

ENSAYO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN SUELOS HALOMÓRFICOS EN LA LOCALIDAD DE TORTUGAS

Ings. Agrs. Federico Castellarin; Jesús Cabellini; Iván Gullino; Gonzalo Mateo.

PROSPERAR. Asesores de Empresas Agropecuarias

1. Introducción

Los suelos halomórficos pueden ser naturales u antrópicos y se ubican tanto en regiones áridas como húmedas. En las primeras, las condiciones de aridez propician la conservación de sales solubles en los perfiles de suelos, mientras que en las regiones húmedas, el movimiento lateral de dichas sales hacia los bajos y el ascenso de las napas pueden enriquecer a los suelos con este elemento, cuando están ubicados en la parte mas deprimidas del paisaje (Vasquez, 2005). Los suelos halomórficos de áreas húmedas y subhúmedas, en general se ubican en zonas de precañadas y cañadas, formando intrincados mosaicos vinculados a los microrelieves presentes, que complican la dosificación de la enmienda a utilizar.

La Agricultura por ambiente se basa en el reconocimiento de la heterogeneidad ambiental, la generación de reglas de decisión de manejo de los cultivos por ambiente y de la gestión de la tecnología de ambientes.

2. Objetivos

El siguiente trabajo persiguió dos objetivos primero: **1-** Comparar la respuesta económica, entre un manejo (densidad de siembra y fertilización) uniforme frente a un manejo variable en cultivo de sorgo, dentro de un mismo lote, cuya principal fuente de variación es la concentración de sodio (Na^+), basándose en la utilización de herramientas de agricultura de precisión. **2-** Comparar el rendimiento que produjeron los diferentes tipos de manejo de insumos (variables versus fijos) en el mismo cultivo.

3. Materiales y Métodos

Con ese objetivo se llevo a cabo una experiencia en un campo ubicado en la localidad de Tortugas (Santa Fe, Argentina), durante la campaña 2008/2009. Los suelos pertenecen al complejo de series La Florida (60%), con drenaje natural imperfecto, alcalinidad sódica en los horizontes mas arcillosos, ligeramente salinos en profundidad y fuertemente cementados a partir de los 96 cm, Colonia Mendiguren (40%), con drenaje natural imperfecto a malo y fuertemente alcalino sódico desde la superficie. Con una capacidad de uso: VI ws (limitaciones de drenaje y sodio). Las precipitaciones promedio anuales son de 835 mm, produciéndose el 45% de las mismas en el periodo estival.

Precipitaciones ocurridas en el periodo Abril 2008 - Marzo 2009												
	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Febr.	Marz.
Lluvias 2008-2009 (mm)	30	0	0	6	0	16	41	149	39	114	221	93
Serie Historica de Carta de Suelo (mm)	74	44	20	25	24	56	81	89	93	101	88	138
Diferencia en (mm)	-44	-44	-20	-19	-24	-40	-40	60	-54	13	133	-45

Cuadro 1. Precipitaciones periodo Abril 2008-2009, serie histórica y diferencia.

La oferta total de lluvias para el mes de diciembre fueron inferiores a lo normal, meses que coincidieron con las primeras etapas del periodo vegetativos del cultivo y sus efectos fueron atenuados por ser un cultivo con baja sensibilidad al estrés. A partir de enero las lluvias se normalizaron, creando condiciones favorables para el crecimiento en los periodos de formación de panojas y del llenado de los granos.



Figura 1. Ubicación del Ensayo

En un lote de 15 has se determinaron 3 sitios de rendimientos diferentes en función a un mapa de rendimiento de la campaña anterior de soja.

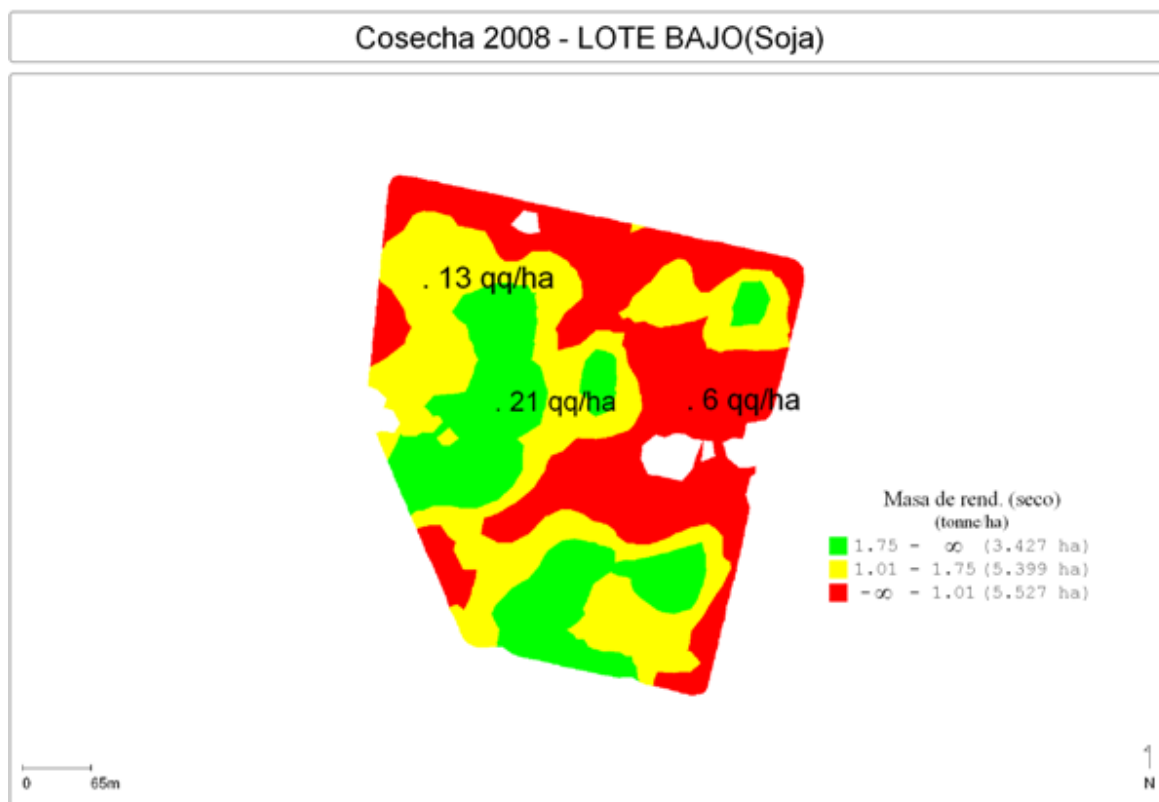


Figura 2. Mapa de Rendimiento de soja cosecha 2008.

Complementariamente se utilizó una sonda Veris 3100 con sistema de medición de conductividad eléctrica a dos profundidades 0-30 cm y 0-90 cm con la cual se generó un mapa de conductividad. La medición se realizó el 6 de Junio en condiciones de pobre humedad en el perfil del suelo. El servicio de mapeo de conductividad eléctrica y muestreos dirigidos (7 muestras de suelo) fue provisto por el laboratorio Molisol de la localidad de Totoras. Se volvió a repetir la medición el 24 de septiembre para tener una mayor confiabilidad de los datos ya que la anterior lectura se había realizado en condiciones de escasez de humedad.

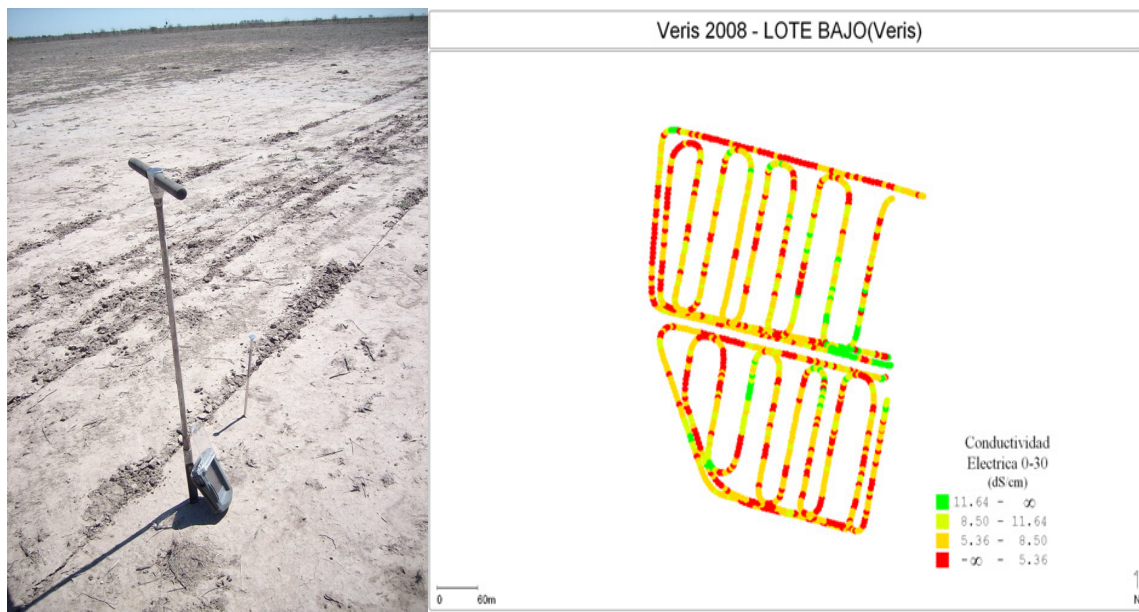


Figura 3. Medición del Veris 3100 (Izquierda), Mapa de conductividad eléctrica (Derecha).

Los tratamientos consistieron en franjas que atravesaron la variabilidad del lote, unos con la densidad de siembra, dosis de nitrógeno y yeso natural ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ajustados según el potencial de rendimiento esperado en cada zona (manejo de insumos variables) y un testigo con la dosis de fertilizante densidad de siembra y enmienda cálcica que usualmente aplica el productor (Dosis fija), este tratamiento se situaba paralelo a los tratamientos de dosis variable, con el objetivo de poderlos comparar.

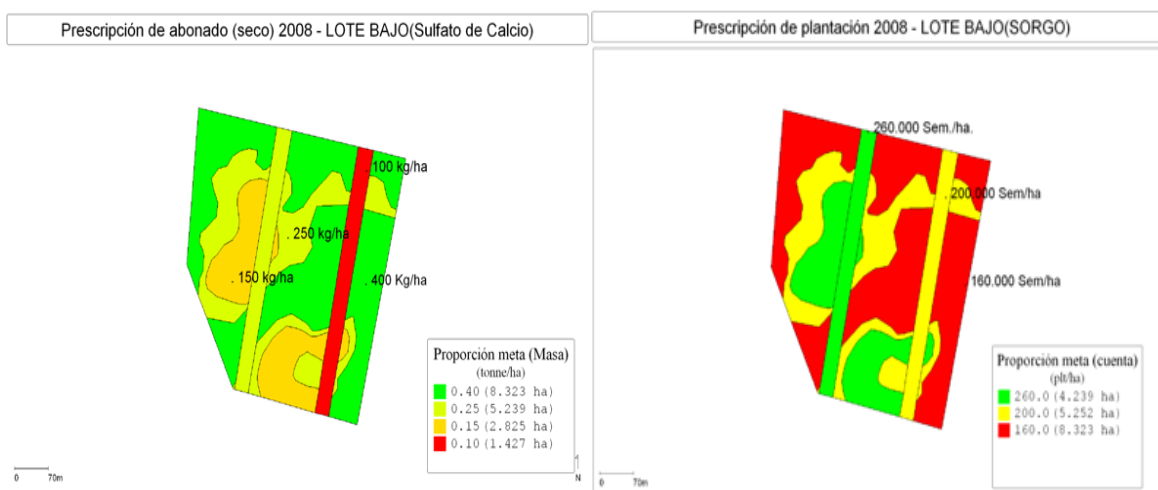


Figura 4. Prescripción de sulfato de Calcio (Izquierda), Prescripción de Siembra (Derecha).

El 14 de octubre previo a la siembra del sorgo se realizaron muestreos dirigidos en dónde se obtuvieron los valores de materia orgánica, PH, conductividad eléctrica, CIC y cationes a dos profundidades 0-20 cm y 20-40 cm. Sobre la base de los datos antes descriptos se realizaron recomendaciones agronómicas de manejo y de recomendación de dosis variables de insumos.

El lote usado para este estudio fue de antecesor soja y previa a ésta el lote proviene de historia netamente ganadera. El mismo fue sembrado el 23 de noviembre del 2008 con la sembradora Prototipo ERCA de 19 surcos a 35 cm de separación entre cuerpos, con simple fertilización más el equipo de prescripción variable de la firma D&E Terra 6200.



Figura 5. Siembra (Izquierda), Motor Hidráulico (Centro), computadora de aplicación variable D&E Terra 6200 (Derecha).

El ensayo considerado fue de dosis variable de semilla utilizándose un Híbrido DK 61T de Ciclo Intermedio (Monsanto) y dosis variable de Sulfato de Calcio a la siembra; posterior a la siembra el 25 de octubre se realizó la aplicación variable de de Sol Mix 20-0-0-4 con un pulverizador PLA 3500 el cual posee una computadora D&E Aqua 6200.



Figura 6. Pulverizador PLA con equipo de aplicación Variable (izquierda), computadora de aplicación variable D&E Aqua 6200 (Derecha).

La emergencia se produjo a los 13 días determinándose la eficiencia de implantación, arrojando datos importantes por ambiente.

Eficiencia de Implantación por Ambiente

Ambiente Malo	46%
Ambiente Medio	72%
Ambiente Bueno	78%



Figura 7. Medición de la eficiencia de implantación por ambiente.

Para el control de malezas se aplicó glifosato 48% (2.8 lts/ha), 2-4D Ester (1 lts/ha) junto con Atrazina G90 (700 grs./ha). Posterior a la siembra se aplicó Atrazina G90 (1.800 grs./ha).

Una tormenta intensa con granizo del 24 de diciembre produjo un daño leve al cultivo que se encontraba en estado vegetativo de 10 hojas aproximadamente el cual se recuperó sin dificultades.

La floración se inició el 12 de enero apareciendo las primeras panojas en los ambientes de mejor calidad.

La tarea de recolección de este cereal se inició el 08 de abril con una cosechadora John Deere 9650 STS con un rendimiento promedio logrado de 78 qq/ha y una humedad de 15.7 %. Las condiciones ambientales durante la cosecha fueron satisfactorias sin afectar al piso y ni a la calidad comercial.



Figura 8. Día de la cosecha (izquierda), determinación de humedad (centro), buena inserción y tamaño de panoja (Derecha).

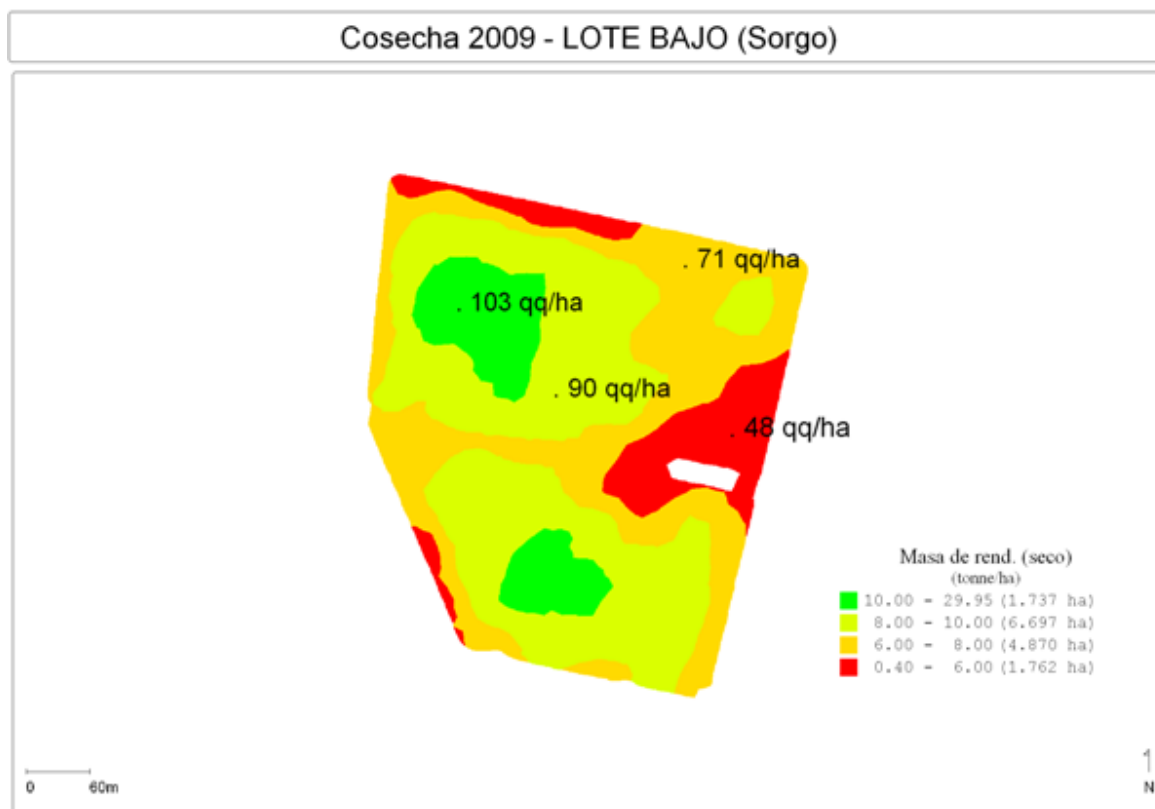


Figura 9. Mapa de rendimiento del Sorgo.

4. Resultados y Consideraciones

Los resultados para el primer objetivo indicaron que la utilización de dosis variables, según zonas de manejo, aumenta el margen económico, y que los resultados positivos se debieron a una disminución de costos en los insumos de la aplicación variable y no a un mayor ingreso por rendimiento. Como conclusión de esta experiencia se debe destacar los avances en las maquinarias precisas que permiten realizar actividades diferenciadas en situaciones que anteriormente no se consideraban como factibles.

Los resultados para el segundo objetivo se describirán debajo del cuadro de resultados y para cada caso en particular.

Cuadro 2: El siguiente cuadro muestra la superficie en hectáreas que ocupaba cada zona de manejo. Los insumos de la dosis fija o testigo (siembra como realizaba el productor años anteriores), los insumos variables según zonas y las diferencias en cantidad de insumos aplicados por zonas.

	Sup.en %	16.5	9.00	28.00	46.5
	Sup. en ha	2.47	1.30	4.05	6.7
	Insumos	1	2	3	4
Dosis Variable	Sol Mix (Lts/ha)	360	230	230	120
	Semilla (Unid./ha)	260000	260000	200000	160000
	Sulfato De Ca (Kgs/ha)	150	250	250	400
Dosis Fija	Sol Mix (Lts/ha)	230			
	Semilla (Unid./ha)	200000			
	Sulfato de Ca (Kgs/ha)	100			

Cuadro 3. Rendimientos por zonas de aplicación variable, versus los de la dosis fijas y las diferencias de rendimiento en toneladas por hectáreas a favor o en contra.

Rendimiento		1	2	3	4
	Variable	9.6	9.8	8.5	7.6
	Fija	9.4	9.4	8.1	6.5
Diferencia	Tn/ha	0.2	0.4	0.4	1.1

Costo de Insumos

Sulfato de Ca	U\$/Tn.	175
Sol Mix	U\$/Tn	237.4
Semilla	U\$/Bolsa	94

Tipo de Cambio U\$ 3.8

Precio de Venta U\$/Tn 94.6

Cuadro 4. En el siguiente cuadro se pueden observar los resultados económicos relacionados con los insumos aplicados y el rendimiento logrado por zonas.

Resultado Económico

	1	2	3	4
Ingreso	U\$ 18.9	U\$ 37.8	U\$ 37.8	U\$ 104
Semilla	U\$ -7.2	U\$ - 7.2	U\$ 0	U\$ 4.7
Sol Mix	U\$ -24.7	U\$ 0	U\$ 0	U\$ 21
Sulfato de Ca	U\$ -8.7	U\$ -26.3	U\$ -26.3	U\$ -52.5
Resultado	U\$-21.7	U\$ 4.3	U\$11.5	U\$ 77.2

Cuadro 4. En el cuadro inferior se muestra el porcentaje de ocupación en el total del lote (15 has), el ingreso por hectárea aportado por esa zona, y el ingreso ponderado por la superficie.

Superficie en %		16.50	9.00	28.00	46.50
Ingreso / Ha		U\$-21.7	U\$4.3	U\$11.5	U\$ 77.2
Ingreso Ponderado		U\$ -3.5	U\$ 0.4	U\$ 3.2	U\$ 35.9

Sumando el ingreso ponderado, aportado por cada zona, es que obtiene el monto de la ganancia de la dosis variable sobre la dosis fija, que en este caso fue de **36 u\$/ha** (el precio de la tonelada de sorgo al momento de hacer el análisis fue de 350 pesos).

Incremento Dosis Variable 36 u\$/ha.



Figuras 10 y 11. Fotografías Aéreas.

Si se analizara cada zona se podrían deducir lo siguiente:

Zona 1:

Es la zona de mayor potencial de rendimiento y donde los insumos se aplicaron con el objetivo de lograr un mayor rendimiento en grano (o sea mayor cantidad de insumos semillas y fertilizante nitrogenado en el tratamiento variable respecto al tratamiento de manejo uniforme). Desde el punto de vista agronómico, se puede notar que una mayor cantidad de insumos (manejo variable) no causo un rendimiento extremo superior respecto al fijo. Esto permitiría deducir que de los tres insumos (semilla, nitrógeno, enmienda) y por ensayos anteriores que el factor nitrógeno es el elemento, para el futuro, ajustar mejor ya que con 40 Kg/ha de N, que se pusieron en el tratamiento de manejo variable, serian demasiado y debería ser analizados para esa zona. Estos resultados indican una disminución en contra de del manejo de insumos variables de -21.7 U\$/ha en dicha zona.

Zona 2:

En esta zona se logro una tendencia en el aumento de rendimiento a favor del tratamiento variable en 400 Kg/ha (37.8 U\$/ha) de sorgo respecto al tratamiento fijo, con 150 kg/ha (26.3 U\$/ha) más de sulfato de Calcio y 60.000 semillas/ha (7.2 U\$/ha) mas que el tratamiento uniforme. Dando un resultado económico de 4.3 U\$/ha para el tratamiento variable.

Zona 3:

Al igual que la zona 2 no se observa un aumento extremo en el rendimiento a favor de la siembra variable, con la diferencia que el insumo semilla se disminuyo en 60.000 semillas/ha (7.2 U\$/ha). El resultado económico de dicha zona, teniendo en cuenta los rendimientos logrados con los insumos aplicados, para el manejo variable en 11.5 U\$/ha.

Zona 4:

Es la zona de menor potencial de rendimiento en donde el mismo fue mayor para el manejo de insumo variable en 1100 Kg/ha (104 U\$/ha) por encima del tratamiento fijo . La densidad de siembra fue de 40.000 semillas/ha menos (4.7 U\$/ha) para el manejo variable que para el tratamiento uniforme. Respecto a la aplicación de fertilizante nitrogenado en el sector variable el tratamiento se disminuyo en 60 kg de N/ha (21 u\$/ha) ya que aplicar mayores dosis de fertilizante no aumentaría el rendimiento.

Si se promedian los resultados económicos ponderados por hectárea y por los tres ambientes, la dosis variable logro un incremento de **36 u\$/ha** mas que la dosis fija.

6. Bibliografía

1. **INTA.** Secretaria de Agricultura y Ganadería de la Nación. 1988. Carta de Suelo de la Republica argentina. Hoja 3363-12-3. Montes de Oca.
2. **Bragachini M.** et al. – Resultados de ensayos de manejo de insumos variables según ambientes cosechados con monitor de rendimiento. 8^{vo} Curso Internacional de Agricultura de Precisión. Octubre 2008, Artículo en libro de Agricultura de Precisión, INTA Manfredi.
3. **Gambaudo S.** et al – Recuperación de suelos halomórficos mediante la agricultura de precisión. 8^{vo} Curso Internacional de Agricultura de Precisión. Octubre 2008, Artículo en libro de Agricultura de Precisión, INTA Manfredi.

4. Agradecimientos

Sr. Fernando Leu¹, Sres. Javier Cacciabue y a su equipo de trabajo², Sr. Daniel Santoni y a su equipo de trabajo³, Técnico Diego Villarroel⁴.

¹ D&E.

² Tucana- Aplicaciones Aéreas y Terrestres. Contratista Rural.

³ Agro servicios El Triunfo. Contratista Rural.

⁴ INTA Manfredi – Proyecto Agricultura de Precisión.

Se agradece a la empresa Industrias **Erca S.A.** Fábrica de Implementos Agrícolas.