

# **Efecto del estrés hídrico y el manejo agronómico sobre el perfil de ácidos grasos de los granos de soja para la producción de biodiesel**

**Ing. Agr. Guido Di Mauro**

*Becario Fundación Nuevo Banco de Santa Fe - Beca Innovación Tecnológica Edición 2014.*

Área temática: Ingeniería

Sub-área: Agronomía

## **INTRODUCCIÓN**

Las áreas agrícolas pampeanas se ven frecuentemente afectadas por sequías estivales de duración e intensidad variables. Cuando estas son pronunciadas y/o duraderas se genera en la planta una situación de estrés que afecta su normal funcionamiento (Andrade y Sadras, 2000) comprometiendo la calidad de las semillas. Existen valores de ácidos grasos óptimos para la producción de biodiesel (Bringe et al. 2005). Las proporciones de los valores rondan en 71,3% oleico, 21,4% linoleico, 2,2% linolénico, 2,1% palmítico, 1,0% esteárico y 2,0% otros. La calidad del biocombustible puede ser evaluada a través de la circulación en frío, la estabilidad frente a la oxidación y la emisión de óxido nitroso. Los ácidos grasos que limitan la circulación del biodiesel en frío son el palmítico y el esteárico. Los ácidos grasos linoleico y el linolénico le confieren al aceite mayor susceptibilidad a la oxidación aunque mejoran las propiedades de circulación en frío. La emisión de óxido nitroso se ve incrementada frente a grandes concentraciones de ácido linolénico (Bringe et al. 2005). Altas proporciones de ácido oleico confieren al biodiesel buenas propiedades de circulación en frío y estabilidad frente a la oxidación.

La oferta hídrica y la gama de prácticas agronómicas disponibles son dos factores podrían influir en el perfil de ácidos grasos de los granos de soja. *El objetivo del proyecto fue evaluar el impacto del estrés hídrico y del manejo agronómico sobre la composición acídica de los granos de soja para la producción de biodiesel.*

## **METODOLOGÍA**

### **Generalidades**

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Villarino en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario.

Fueron evaluados diferentes paquetes tecnológicos representativos de la región sojera pampeana (Tabla 1). Estos manejos de la producción fueron probados en tres ambientes con diferente disponibilidad hídrica: ambiente sequía, riego y seco. El ambiente sequía se generó a través de un Rain-out Shelter. Estas estructuras móviles automatizadas, están formadas por una cubierta que evita la entrada de precipitaciones en el caso que se produzcan. El ambiente riego fue generado por medio de equipos de riego por goteo; mientras que en el ambiente seco el agua provino exclusivamente de las precipitaciones ocurridas durante la campaña.

En madurez comercial, las parcelas fueron trilladas para obtener las semillas de cada repetición. Mediante espectroscopia de infra-rojo cercano (NIRs) se

---

El presente proyecto fue dirigido por el Dr. Lucas Borrás y el Dr. José Gerde (CONICET – Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario)

determinó la concentración de aceite en semillas. El perfil de ácidos grasos, se efectuó con el mismo instrumental utilizando una curva de calibración generada con 170 muestras a las que se les determinó dicho perfil bajo la metodología de cromatografía en fase gaseosa con detección de ionización de llama (FID) de acuerdo a Gerde et al. 2011.

**Tabla 1:** Descripción de los distintos paquetes tecnológicos evaluados.

Estrategia de manejo	Cultivar comercial	Densidad (pl m <sup>2</sup> )	Espaciamiento entre surcos (m)	Tratamiento químico semillas	Fungicida foliar
Productor	SPS 4x4	40	0,33	Tiram + Carbendazim	No
Productor	SPS 4x99	40	0,33	Tiram + Carbendazim	No
Comercial 1	SPS 4x4	25	0,33	Plenus Max	Si
Comercial 1	SPS 4x99	25	0,33	Plenus Max	Si
Comercial 2	SPS 4x4	25	0,33	Plenus Max + RG	Si
Comercial 2	SPS 4x99	25	0,33	Plenus Max + RG	Si
Comercial 3	SPS 4x4	25	0,33	Plenus Max + Sedaxane	Si
Comercial 3	SPS 4x99	25	0,33	Plenus Max + Sedaxane	Si
Alta productividad 1	SPS 4x4	60	0,25	Plenus Max + Sedaxane	Si
Alta productividad 2	SPS 3x9	60	0,25	Plenus Max + Sedaxane	Si
Defensivo 1	SPS 4x99	25	0,50	Plenus Max	Si
Defensivo 2	SPS 4x99	40	0,50	Plenus Max	Si
Defensivo 3	NA 5009	40	0,33	Plenus Max	Si
Defensivo 4	DM 50048	40	0,33	Plenus Max	Si

RG: Regulador de crecimiento vegetal.

## Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se efectuó un análisis de la varianza para detectar diferencias entre ambientes, estrategias de manejo y sus interacciones. Los valores medios fueron comparados mediante el método de Duncan.

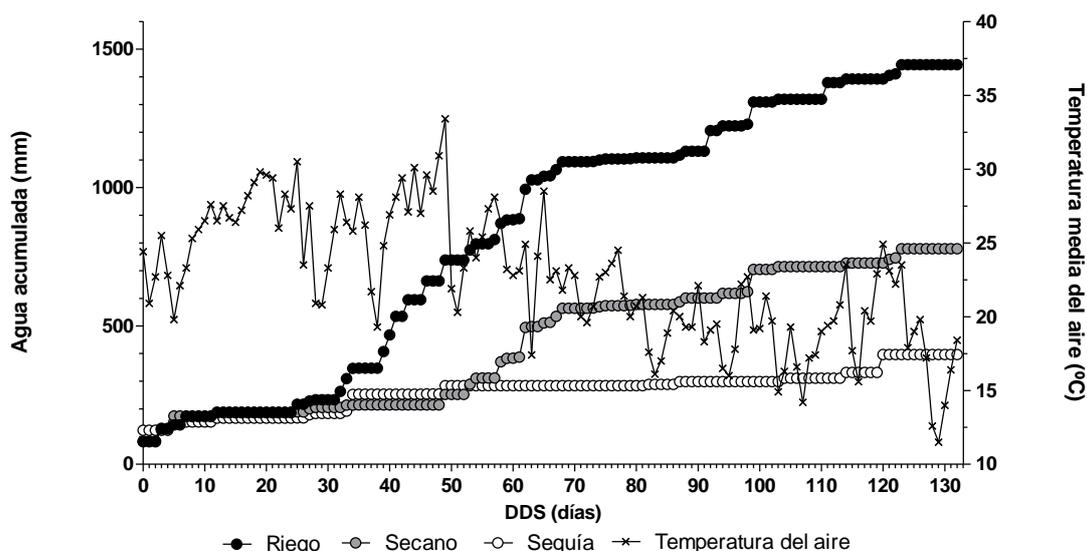
## RESULTADOS

### Condiciones ambientales

La demanda atmosférica fue mayor en las etapas vegetativas, máxima en la etapa de floración y cuaje de los granos, y menor en las etapas de llenado de granos y secado (Figura 1). Fue posible generar tres ambientes con marcadas diferencias hídricas, la cantidad de agua acumulada desde siembra a madurez de cosecha fue 397, 779 y 1444 mm, para los ambientes sequía, secano y riego, respectivamente (Figura 1).

### Aceite y perfil de ácidos grasos

En lo que refiere a concentración de *aceite* (%), se observaron diferencias significativas entre ambientes ( $p < 0.01$ ), estrategias de manejo ( $p < 0.01$ ) y sus interacciones ( $p < 0.05$ ). La interacción entre ambiente y estrategia de manejo sólo pudo explicar un 12% de la variabilidad detectada. El ambiente sequía presentó valores medios mayores respecto a los dos restantes. Los valores más bajos de aceite correspondieron a las estrategias "Manejo defensivo 3 y 4" y valores intermedios para los "Manejos de alta productividad", y las restantes estrategias expusieron valores superiores (Tabla 2).



**Figura 1:** Condiciones ambientales registradas en los tres ambientes en evaluación. DDS: días después de la siembra.

Detectamos diferencias significativas entre ambientes ( $p < 0.01$ ) y estrategias de manejo ( $p < 0.01$ ) para las concentraciones de *ácido palmítico* (%). Los ambientes secano y riego fueron los que exploraron un rango de valores mayores (Tabla 2). Pudo observarse que dentro de las estrategias defensivas se presentaron valores muy extremos para este ácido graso (Tabla 2). Se observaron diferencias significativas entre ambientes ( $p < 0.05$ ) y entre estrategias ( $p < 0.01$ ) para *ácido esteárico* (%). En líneas generales, las estrategias defensivas fueron las que presentaron las mayores concentraciones, y las menores pudieron verse reflejadas en los manejos que apuntan a la obtención de rendimientos potenciales. El ambiente sequía presentó valores bajos de esteárico, seguido por secano y los máximos valores fueron observados en el ambiente riego (Tabla 2).

Para *ácido oleico* (%), se observaron diferencias significativas entre ambientes ( $p < 0.01$ ), y entre estrategias de manejo ( $p < 0.01$ ). El ambiente sequía expuso los mayores valores, seguido por riego y valores más bajos en secano (Tabla 2). Según el manejo productivo, se observaron dos estrategias muy contrastantes, "Manejo Alta Prod. 2" con valores mayores respecto "Manejo Defensivo 4" de valores bajos (Tabla 2).

No se visualizaron diferencias significativas entre ambientes en lo referente a concentración de *ácido linoleico* (%), pero sí entre estrategias de manejo ( $p < 0.01$ ). La interacción ambiente x estrategia de manejo fue estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), sin embargo sólo pudo explicar un 12% de la variación conocida por el modelo. Los Manejos Defensivo 3 y Alta Productividad 2 presentaron los valores más bajos y mientras que el Defensivo 1 los más altos. Las estrategias "productor" y "comerciales" expusieron una gama de valores intermedios (Tabla 2). Para *ácido linolénico* (%), se observaron diferencias entre ambientes ( $p < 0.01$ ) y entre estrategias de manejo ( $p < 0.01$ ). Si bien las diferencias entre ambientes fueron estadísticamente significativas, no implican grandes diferencias en valores absolutos (0.34%). Algo similar se observa cuando analizamos las distintas estrategias de manejo, aunque la diferencia es algo mayor que la anterior (0.73%) (Tabla 2).

**Tabla 2:** Resultados test de comparación de medias para concentraciones de aceite y ácidos grasos.

Estrategia de manejo	Aceite (%)	Oleico (%)	Linoleico (%)	Linolénico (%)	Palmitico (%)	Estearico (%)
Productor	19,60 cd	19,23 b	55,97 bc	8,81 a	10,72 abc	4,64 ab
Comercial 1	19,60 cd	19,18 b	55,84 bc	8,96 a	10,77 abc	4,62 ab
Comercial 2	19,80 d	19,28 b	55,84 bc	8,85 a	10,70 abc	4,68 ab
Comercial 3	19,60 cd	19,36 b	55,80 bc	8,80 a	10,76 abc	4,64 ab
Defensivo 1	19,80 d	19,18 b	56,19 c	8,99 a	10,59 ab	4,43 a
Defensivo 2	19,60 cd	19,33 b	56,09 bc	8,89 a	10,57 a	4,49 a
Defensivo 3	18,00 a	19,08 b	54,54 a	9,45 b	11,4 e	4,83 b
Defensivo 4	18,90 b	18,45 a	56,11 bc	9,36 b	10,81 bc	4,62 ab
Alta Prod. 1	19,40 bcd	18,95 b	55,69 çb	8,92 a	10,91 c	4,87 b
Alta Prod. 2	19,00 bcd	20,09 c	54,43 a	8,72 a	11,13 d	4,88 b
<b>Ambiente</b>						
Sequía	20,0 b	19,66 c	55,6 a	8,78 a	10,71 a	4,60 a
Secano	19,0 a	18,89 a	55,75 a	9,12 b	10,90 b	4,68 ab
Riego	19,0 a	19,09 b	55,6 a	9,02 b	10,91 b	4,73 b

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes

## CONCLUSIONES

De los análisis efectuados surge que tanto el ambiente como el manejo agronómico tienen influencia sobre la composición ácida del aceite de soja. Estos cambios en la composición de los ácidos grasos implican un cambio en las propiedades del biodiesel producido a partir del aceite. El estrés hídrico trae aparejado aumentos en la concentración total de aceite y ácido oleico, y disminuciones en los restantes ácidos grasos componentes del perfil. Si bien plantea un acercamiento a la concentración ideal de ácido oleico, los valores obtenidos distan mucho de la concentración objetivo. En cuanto al efecto de las distintas estrategias de manejo, no hemos podido detectar una estrategia “ampliamente ganadora”, que presente valores óptimos para todos los compuestos ácidos objetivos. Es conveniente destacar el buen comportamiento de la estrategia “Alta Productividad. 2”, debido a su mayor contenido de oleico. Como futura línea de investigación se propone desglosar a la estrategia de manejo, y plantear experimentos que puedan aislar el efecto individual de las tecnologías que las componen (densidad, cultivar, etc.). Así será posible testear si existe una combinación óptima que proporcione concentraciones de ácidos grasos en semillas que se encuentren cercanas al ideal requerido por la industria.

## REFERENCIAS

- Andrade, F.H., y V.O. Sadras.** 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. INTA Balcarce, Balcarce, 443 pp.
- AOCS.** 2009. AOCS Official Method Ac 3-44 Oil, In D. Firestone, ed. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 6th ed. American Oil Chemists' Society, Urbana, IL.
- Bringe, N.A.** 2005. Soybean oil composition for biodiesel. En The biodiesel handbook. Knothe, G., Van Gerpen, J., Krahl, J. (eds.). AOCS Press, Urbana IL, 161-164.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W.** 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL
- Gerde, J.A., Hammond, E.G., White, P.J.** 2011. Influence of polydimethylsiloxane on the formation of 4-hydroxynonenal in soybean oil at frying temperature. Journal of the American Oil Chemists' Society, 88:1503-1510.