31.8 |
| Ene | 1 | Fin | 0.93 | 4.63 | 46.3 | 13.2 | 33.0 |
| Ene | 2 | Fin | 0.78 | 3.88 | 38.8 | 7.5 | 31.3 |
| Ene | 3 | Fin | 0.61 | 2.96 | 32.6 | 7.7 | 24.9 |
| Feb | 1 | Fin | 0.44 | 2.09 | 20.9 | 8.6 | 12.2 |
| Feb | 2 | Fin | 0.35 | 1.62 | 1.6 | 0.8 | 1.6 |
| | | | | | 385.0 | 250.1 | 194.7 |

Al igual que en la condición 1, en la Figura 4 se representa la ETc (mm/mes) y el requerimiento de riego (mm/mes) necesario. En este caso, se demuestra la situación inversa a la anterior. El requerimiento de riego prácticamente para todas las instancias de crecimiento del cultivo, van notoriamente por debajo de la curva de la evapotranspiración; es decir, demuestra que la falta de agua del cultivo que no asimiló a través de las precipitaciones, es notablemente menor, debido precisamente a las condiciones climáticas de esta campaña.

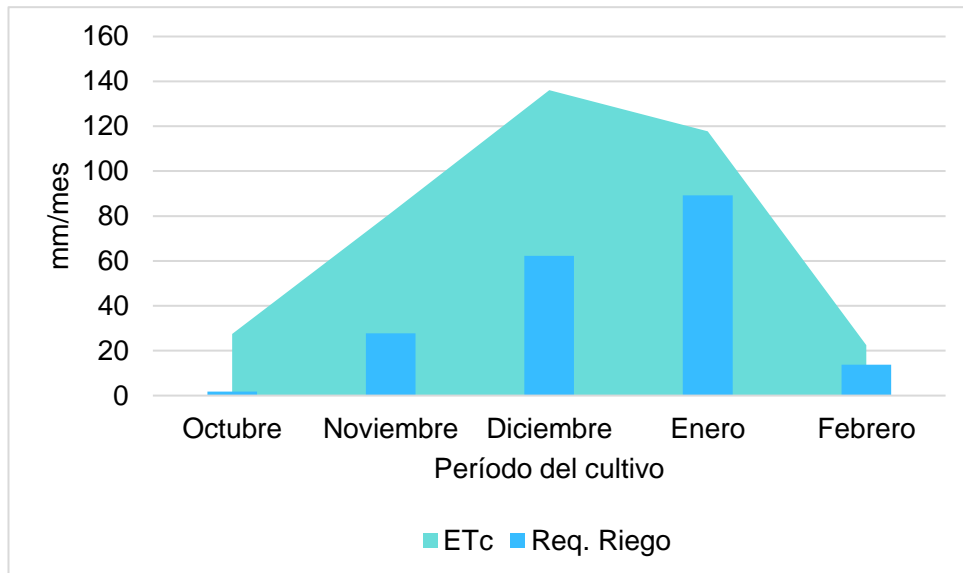


Figura 4: Evapotranspiración del cultivo vs. Requerimiento de agua del cultivo - condición 2.

En la Figura 5 se resumen los valores de huellas hídricas obtenidas para los casos estudiados. A partir de los resultados obtenidos, se puede distinguir que, a mayor disponibilidad de agua (proveniente de las precipitaciones), menor es la huella hídrica del cultivo. Esto se debe al aumento de los rendimientos, producto de la incidencia de una mayor disponibilidad de agua y el aumento de la fertilidad.

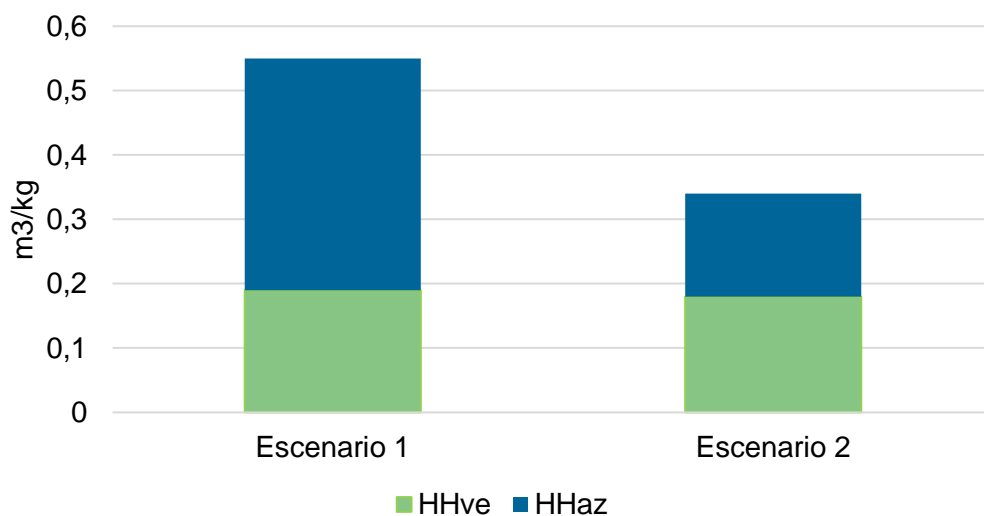


Figura 5: HHve y HHaz en m³/kg producido, para la condición 1 y 2.

En condiciones de secano los resultados de huella hídrica (verde más azul) aumentan en la dirección nor-oeste, es decir, a medida que se reducen las precipitaciones (Alvarez et al.,2016). Por lo tanto, si bien en este estudio no se compara el cultivo en diferentes zonas, sino en un mismo suelo, pero con disponibilidad de agua verde diferente, también ocurre la misma situación; a menor precipitación, aumenta la necesidad de riego del cultivo y, consecuentemente, la HHaz.

Globalmente el 60 % de los alimentos son producidos bajo condiciones de secano, siendo esta, la forma de cultivo característica y/o prácticamente la única empleada en la zona de estudio de este presente trabajo. Considerando el postulado de Alvarez (et al., 2016) donde manifiestan que la crisis del agua se presenta como un problema de mala gestión y, dejando expuesto las problemáticas mencionadas anteriormente, se hace indispensable el empleo de herramientas de este tipo. De esta forma, le permite al productor o al asesor aplicar de manera sencilla y estratégica, un control de gestión de sus cultivos realizados. Al mismo tiempo, es posible emplearlo para una posterior planificación de los mismos, contemplando posibles desviaciones de campañas anteriores y evitando posibles consecuencias negativas sobre el resultado del cultivo las cuales surgirían a partir del propio impacto que sus prácticas generarían sobre el ciclo natural del agua.

4. Conclusiones

- Se lograron estimar las HHve y HHaz del cultivo maíz para alimentación animal, evidenciando que, al evaluarlo en dos condiciones agrometeorológicas diferentes, las procedencias del consumo de agua del cultivo, son notablemente distintas, resultando en una condición, un mayor impacto sobre el recurso hídrico que en el otro.
- De la observación de los resultados de HHve y HHaz y la relación con los respectivos rendimientos de ambos cultivos, se pone de manifiesto las consecuencias que pueden generarse producto de un manejo inadecuado de la información disponible previa a la toma de decisión de realizar o no una determinada siembra
- Por lo tanto, desde el punto de vista productivo-económico, esas variaciones en el consumo de agua del cultivo como en la condición 1, repercutirá negativamente sobre su rendimiento el cual será destinado a alimentación animal. Eso significa finalmente, una reducción en la disponibilidad de materia prima pudiendo inducir a costos adicionales por la compra del alimento faltante.
- Se comprueba y refuerza la idea de la importancia en la gestión de los cultivos teniendo en cuenta diversas cuestiones como, nivel de humedad del suelo previo a la siembra, pronósticos climáticos, cultivo antecesor, características del suelo posterior a la cosecha de dicho cultivo previo y la tasa de extracción de recursos que el presente cultivo generará.

Bibliografía.

Alvarez A., Morábito J. A., Schilardi C. (2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. *Revista FCA UNCUYO*. 2016. 48(1): 161-177.

Anschau, R.A., Bongiovanni, R., Tuninetti, L. y Manazza, F. (2015) Huella hídrica de la cadena de maní en argentina. *Avances y Estado de Situación en Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales en Argentina, Actas IV Encuentro Argentino de Ciclo de Vida – III Encuentro Argentino de Huella Hídrica*. Primera Edición.

Carta de suelos de la República Argentina - Hoja 3163-36y35; SAN JORGE-LAS PETACAS; 1990.

CEPAL. (2005). Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. Serie Medio ambiente y desarrollo nº118. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Charlón V., Tieri M.P., Frank F., Engler P. (2016) La Huella del agua en la producción primaria de leche en Argentina. *ResearchGate*

Fontanetto H., Keller O. y Albrecht J. (2009). Fertilización nitrogenada en soja en la región central de santa fe. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica cultivos de verano. Campaña 2009, publicación miscelánea nº 115

Franke, N.A., Boyacioglu, H. and Hoekstra, A.Y. (2013). Grey water footprint accounting: Tier 1 supporting guidelines, Value of Water Research Report Series No. 65, UNESCOIHE, Delft, the Netherlands.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK.

Rosetti L. (2018) Evaluación de híbridos de maíz en fechas de siembra temprana y tardía en Rafaela, Santa Fe. campaña 2017/2018. INTA. Información técnica de Cultivos de Verano, CAMPAÑA 2018/2019. Publicación Miscelánea año VI N° 2

Villar J. L. y Benzi P. y Sillón M. (2014). Evaluación de cultivares de maíz en siembras tempranas y tardías, CAMPAÑA 2013/2014. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica cultivos de verano. CAMPAÑA 2014 Publicación Miscelánea N° 128.