

# ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DEL CULTIVO DE SOJA DE SECANO EN EL PARTIDO DE TANDIL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE SATÉLITE

Olivera Rodriguez, Paula<sup>1</sup>, Rivas, Raúl<sup>2</sup>, Holzman, Mauro<sup>3</sup>

## I. Introducción

Producir alimentos implica el consumo de agua, lo cual convierte a este recurso en el principal componente en la producción de cualquier bien (*Pengue, 2006*).

En la actualidad a nivel mundial, se ha producido un incremento en el consumo de agua dulce, siendo la agricultura responsable por el 86% del consumo de agua en el planeta, incrementando a su vez la competencia con otros usos, como urbanos, industriales y el agua necesaria para la vida humana (*Chamorro & Sarandón, 2013*). Sumado a esto, la contaminación y degradación de los recursos hídricos también ha aumentado por el mayor consumo de agua demandado por la actividad agrícola. En numerosas cuencas del mundo el agua está mal gestionada y como consecuencia resulta insuficiente para satisfacer todas las demandas (*Instituto Internacional del Manejo del Agua, 2007*).

En este contexto, es útil entonces analizar el concepto de HH y sus tres componentes: el HHv, el HHa y el HHg. (*Chamorro & Sarandón, 2013*). A partir de la HH es posible evaluar flujos de agua que se consumen durante una actividad. Para dar cuenta de la importancia de este concepto, la necesidad de evaluar consumos de agua y su vinculación con los procesos productivos (agrícolas en este caso y en particular soja), es preciso sintetizar la situación en cuanto al cultivo que se refiere.

Desde la década de los 90 se desarrolla un proceso de agriculturización generalizado que acrecentó el uso de tierras con fines agrícolas. Estas superficies fueron ocupadas con cultivos de soja en su mayoría.

En las últimas dos décadas la soja ha pasado a ser el cultivo más importante de la Argentina, pues además de ocupar la mayor cantidad de superficie laborable, es el bien agrícola que más aporta al PIB del país. Aunado a lo anterior, la leguminosa ha ganado para Argentina el tercer lugar mundial como productor y el segundo lugar como exportador (*Teubal, 2008*).

Si bien Argentina es uno de los países más ricos en cuanto a fuentes de agua dulce, el 40 % de sus superficies corresponden a regiones semiáridas con poca disposición de agua. En un principio, fueron el soporte de cultivos adaptados a estas regiones, pero que en la actualidad por el proceso de agriculturización están siendo sembradas con soja. Además, el cultivo, lleva a la utilización de una mayor cantidad de productos fitosanitarios que también impactan en el ambiente, contaminando suelos y fuentes de agua. Entonces, si bien este cultivo permitió aumentar la productividad y rentabilidad actual, también aumentó los costos ambientales, entre ellos la contaminación y sobre-extracción de nutrientes y agua (*Viglizzo y Jobbágy, 2010*).

El aumento en la producción, exportación de materias primas y commodities (principalmente soja) han convertido a la Argentina en el segundo exportador de agua virtual de América Latina

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA. paulaoliveraclazar@gmail.com

<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas, Instituto de Hidrología de Llanuras. rrivas@rec.unicen.edu.ar

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto de Hidrología de Llanura. mauroh@faa.unicen.edu.ar

y cuarto a nivel mundial (*Chamorro & Sarandón, 2013*) aumentando así también su HH, con sus tres componentes.

El 70 % de la soja del país sale de la región pampeana, donde existe dominio del cultivo de soja. Es decir, existe concentración sojera con cultivos genéticamente modificados, exclusivamente de exportación, con dependencia de un único agroquímico (*Pengue, 2006*) repercutiendo en el aumento del consumo de agua y aumentando conjuntamente el HHg.

El uso del agua en la Argentina, especialmente para la producción de cultivos de exportación y acompañada de la mano de un posible ciclo más seco en los periodos por venir, obliga a una reflexión, sobre el uso consuntivo del recurso, especialmente frente a las nuevas demandas productivistas tanto en las regiones extrapampeanas como en áreas pampeanas (*Sierra, 2006*).

La producción de soja bajo secano conlleva a un consumo de agua determinado que pocas veces es considerado. Este consumo puede estudiarse y comprenderse a partir de la aplicación del concepto huella hídrica, agua verde y agua gris brindando elementos para una potencial gestión.

Este último aspecto otorga a este proyecto de investigación una relevancia particular, dado que las incursiones académicas en materia de agua verde y agua gris (principales componentes de la HH) no fueron abordadas en profundidad y solo se expresa en forma conceptual a través del concepto de HH. Dicho esto último, el valor principal de esta investigación radica en su carácter precursor en cuanto a este tipo de estudios se refiera en Argentina y en el resto de Latinoamérica.

Otro aspecto que confiere importancia a este proyecto es la posibilidad de articular este trabajo con investigaciones de mayor envergadura como el actual proyecto FONARSEC 19 de seguimiento y control de inundaciones y sequías en el área sur de la cuenca del Río Salado.

El objetivo general de este proyecto es estimar el agua verde y el agua gris del cultivo de soja en condiciones de secano en una parcela del Partido de Tandil durante las campañas 2014/15-2015/16. (Figura 1)

Este trabajo se propone además objetivos secundarios:

- Plantear los lineamientos básicos para las estimaciones de HHv y HHg, necesarias para el cálculo de la HH total.
- Extrapolar datos calculados a escala de parcela y estimar efectos ambientales a escala de partido y de Región Pampeana desde la visión de la HH.
- Articular este trabajo con el proyecto FONARSEC de Seguimiento y Control de Inundaciones y Sequías, el cual posibilitará el seguimiento de HHv a nivel de la vertiente sur de la cuenca del Río Salado.

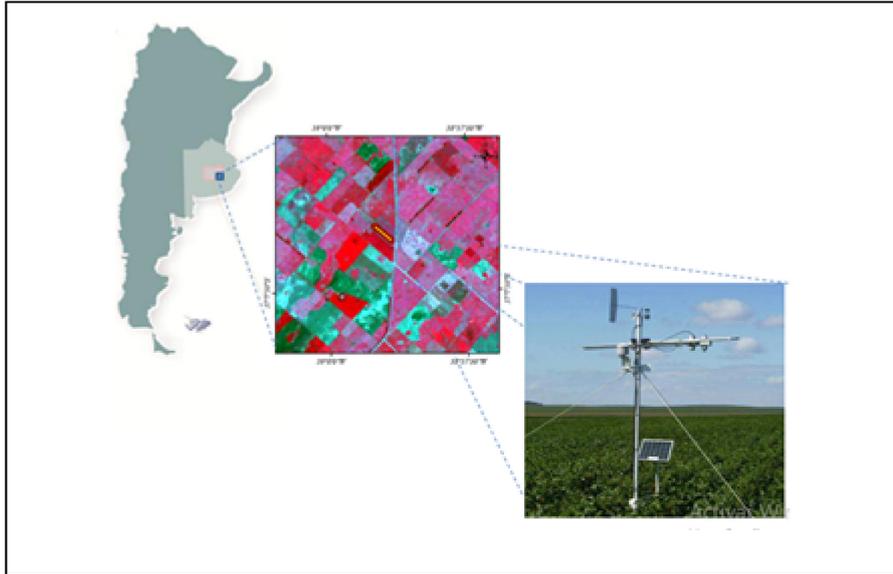


Figura 1. Establecimiento La Campana, situado en el Partido de Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina

## II. Metodología

Para estimar el HHv se utilizará la ecuación propuesta por (Mekonnen y Hoekstra, 2011):

$$HHv = \frac{ET}{Y} \quad [1]$$

Donde **ET** es el agua consumida y evapotranspirada por el cultivo (en mm llevada a m<sup>3</sup>/ha) e **Y** el rendimiento del cultivo expresado en (t/ha).

Para determinar HHg se aplicará (Mekonnen y Hoekstra, 2011):

$$HHg = \frac{L}{[C_{max} - C_{nat}] \cdot Y} \quad [2]$$

Siendo **L** la cantidad de fertilizante aplicado al cultivo (kg/ha), **C<sub>max</sub>** la concentración máxima de ese fertilizante admitida por normativa nacional (kg/m<sup>3</sup>), y **C<sub>nat</sub>** concentración natural, si existiese, de ese fertilizante en el acuífero o en el cuerpo de agua receptor (kg/m<sup>3</sup>). Dependiendo del cultivo bajo análisis se considerarán fertilizantes fosforados o nitrogenados según corresponda. En el caso de la soja no se aplican fertilizantes nitrogenados por lo tanto se considerará la posibilidad de aplicación de fósforo.

El valor de ET y de Y se calculará siguiendo la metodología que lleva adelante el grupo de investigación en que desarrollaré el proyecto de beca (Instituto de Hidrología de Llanuras- Grupo de Teledetección). Los datos meteorológicos corresponden a registros de ensayos sobre parcelas de soja, al igual que datos propios del cultivo (*Ocampo y Rivas, 2011*). En cuanto a estos últimos se requerirá complementar con datos aportados mediante encuestas semiestructuradas a otras instituciones e informantes calificados como productores agropecuarios e ingenieros agrónomos.

La parcela experimental que se utilizará para la estimación del HHv y HHg de un cultivo de soja se encuentra en el Establecimiento La Campana, situado en el Partido de Tandil, Provincia de Buenos Aires, a 15 km del casco urbano (37° 17' Sur; 58° 56' Oeste, 152 m). (Figura 1)

Para la extensión de los datos a nivel de partido se utilizarán imágenes de satélite (misión Landsat DCM) en los que se clasifican las parcelas con cultivo de soja en la campaña correspondiente aplicando el método de clasificación supervisada (*Rivas y Carmona 2011*).

Posteriormente se aplicará una máscara para eliminar las parcelas que no están cultivadas de soja y se aplicará la ecuación 1 y la ecuación 2 para generar un mapa de HH, HHv y HHg.

En la Tabla 1 se enumeran los instrumentos que componen las estaciones portátiles ubicadas en las parcelas para la medición del conjunto de variables necesarias para la aplicación de la ecuación de Priestley y Taylor.

Tabla 1. Equipo a utilizar en el estudio

Sensor	Modelo	Uso
Flujo de calor en el suelo	Hukseflux, HFT3	Flujo de calor en el suelo
Sensor RN	Kipp & Zonen, CNR1	Radiación de onda corta y larga
Datalogger	Campbell, CR10X, CR1000	Almacenado de datos
Temperatura de superficie	Campbell, Apogee	Temperatura de superficie
Net Radiometer	Kipp & Zonen, NR Lite	Radiación neta
Sensor Ta y HR	Campbell, CS215	Temperatura y Humedad del aire
Anemómetro	Met one, 014A	Velocidad de viento
Sensores de humedad	Decagon Devices, Inc EC-10 y Sensores SHC-20	Humedad de suelo

Los datos medidos en la parcela permitirán validar las estimaciones de ET realizadas desde satélite y posteriormente calcular un mapa de agua verde usada a escala de partido. Para la estimación de agua gris se considerará el valor de la aplicación L promedio a escala de todo el partido para el conjunto de parcelas con soja.

### III. Resultados alcanzados hasta el momento

Se ha definido la ecuación de aplicación para la estimación de ET (en las parcelas y a nivel de partido). La ecuación operativa es la siguiente (Rivas y Carmona 2010).

$$ETd = FE\alpha \cdot \left[ \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] \cdot (Rnd - Gd) \cdot fc \quad [3]$$

donde **FE** es la fracción evaporativa promedio para el ciclo del cultivo (adimensional),  **$\alpha$**  (adimensional) es el parámetro de Priestley-Taylor y se asume un valor de 1,41 (Carmona et al. 2010),  **$\Delta$**  es la pendiente de la curva de presión de vapor saturado como función de la temperatura media del aire ( $kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$ ),  **$\gamma$**  es la constante psicrométrica ( $kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$ ), **Rnd** es la radiación neta diaria en el píxel ( $W \text{ m}^{-2}$ ), **Gd** el flujo de calor en el suelo diario ( $W \text{ m}^{-2}$ , considerado igual a cero para la escala de tiempo diaria) y **fc** es igual a 28,36 y es el factor de conversión de unidades de  $W \text{ m}^{-2} \text{ a mm día}^{-1}$ , como se expresa comúnmente **ETd**.

El Y se estimará aplicando el modelo de rendimiento espacial propuesto por Holzman et al. (2014) con errores del orden del 20%:

$$Y = C_1(TVDI)^2 + C_2TVDI + C_3 \quad [4]$$

Donde **TVDI** es un índice de estrés hídrico (Temperature Vegetation Dryness Index), calculado a partir de la temperatura radiativa de superficie e índice de vegetación,  **$C_1$** ,  **$C_2$**  y  **$C_3$**  son coeficientes dependientes de la región agro-ecológica (Holzman et al., 2014; Holzman y Rivas, 2016).

Para la estimación a escala de partido se aplicará el resultado de la clasificación supervisada, píxel a píxel, la ecuación 3 (sumatoria de la ETd resultante del ciclo del cultivo), que permitirá el

cálculo de la HHv. Para la estimación de HHg se aplicará la ecuación 2, considerando al igual que para la HHv el dato de rendimiento del cultivo, aportado por la ecuación 4.

La elaboración de cuestionarios para los informantes calificados forma parte de los resultados alcanzados, estos se realizaron con el propósito de conocer la cantidad de fertilizante aplicado por hectárea en el cultivo de soja, así como también datos correspondientes a Y. Información fundamental tanto para el cálculo de la HHg como HHv y será utilizada para validar los datos recabados en las parcelas experimentales y cotejar la información brindada por las imágenes de satélite.

El primero de los cuestionarios se confeccionó para los productores agropecuarios del Partido de Tandil (Anexo 1) mientras que el segundo cuestionario fue realizado para los comerciantes de agroquímicos de la zona (Anexo 2). A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los mismos:

En el caso de los comerciantes en su mayoría cuentan con más de 8 años dedicados a la venta de fertilizantes nitrogenados, fosfatado, azufrados y mezclas químicas. En el cultivo de soja se prioriza la fertilización fosfatada en la etapa de pre-siembra, como arrancador para promover un buen desarrollo temprano al establecerse el cultivo. Por lo que se comercializa fertilizantes en el que el elemento predominante es el fósforo (P), con concentraciones que rondan el 43%, como el fosfato monoamónico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), fosfato diamónico  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  y mezclas químicas que poseen concentraciones de azufre (S) y nitrógeno (N) pero en menor proporción, ya que si bien el mejor efecto de arranque proviene del P, la mejor sinergia se obtiene con la aplicación de concentraciones menores de S y N.

La utilización de estos fertilizantes fosfatados, particularmente en el cultivo de soja, varía entre los 60 y 70 kg/ha, de acuerdo a los estudios de suelo que se realizan. Todos los comerciantes concluyeron en que la utilización de fertilizante aumentó durante la campaña 2014/15-2015/16, en relación a campañas anteriores.

En las encuestas realizadas a productores, estos concordaron en que el fertilizante aplicado para cultivo de soja son los fosfatados nombrados anteriormente, siendo necesarios fundamentalmente durante la etapa emergente de la planta.

En promedio estos productores poseen más de 15 años en la actividad agropecuaria y la mayoría de ellos son asesorados por ingenieros agrónomos, quienes les informan sobre la dosis necesaria de fertilizante a aplicar, las cuales a diferencia de lo estimado por los comerciantes, ronda entre los 40 y 80 kg/ha para lograr un rendimiento promedio de 2500 kg/ha. Esta variabilidad se debería, según los productores, a que la mayoría del P aplicado permanece en el suelo, siendo acotada la proporción que queda disponible para la planta.

El precio, el rinde estimado, las deficiencias de fertilidad del suelo y exigencias climáticas también influyen en el aumento o disminución del consumo de fertilizantes en cada campaña.

#### **IV. Conclusión**

Durante el tiempo en que se ha desarrollado este proyecto se ha logrado establecer que a diferencia de otros cultivos, la soja en particular por ser una leguminosa cuya semilla es inoculada, no requiere la aplicación de fertilizantes nitrogenados, dado que mediante la inoculación se logra la incorporación efectiva de un alto número de bacterias del suelo que fijan el nitrógeno atmosférico sobre la superficie de las semillas de soja previo a la siembra de las mismas. Esto genera que este elemento no sea trascendente para el cálculo del Agua gris.

En el cultivo de soja se prioriza la fertilización fosfatada, utilizando en su mayoría fosfato monoamónico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) y fosfato diamónico  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  debido a que el fósforo es un componente crítico para lograr un crecimiento rápido y un desarrollo adecuado de la parte aérea, de las raíces, de los nódulos, aumentando así los rendimientos del cultivo y cuya disponibilidad

se va reduciendo en forma progresiva con cada cosecha. En el caso de este proyecto es el fósforo entonces el elemento relevante y el que se utilizará para el cálculo del Agua gris. Un aspecto a destacar, ya que en la temática de Huella Hídrica, para el cálculo del Agua gris es habitual el uso de nitrógeno como parámetro de control. Esto permitirá a su vez poder profundizar en el conocimiento de los impactos de la fertilización fosfatada o no, en el ambiente.

Se definió la implementación de una ecuación alternativa a la recomendada por el Manual N° 56 de la FAO para el cálculo de la evapotranspiración, necesario para la estimación del Agua verde. El Modelo de Priestley y Taylor (1972) adaptado a la teledetección por Rivas y Carmona (2010) proporciona una performance aceptable en relación al método de referencia propuesto por Allen et al., (1998), siendo a su vez una ecuación de evaporación de simple aplicación y que requiere menos variables (*Ocampo y Rivas, 2011*) permitiendo simplificar y dinamizar los cálculos.

Sumado a esto cabe destacar que el rendimiento del cultivo, se estimará espacialmente con datos MODIS utilizando el método de Holzman et al. (2014) que permite resultados similares y aún más alentadores que los reportados en otros trabajos utilizando modelos tradicionales más complejos (*Holzman et al. 2014*)

Lo mencionado anteriormente son aciertos surgidos en el marco del desarrollo de este proyecto, que aportarán originalidad al mismo, pero también serán importantes a tener en cuenta en futuros trabajos sobre la temática de Huella Hídrica.

Las demandas de agua para el consumo humano básico y la sostenibilidad ambiental son prioritarias. Las necesidades futuras de mayor producción generarán una fuerte presión a nivel Argentina y en particular en la Región Pampeana, siendo este área la principal productora de soja del país, por lo que es necesario conocer anticipadamente la Huella Hídrica actual en todas sus escalas, estimando correctamente el Agua verde y Agua gris a nivel espacial, para evaluar adecuadamente los escenarios futuros, brindando elementos y herramientas para una apropiada gestión. La Huella Hídrica es un indicador biofísico de sostenibilidad, vinculante y sinérgico, que nos permiten una solución en los temas de integración de los componentes de un sistema. Además provee una base empírica y numérica para conocer los problemas, calcular el impacto de las actividades en el medio ambiente y poder actuar en consecuencia.

## **V. Agradecimientos**

El trabajo se realizó gracias a la beca de entrenamiento otorgada por la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC) y fondos del proyecto FONARSEC 19 "Desarrollo e implementación de sistemas automáticos de alerta de inundaciones y sequías en el área sur de la cuenca del río Salado, provincia de Buenos Aires".

Se agradece a los productores agropecuarios y comerciantes que aceptaron gentilmente participar en las encuestas, a Silvina Echeverría y Marcela Guerrero, profesoras de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, quienes ayudaron en el diseño de las encuestas y por último, al Instituto de Hidrología de Llanura y su grupo de teledetección por su constante apoyo y predisposición.

## Anexos

### I. Encuestas a productores agropecuarios

#### Utilización de fertilizante en cultivo de soja (productor)

Productor N° \_\_\_\_\_

Entrevistado: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Profesión: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

Coordenadas geográficas del campo/campos: \_\_\_\_\_

1. ¿Qué fertilizantes conoce?

- |  |   |
|--|---|
| a) Urea granulada y otros nitrogenados | h) Mezclas NPK (NP - NK - PK - NPK y otros) |
| b) UAN y otros líquidos                | i) Superfosfato Simple                      |
| c) Nitrato de Amonio                   | j) Superfosfato Triple                      |
| d) Nitrato de Potasio                  | k) Sulfato de Amonio                        |
| e) Cloruro de Potasio                  | l) Sulfonitrato de Amonio                   |
| f) Fosfato Diamónico                   | m) Sulfato Doble de Potasio y Magnesio      |
| g) Fosfato Monoamónico                 | n) Otros                                    |

2. ¿Hace uso de ellos?

- a) SI \_\_\_\_\_ b) NO \_\_\_\_\_

3. ¿Cómo se informa sobre quedosis utilizar en el cultivo?

- |                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| a)- Ing. Agrónomo _____       | c)- Grupo CREA _____ |
| b)- Vecino _____              | d)- INTA _____       |
| e)- Otros (especificar) _____ |                      |

4. ¿Cuánto tiempo lleva en el manejo de dichos fertilizantes?

5. ¿Conoce cuál es el principal componente (el de mayor proporción) de los fertilizantes que utiliza?

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| a) Nitrógeno _____ | d) Potasio _____ |
| b) Fósforos _____  | e) Otros _____   |
| c) Azufre _____    |                  |

6. ¿Aplica fertilizante sobre el cultivo de soja?

- a) SI \_\_\_\_\_ b) NO \_\_\_\_\_

7. ¿Cuál utiliza? ¿Por qué? \_\_\_\_\_

8. ¿Cuál es el estado de agregación de dicho fertilizante:

- a) Líquido \_\_\_\_\_ b) Sólido \_\_\_\_\_

9. La fertilización del cultivo es realizada por:

- a) Equipo tercerizado \_\_\_\_\_ b) Productor \_\_\_\_\_ c) Ambos \_\_\_\_\_

10. ¿Qué cantidad de fertilizante utiliza por hectárea particularmente en el cultivo de soja?

11. ¿En qué fechas se procede a la siembra y cosecha del cultivo de soja?

Fecha de siembra \_\_\_\_\_ Fecha de cosecha \_\_\_\_\_

12. ¿En qué momentos es conveniente fertilizar el cultivo? ¿Porque?

- a) Pre-siembra \_\_\_\_\_  
b) A la siembra \_\_\_\_\_  
c) Post-siembra \_\_\_\_\_  
d) Combinación de Etapas (especificar) \_\_\_\_\_

13. ¿Cuál es el nivel de conocimiento que posee con respecto a las indicaciones de uso de dicho fertilizante?

- a) Muy alto \_\_\_\_\_  
b) Alto \_\_\_\_\_  
c) Medio \_\_\_\_\_  
d) Bajo \_\_\_\_\_  
f) Muy bajo \_\_\_\_\_

14. En el caso del partido de Tandil, ¿hay alguna exigencia de suelo o climática a tener en cuenta para la aplicación de fertilizante?

- |                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| a) Profundidad de los suelos _____ | e) Temperatura _____        |
| b) Textura _____                   | f) Humedad _____            |
| c) Nivel freático _____            | g) Precipitaciones _____    |
| d) Ph del suelo _____              | h) Otra (especificar) _____ |

15. ¿Podría decirnos a su entender qué eventos o sucesos influyen en el aumento o disminución del consumo de fertilizantes?

16. Con respecto a su conocimiento de campañas anteriores, ¿puede estimar el consumo de fertilizante por hectárea y el rendimiento del cultivo?

17. ¿Tiene conocimiento sobre qué porcentaje de fertilizante es consumido por la planta y que porcentaje de dicho fertilizante se pierde?

18. Usted, ¿utiliza información meteorológica para llevar a cabo la tarea de fertilización?

- a) SI \_\_\_\_\_ b) NO \_\_\_\_\_

19. Puede indicar cuál es la fuente donde consulta los datos climáticos necesarios?

Servicio Meteorológico Nacional Argentino \_\_\_\_

Páginas web (especificar) \_\_\_\_

Otros informantes calificados (especificar) \_\_\_\_

20. ¿Estaría dispuesto a utilizar otra red de datos meteorológicos?

a) SI \_\_\_\_ b) NO \_\_\_\_

21. En su establecimiento/unidad productiva, ¿lleva registro de precipitaciones?

a) SI \_\_\_\_ b) NO \_\_\_\_

22. Registra otra variable meteorológica o del suelo?

SI (Especificar) \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_

23. ¿Sería posible, con su previa autorización y consentimiento, realizar un seguimiento de la aplicación de fertilizantes y la respuesta del cultivo al mismo dentro de su campo?

## II. Encuestas a comerciantes

### Utilización de fertilizante en cultivo de soja (comerciante)

Comerciante N° \_\_\_\_\_

Entrevistado: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Profesión: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

1. ¿Qué tipo de fertilizantes comercializa?

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| a) Nitrogenados _____ | d) Azufrados _____      |
| b) Fosfatados _____   | e) Mezcla química _____ |
| c) Potásicos _____    | f) Otros _____          |

2. ¿Cuánto tiempo ha comercializado dichos fertilizantes?

3. Con respecto al cultivo de soja, ¿Qué fertilizante comercializa?

4. ¿Qué concentración posee?

5. ¿Cuál es el estado de agregación de dicho fertilizante?

- a) Líquido \_\_\_\_\_ b) Sólido \_\_\_\_\_

6. ¿En qué fecha se comercializa con mayor frecuencia este fertilizante para el cultivo de soja?

- a) Pre-siembra \_\_\_\_\_  
b) A la siembra \_\_\_\_\_  
c) Post-siembra \_\_\_\_\_  
d) Combinación de Etapas (especificar) \_\_\_\_\_

7. Podría estimar cuántas compras de fertilizante realizan los productores agrícolas de soja durante la misma campaña del cultivo:

- a) 1 \_\_\_\_\_ b) 2 \_\_\_\_\_ c) 3 \_\_\_\_\_ d) Mas \_\_\_\_\_

8. ¿En qué fechas se procede a la siembra y cosecha del cultivo de soja?

- a) Fecha de siembra \_\_\_\_\_ b) Fecha de cosecha \_\_\_\_\_

9. ¿Conoce cuantos kilogramos de fertilizante se utilizan por hectárea particularmente en el cultivo de soja?

10. ¿Cómo se informa Ud. sobre el uso de dicho fertilizante?

11. Puede estimar qué volumen (en tn) de fertilizante comercializa por campaña de soja.

12. En el caso del partido de Tandil, ¿hay alguna exigencia -de las que se detallan- del suelo o climática a tener en cuenta para la aplicación de fertilizante?

- a) Profundidad de los suelos \_\_\_\_\_ f) Temperatura \_\_\_\_\_

b) Textura \_\_\_\_\_ g) Humedad \_\_\_\_\_

c) Nivel freático \_\_\_\_\_ h) Precipitaciones \_\_\_\_\_

e) Ph del suelo \_\_\_\_\_ i) Otrs (especificar) \_\_\_\_\_

13. ¿Tiene conocimiento sobre qué porcentaje del fertilizante aplicado es consumido por la planta y que porcentaje se pierde?

14. ¿Podría decirnos a su entender qué eventos o sucesos influyen en el aumento o disminución del consumo de fertilizantes?

15.Cuál es su opinión y respecto de campañas anteriores, sobre el uso de fertilizantes nitrogenados:

- a) Aumentó \_\_\_\_\_ b) Disminuyó \_\_\_\_\_ c) No se perciben modificaciones notorias \_\_\_\_\_

16. Como proveedor de fertilizantes, ¿es usted asesorado por alguna empresa, institución o profesional en particular, que le proporcione datos meteorológicos y edáficos concretos?

- a) SI (Especificar) \_\_\_\_\_ b) NO \_\_\_\_\_

## **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
- Chamorro, A. M., & Sarandón, S. J. (2013). 13702-El agua: un recurso esencial para una agricultura sustentable. Efecto de la tecnología, la calidad de sitio y el tipo de cultivo, sobre la eficiencia de su uso en Tres Arroyos, Argentina. Cuadernos de Agroecología, 8(2).
- Evaluación exhaustiva del manejo del Agua en Agricultura. 2007. Agua para la Alimentación, Agua para la Vida. Londres: Earthscan y Colombo: Instituto Internacional del Manejo del Agua.
- Holzman, M.E., Rivas, R. and Piccolo, M.C., 2014. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 28: 181-192.
- Holzman, M.E. and Rivas, R., 2016 Early maize yield forecasting from remotely sensed temperature/vegetation index measurements. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 9 (1): 507-519
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption. Value of Water. Research Report Series(50).
- Pengue, W. A. (2006). Agua virtual, agronegocio sojero y cuestiones económico- ambientales futuras. Ambiente Y Sociedad.
- Pengue, W. A. (2009). Cuestiones económico-ambientales de las transformaciones agrícolas en las Pampas. Problemas del desarrollo, 40(157), 137-161.
- Priestley C.H.B., Taylor J. 1972. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. Monthly Weather Review, 100(2):81-92
- Ocampo, D., & Rivas, R. (2011). Evaluación de métodos de estimación de la evapotranspiración a escala mensual y anual en Argentina: aplicación en zonas húmedas, semiáridas y áridas
- R. Rivas y F. Carmona, 2010. La ecuación de Priestley-Taylor aplicada a nivel de píxel: una alternativa para estudios detallados de cuencas. Boletín Geológico y Minero, 121 (4): 401-412
- Sierra, E.M. (2006). Escenarios agroclimáticos para la producción de soja en la Argentina y el mundo. Tercer Congreso de soja del Mercosur. Conferencias Plenarias, Foros, Workshops. Bolsa de Comercio de Rosario. Mercosoja. Pág. 247. Rosario.
- Teubal, M. (2008). Expansión de la soja transgénica en la Argentina. Working Group on Development and Environment in the Americas.
- Viglizzo, E. F., & Jobbágy, E. (2010). Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental (No. P01 INTA 18412).