

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto de Extensión y
Transferencia

**CARACTERIZACIÓN DE LA APTITUD AGRÍCOLA DE
LA REGIÓN OESTE DE ELENA Y ESTRATEGIAS DE
FERTILIZACIÓN DEL
CULTIVO DE TRIGO**

Alumno: Horacio José Boatti

29.809.362

Director: Ing. Agr. Marcos Bongiovanni

Río Cuarto - Córdoba

Junio de 2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Caracterización de la aptitud agrícola de la región oeste de Elena y estrategias de fertilización del cultivo de trigo

Alumno: Horacio José Boatti

D.N.I: 29.809.362

Director: Ing. Agr. Marcos Bongiovanni

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Prof. Elena Fernandez _____

Prof. Baltazar Parra _____

Fecha de Presentación: ____/____/____

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____

Secretario Académico

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	VII
SUMMARY	VIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL _____	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO _____	19
CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS EN LA CAPA ARABLE (0-20 CENTÍMETROS) _____	20
RESULTADOS DEL ENSAYO DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE TRIGO _____	23
CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFÍA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS

<u>CUADRO N° 1: REQUERIMIENTOS Y EXTRACCIÓN EN GRANO DE MACRO, MESO Y MICRONUTRIENTES PARA TRIGO.</u>	<u>3</u>
<u>CUADRO N° 2: CLASES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE TRIGO.</u>	<u>4</u>
<u>CUADRO N° 3: DOSIS MÁXIMAS POSIBLES DE APLICACIÓN EN LÍNEA DE SIEMBRA DE NITRÓGENO (KG HA⁻¹) EN DIFERENTES TEXTURAS DE SUELO, A DOS DISTANCIAMIENTOS ENTRE HILERAS (DEH).</u>	<u>5</u>
<u>CUADRO N° 4: COORDENADAS DE LOS ESTABLECIMIENTOS EN LOS QUE SE REALIZÓ EL MUESTREO DE SUELO</u>	<u>14</u>
<u>CUADRO N° 5: DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES QUÍMICAS DEL SUELO</u>	<u>15</u>
<u>CUADRO N° 6: COMPOSICIÓN DE LOS FERTILIZANTES COMERCIALES APLICADOS EN EL ENSAYO DEMOSTRATIVO DE TRIGO.</u>	<u>16</u>
<u>CUADRO N° 7: PRODUCTOS Y DOSIS APLICADOS EN BARBECHO QUÍMICO.</u>	<u>17</u>
<u>CUADRO N° 8: CANTIDAD DE NUTRIENTES (EN KG HA⁻¹) APLICADOS EN CADA TRATAMIENTO DEL ENSAYO DEMOSTRATIVO DEL CULTIVO DE TRIGO.</u>	<u>17</u>
<u>CUADRO N° 9: TEMPERATURA DEL AIRE MEDIA MENSUAL (C°) ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA UNRC.</u>	<u>20</u>
<u>CUADRO N° 10: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DEL SUELO A 10 CM DE PROFUNDIDAD (°C) ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA UNRC.</u>	<u>20</u>
<u>CUADRO N° 11: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS: AMBIENTE “BAJOS”.</u>	<u>21</u>

CUADRO N° 12: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS: AMBIENTE

“LOMAS”.

21

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA N° 1: UBICACIÓN ESPACIAL DE LA LOCALIDAD DE ELENA</u>	<u>8</u>
<u>FIGURA N° 2: DELIMITACIÓN ESPACIAL DE LA ZONA CARACTERIZADA.</u>	<u>9</u>
<u>FIGURA N° 3: APRECIACIÓN DE LA HETEROGENEIDAD DEL RELIEVE DE LA ZONA OESTE DE ELENA (LOMAS, BAJOS).</u>	<u>9</u>
<u>FIGURA N° 4. UNIDADES CATASTRALES DEL MAPA DE ZONIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS TIERRAS DEL DEPARTAMENTO RÍO CUARTO. ADAPTADO DE CANTERO <i>ET AL</i>, (1986).</u>	<u>11</u>
<u>FIGURA N° 5: EROSIÓN HÍDRICA EN FORMA DE CÁRCAVA EN LA COLONIA DE ELENA.</u>	<u>12</u>
<u>FIGURA N° 6: DETALLE DE SISTEMATIZACIÓN DE LOTES EN ESTABLECIMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE ELENA.</u>	<u>13</u>
<u>FIGURA N° 7: ESTABLECIMIENTO “EL COLONIAL” UBICADO 5,5 KM AL SUDESTE DE LA LOCALIDAD SERRANA DE RIO DE LOS SAUCES.</u>	<u>15</u>
<u>FIGURA N° 8: ESTABLECIMIENTO “LOS HORNEROS” EN EL CUAL SE LLEVÓ A CABO EL ENSAYO DEMOSTRATIVO DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE TRIGO.</u>	<u>16</u>
<u>FIGURA N° 9: STAND DE PLANTAS POR METRO LINEAL DE SURCO Y RENDIMIENTO EN GRANO, DE TRIGO EN QUINTALES POR HECTÁREA (QQ HA⁻¹) PARA LAS DISTINTAS DOSIS DE NITRÓGENO.</u>	<u>24</u>
<u>FIGURA N° 10: DIFERENCIA EN EL DESARROLLO DEL TRIGO EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN.</u>	<u>25</u>
<u>FIGURA N° 11: RENDIMIENTO DE GRANOS EN KG HA⁻¹ Y APORTE DE RESIDUOS VEGETALES DEL TRIGO EN KG HA⁻¹ EN FUNCIÓN DEL AGREGADO DE NUTRIENTES (NPS), EN KG HA⁻¹</u>	<u>25</u>

RESUMEN

Las diferentes zonas productivas de nuestro extenso país, cuentan con características particulares para la producción, dichas cualidades nos determinan el tipo de producción más adecuado para el lugar y el modo más apropiado para llevarla a cabo. En este trabajo el objetivo principal es brindar información acerca del potencial productivo de la zona oeste de la localidad de Elena, mediante la caracterización climática, ambiental y topográfica, y evaluación de las distintas tecnologías y estrategias de producción. Focalizándose en el cultivo de trigo, se pretende dar a conocer las estrategias de fertilización más adecuadas, que permitan obtener un mejor rendimiento para este cultivo. Para ello se recolectó y procesó información mediante consultas bibliográficas, realizando visitas a productores y evaluando y analizando distintas técnicas de producción. Con los resultados obtenidos y la información recolectada se pudo definir la zona en cuestión como apta para la producción agropecuaria, con un régimen de precipitaciones anual promedio de 767 mm concentrándose el 82 % entre los meses de octubre y marzo con alta probabilidad de granizadas, un periodo medio libre de heladas de 255 días, relieve ondulado, pendientes con gradientes de hasta el 10 % que requieren practicas de manejo especiales, principalmente para el control de los procesos erosivos. Los suelos predominantes son Hapludoles y Haplustoles, siendo la fertilidad de los mismos relativamente baja (bajos contenidos de Materia Orgánica, Fósforo y Azufre). La buena respuesta del trigo a la fertilización se debe a la escasa disponibilidad de macronutrientes. Por medio de este trabajo se desea proporcionar información que sea de utilidad en el momento de definir un tipo o estrategia de producción.

Palabras clave: Hapludoles; Haplustoles; trigo; ambiente.

SUMMARY

Each of the productive regions of our country presents particular characteristics of production. These qualities determine the most suitable type of production for the particular place and the most appropriate way to do it. In the present publication, the general aim is to provide information about the productive potential of the area located to the west of Elena. The productive potential is reflected in the climatic, environmental, and topographic results obtained by the analysis and evaluation of the different technologies applied, and the diverse modes of production. Besides, there is a special emphasis on the most suitable fertilization strategies that allow us achieve better results for wheat cultivation. For this objective, data was collected and elaborated through bibliographical research, visits to the producers at their farms, and evaluation and analysis of different production techniques. The results obtained and the collected data tell us that the area under analysis is apt for agricultural production, presenting a rain average of 767 millimeters- 82% measured between October and March. There is a high probability of hail, and a period of about 255 days without frost. The soil is uneven, and there are long slopes with up to 10% of inclination that require special handling techniques, mainly for the control of erosive processes. The predominant types of soil are Haplustolls and Hapludolls, being their fertility relatively low, particularly in relation to organic material, Phosphorus and Sulphur. Due to the low fertility of the soil, wheat strongly responds to fertilization. This publication is intended to provide useful information for those interested in the topic when defining the type or strategy of production.

Key words: Hapludoles; Haplustoles, wheat, environment.

INTRODUCCIÓN

La elaboración del presente Trabajo Final de Graduación se realizó con el objetivo de completar la formación para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, en el cual se integraron conceptos y conocimientos obtenidos durante el ciclo académico. La modalidad del Trabajo Final de Graduación desarrollada en este caso es un proyecto de extensión y transferencia donde el aspecto central es la caracterización de la zona oeste de la localidad de Elena, el contexto productivo, las estrategias técnico-productivas y la evaluación de las distintas técnicas de fertilización del cultivo de trigo; sin la utilización del método científico como ocurre en la modalidad de proyectos de investigación y desarrollo.

La finalidad perseguida en el presente trabajo, es brindar información acerca de las características y aptitudes productivas de la zona oeste de Elena, la adaptación y explotación de distintos cultivos; tecnologías de insumo y de proceso utilizadas para la realización de los mismos; dar a conocer al lector las variables productivas fundamentales para la planificación y/o ejecución de distintas actividades, ya sean agropecuarias, forestales, industriales, actividades de recreación, reservas naturales, entre otras. Este trabajo sirve como base de datos para Ingenieros Agrónomos, productores agropecuarios, empresarios, extensionistas, instituciones, entidades y demás agentes que necesiten planificar y/o llevar a cabo determinada actividad en la zona, además brinda información climática (temperatura del aire, temperatura del suelo, heladas, precipitaciones), de relieve, tipos de suelo, aptitud de uso de los mismos, requerimientos de manejo, información de cultivos explotados, tecnologías utilizadas. Finalmente, en forma más particular, da a conocer la respuesta zonal del cultivo de trigo ante la aplicación de distintos tipos y dosis de fertilizantes comerciales, como afectan estos fertilizantes la emergencia, el crecimiento, desarrollo, el rendimiento y el aporte de residuos vegetales del cultivo de trigo.

El área en la que se desarrolla la este trabajo corresponde a la zona oeste de la localidad de Elena, departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina. El departamento Río Cuarto; el clima se caracteriza por ser mesotermal, subhúmedo (Cantero *et al.*, 1986).

El régimen térmico es de tipo templado continental con una temperatura media anual de 16,3°C. La temperatura media del mes más cálido (enero) es de 23,5°C mientras que la temperatura media del mes más frío (julio) es entre 9,5°C y 8,5°C disminuyendo hacia el sector sudoeste. La amplitud térmica media anual es 14°C en el sector norte-noroeste y de 16°C en el sector sur-sudeste (Degioanni *et al.*, 2008). Con respecto a las lluvias, la distribución estacional se ajusta a un régimen monzónico siendo diciembre-enero y junio-

julio los periodos de mayores y menores precipitaciones respectivamente (Jarsún *et al.*, 2003).

En cuanto a la fertilización de los cultivos explotados en el Departamento Río Cuarto, del total de la superficie de maíz y trigo, el 85 % es fertilizada, en el caso del girasol se fertiliza el 57 % de la superficie, la soja el 40 % y por último del total de la superficie de sorgo solamente se fertiliza el 6 % (Cisneros *et al.*, 2008).

Los tipos de fertilizantes y las dosis aplicadas difieren en los distintos cultivos. En soja se usa principalmente superfosfato simple. En maíz los más utilizados son la urea y el fosfato diamónico, le siguen los fertilizantes nitrogenados líquidos y el fosfato monoamónico, siendo 43 kg ha⁻¹ la dosis más frecuente de nitrógeno y 23 kg ha⁻¹ la de fósforo. En trigo los más utilizados son el fosfato diamónico, el monoamónico y la urea; las dosis más frecuente de nitrógeno se encuentran entre 10 y 20 kg ha⁻¹, en fósforo 21 kg ha⁻¹ y en azufre 3 kg ha⁻¹ o menores (Cisneros *et al.*, 2008).

En lo que respecta a la tecnología de fertilización es importante destacar el manejo de la nutrición y la fertilización dentro del sistema de producción, no sólo para un cultivo. En el caso del doble cultivo trigo/soja, esto se ve claramente ejemplificado en la respuesta residual observada en soja de segunda a la fertilización con fósforo (P) y azufre (S) en el trigo anterior (García *et al.*, 2001).

En la región triguera argentina, los nutrientes generalmente deficientes son el nitrógeno (N) y P (Berardo, 1994; Senigagliesi, 1998). En los últimos años, el S se ha revelado como deficiente en numerosas zonas de la región pampeana (Martínez *et al.*, 2001).

Un importante beneficio de la fertilización con fósforo es el aumento en la velocidad de implantación y en el desarrollo del área foliar del cultivo. El P estimula el crecimiento inicial y la formación de raíces de las plantas (Stretcher, 2010).

En el departamento Río Cuarto, en un relevamiento de P disponible, se extrajeron 83 muestras de suelo, las cuales arrojaron un nivel medio de fósforo disponible "Pd" de 11,3 ppm, el 63 % de las muestras extraídas se encontraron en un rango de 4 a 10 ppm de "Pd" (Bongiovanni *et al.*, 2010).

Limitaciones en la disponibilidad de P reducen la acumulación de materia seca y la tasa de crecimiento del cultivo, implicando una disminución del número de granos y del rendimiento (Andrade *et al.*, 1996; Fontanetto, 1993). El P induce a un aumento en el desarrollo radical, permitiendo una mayor exploración del perfil del suelo (Valetti e Iriarte, 1995).

Los requerimientos nutricionales del trigo (Cuadro N° 1) nos sirven para conocer la demanda de nutrientes necesarios para alcanzar un determinado rendimiento, pero es insuficiente para decidir un programa de fertilización, para esto debemos conocer los aportes

del suelo y en qué momento del ciclo del cultivo estarán disponibles, ya que la demanda nutricional del vegetal no es uniforme en los distintos estadios. El ritmo de absorción de nutrientes depende no sólo de la demanda establecida por el cultivo (destino), sino también de la oferta del suelo (fuente) (Dreccer *et al.*, 2004).

Cuadro N° 1: Requerimientos y extracción en grano de macro, meso y micronutrientes para trigo.

Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹ de grano)	Índice de cosecha (%)
Nitrógeno	30	66
Fósforo	5	75
Potasio	19	17
Calcio	3	14
Magnesio	3	50
Azufre	4,5	52
Boro	0,025	
Cobre	0,010	75
Hierro	0,137	
Manganeso	0,00	36
Zinc	0,052	44

Fuente: García (2004).

La cátedra de Fertilidad y Fertilizantes de la FAUBA realizó ensayos en la pampa arenosa donde evaluaron los efectos de súper fosfato simple (SPS) y fosfato diamónico (PDA) sobre los rendimientos de trigo con y sin agregado adicional de 50 kilogramos de “N” por hectárea, como urea (Barberis *et al.*, 1987). Sin el agregado de urea adicional, las respuestas fueron levemente mayores cuando la fuente de P era PDA frente a SPS lo cual se adjudica al aporte de N brindado por el PDA. Cuando se fertiliza con urea adicional las pequeñas diferencias entre los fertilizantes fosforados tienden a desaparecer. Loewy (1996) observó que no hay diferencias entre las respuestas a SPT y PDA cuando existe fertilización nitrogenada adicional.

La obtención de altos rendimientos de trigo, a través de variedades de alto potencial de rendimiento y prácticas adecuadas de manejo, depende en gran medida de la nutrición nitrogenada del cultivo. Trabajos del CREA Tandil han demostrado que los niveles de N disponible a la siembra deben elevarse en la medida que se pretenda alcanzar rendimientos superiores a los históricos (Echeverría *et al.*, 2001).

Los componentes del rendimiento del trigo están representados por el número de granos por unidad de superficie y por su peso (Slafer *et al.*, 2003). La fertilización nitrogenada afecta al rendimiento principalmente a través del aumento del número de flores fértiles por espiguilla (Whingiri y Kemp, 1980).

Los resultados de las evaluaciones de los distintos momentos de aplicación de fertilizantes (Cuadro N° 2) difieren según la zona. En el norte, oeste y sudeste de Buenos Aires, las aplicaciones a la siembra demostraron una eficiencia de uso del N mayor o igual que la de las aplicaciones en el macollaje (Baumer, 1996; García *et al.*, 1998; Díaz Zorita, 2000); en el sudoeste de Buenos Aires, Ron y Loewy (2000) reportaron mayores eficiencias de uso de N con aplicaciones divididas (siembra y macollaje); y en el norte de la Región Pampeana no se han observado diferencias entre las aplicaciones a la siembra y en el macollaje (Gambaudo y Fontanetto, 1996; Melchiori y Papparotti, 1996).

Los requerimientos de N son mayores a partir del fin del macollaje (Abbate *et al.*, 1994), por lo que el nutriente debe estar disponible para ser absorbido por el cultivo en ese momento.

Cuadro N° 2: Clases de fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo.

Clase de fertilización	Época	Dosis	Objetivo
Arranque	Siembra	Baja	Rendimiento
Base	Siembra o macollaje	Normal a alta	Rendimiento y calidad
Complemento	Encañazon-Antesis	Baja	Calidad

Fuente: Loewy (2004).

La fertilización complementaria de trigo en etapas avanzadas del cultivo, tiene como finalidad obtener una mejor calidad industrial y comercial (altos contenidos proteicos) Bergh (1998). El logro de altos contenidos de proteína para trigos de calidad superior requiere de disponibilidades de N adecuadas, en el momento indicado. La fertilización nitrogenada produce aumentos del contenido de nitrógeno del grano y esto puede llevar a incrementos del nivel proteico de entre 0,5 y 2 % (Tombetta *et al.*, 1978). En fertilizaciones durante encañazón-espigazón con dosis de 15 kg de N ha⁻¹ vía foliar los rendimientos de trigo no se incrementan, pero se puede producir un aumento del nivel proteico en grano (Regis y García, 1995).

La fitotoxicidad varía con la textura del suelo, la capacidad de retención de humedad, el distanciamiento entre hileras. La incorporación del fertilizante nitrogenado junto con la semilla puede producir pérdidas de plantas debido a la emisión de vapores de

NH₃, el aumento de la presión osmótica y cambios en el pH del suelo. Gudelj *et al.* (2001) encontraron que el grado de fitotoxicidad depende del tipo de fertilizante, la humedad del suelo y los contenidos de arcilla y materia orgánica. También, observaron que la urea es la fuente de nitrógeno que produce mayor fitotoxicidad. Los máximos valores se corresponden con valores de baja humedad a la siembra, lo que demuestra la importancia del contenido hídrico actual del suelo al momento de la fertilización.

Los fertilizantes generan un efecto salino. Esto puede provocar daños a las plántulas, produciendo retrasos o fallas en la emergencia del cultivo (Dowling, 1996). Se observa que tanto en texturas con mayor proporción de arcillas como a menor distanciamiento, la dosis admisible de nitrógeno junto a la semilla aumenta (Roberts y Harapiak, 1997). La dosis de fertilizante que puede ser aplicada en el surco de siembra, sin afectar la emergencia de plantas, decrece al incrementar el espaciamiento entre surcos (Cuadro N° 3).

Cuadro N° 3: Dosis máximas posibles de aplicación en línea de siembra de nitrógeno (kg ha⁻¹) en diferentes texturas de suelo, a dos distanciamientos entre hileras (DEH).

TEXTURA	DEH = 22.8 cm	DEH = 15.2 cm
Franco arenosa	15 kg	20 kg
Franco	25 kg	30 kg
Arcillosa	30 kg	35 kg

Adaptado de Roberts y Harapiak (1997).

La ventaja de realizar una adecuada fertilización no se traduce solamente en mayor rendimiento del cultivo, desde el punto de vista conservacionista, el hecho de lograr mayores rendimientos de granos se traduce en un mayor aporte de residuos vegetales (rastrajos) a la superficie del suelo, lo que favorece la acumulación de carbono orgánico (CO) generando una mejor agregación del suelo, optimizando el espacio poroso y la funcionalidad del sistema, tal como lo expresan (Carter, 2002, Wander *et al.*, 2002, Acevedo y Martínez, 2003, Sánchez *et al.*, 2004, Bauer y Black, 1994).

El CO del suelo afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, vinculadas con su calidad, sustentabilidad y capacidad productiva por lo que en un manejo sustentable, el CO del suelo debe mantenerse o aumentarse. El CO tiene un efecto importante en la agregación de las partículas del suelo (Follett y Stewart, 1985). La estructura del suelo afecta la porosidad y por lo tanto, la retención y disponibilidad de agua, además de su capacidad para contener aire (Acevedo y Martínez, 2003). El CO es esencial para la actividad biológica del suelo (Aguilera, 2000). En suelos cultivados el mayor aporte de CO proviene de los residuos de cosecha.

El término índice de cosecha, introducido por Donald (1962), expresa el rendimiento económico (granos) en porcentaje del rendimiento biológico (materia seca total de la parte aérea de la planta a la madurez). Syme (1972) encontró un índice de cosecha de materia seca medio de 42,4 % para el cultivo de trigo. Este dato de índice de cosecha indica que por cada 1000 kg de materia seca producida por el cultivo, 424 kg se van del sistema como granos y 576 kg quedan en el sistema como rastrojos, los cuales comienzan a ser parte del ciclo del carbono. De esto se deduce que mientras mayor es el rendimiento del trigo, mayor es el aporte de residuos vegetales y mayor será la acumulación de carbono orgánico.

Objetivos

Objetivo general

- ✓ Caracterizar la aptitud agrícola de la oeste de la localidad de Elena en áreas de lomas y en áreas de bajos.
- ✓ Determinar el comportamiento del cultivo del trigo fertilizado, en la zona oeste de la localidad de Elena.

Objetivos específicos

- ✓ Evaluar el contenido de Materia Orgánica (MO), Fósforo disponible (P), Sulfatos (SO_4), Nitratos (NO_3) y pH en áreas de lomas y en áreas de bajos.
- ✓ Evaluar el efecto fitotóxico generado al cultivo de trigo en estado de plántulas, debido a los fertilizantes aplicados.
- ✓ Determinar la respuesta del cultivo de trigo a la fertilización con NPS en el momento de la siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a la zona oeste de la localidad de Elena, (Figura N° 1) situada en la provincia de Córdoba, departamento Río Cuarto, pedanía Las Peñas, a 148 kilómetros hacia el sur de la capital provincial, y 63 kilómetros en dirección norte de la ciudad de Río Cuarto, sobre la ruta nacional N° 36 en el kilómetro 665. Para el pueblo de Elena corresponde una latitud 32° 34' S, longitud 64° 22' W, altitud 607 metros sobre el nivel del mar.

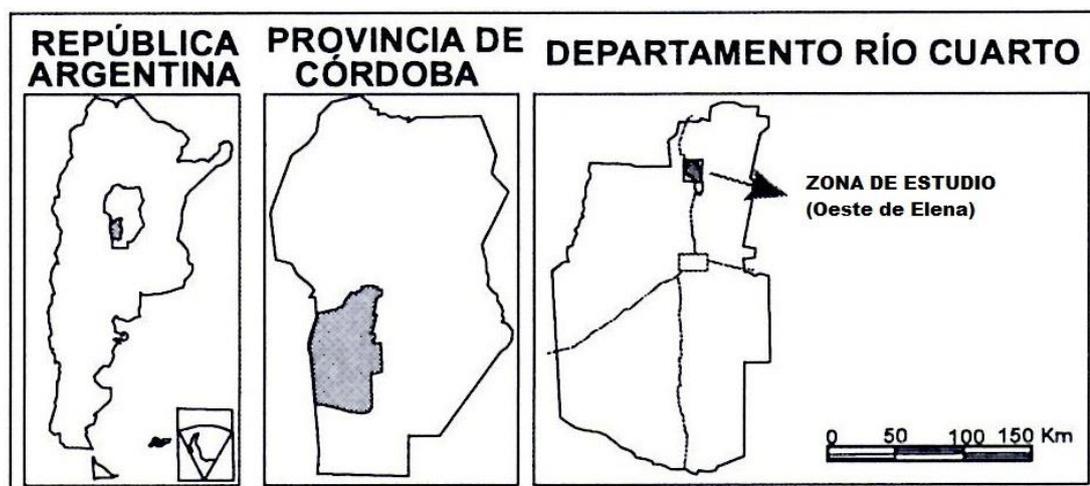


Figura N° 1: Ubicación espacial de la localidad de Elena

Las localidades colindantes son, hacia el sur por la ruta nacional N° 36 a 20 kilómetros de distancia se encuentra Alcira Gigena, al este por camino de ripio Las Peñas Sur a 28 kilómetros, al norte también sobre la ruta 36 distante 12 kilómetros se encuentra la localidad de Berrotarán y al oeste por camino de ripio a 18 kilómetros de distancia esta la localidad serrana de Río de los Sauces.

La superficie caracterizada (Figura N° 2) tiene aproximadamente 17.000 has, la misma se encuentra delimitada en el extremo noroeste por la localidad de Río de los Sauces, extremo sudoeste el paraje El Cano, extremo sudeste el kilómetro 659 de la ruta Nacional N°36 y extremo noreste la localidad de Elena. Los establecimientos ubicados dentro de la zona delimitada presentan características similares.



Figura N° 2: Delimitación espacial de la zona caracterizada.

En esta región de pedemonte, ubicada entre dos cordones montañosos, sierras de comechingones “sierra grande” y la sierra de Las Peñas “sierra chica” los campos son heterogéneos respecto a la aptitud agrícola de los mismos (Figura N° 3), teniendo sectores que van desde marcadas pendientes, a sectores de pendiente moderadas y bajos muy productivos con escasa pendiente.



Figura N° 3: Apreciación de la heterogeneidad del relieve de la zona oeste de Elena (lomas, bajos).

La zona en estudio se encuentra en la Unidad Catastral N° 1 (Oeste de Gigena). En cuanto a paisaje y relieve la unidad presenta un conjunto de lomas con laderas complejas y

bajos muy disectados concentradores de agua. El relieve es normal, fuertemente ondulado con pendientes largas de gradientes de hasta 5 %, excepto en sectores localizados en que son cortas con gradientes entre 6 y 12 %. En esta Unidad Catastral podemos encontrar distintos tipos de suelos. En lomas y medias lomas de relieve fuertemente ondulado el suelo es Haplustol típico, afectados por erosión hídrica, con secuencia de horizontes Ap, A+2, Bw, B3k, Ck textura franca a arenosa-franca, con horizonte de carbonato de calcio a partir de 105 centímetros de profundidad. Aparecen en áreas localizadas de este ambiente suelos con presencia de calcáreo desde la superficie. Hacia el norte de la unidad en lomas y medias lomas de relieve suavemente ondulado el suelo es Hapludol típico, de perfil Ap, A+2, Bw, BC, Ck textura franca en horizontes A+ y franca a franca arenosa en los horizontes restantes, incluyendo material originario. En bajos estrechos se observa Haplustol y Hapludol cumúlico, y en algunos casos Hapludol taptó argílico (Cantero *et al.*, 1986).

Una pequeña porción del área caracterizada (de aproximadamente 1900 has) está dentro de la Unidad Catastral N° 2 (Elena) (Figura N° 4). Dicha unidad catastral tiene relieve suavemente ondulado con áreas subnormales con nivel freático alto, las pendientes son largas a muy largas con gradientes que rondan entre 0,5 a 2 %. Los suelos son Haplustoles típicos en lomas y medias lomas con perfil Ap, Bw, BC, C+ y Ck a los 84 centímetros de profundidad, la textura es franco para los primeros 3 horizontes y franco a franco arenoso muy fino para los restantes. En zonas bajas hay Argiudoles típicos con horizonte Bt inmediatamente por debajo del Ap, en cuanto a textura es similar a las zonas de loma y media loma. La Unidad Catastral N° 2 (Elena) tiene una longitud de alrededor 20 kilómetros en sentido norte-sur y un ancho de 3 kilómetros, siendo su centro la localidad de Elena (Cantero *et al.*, 1986).

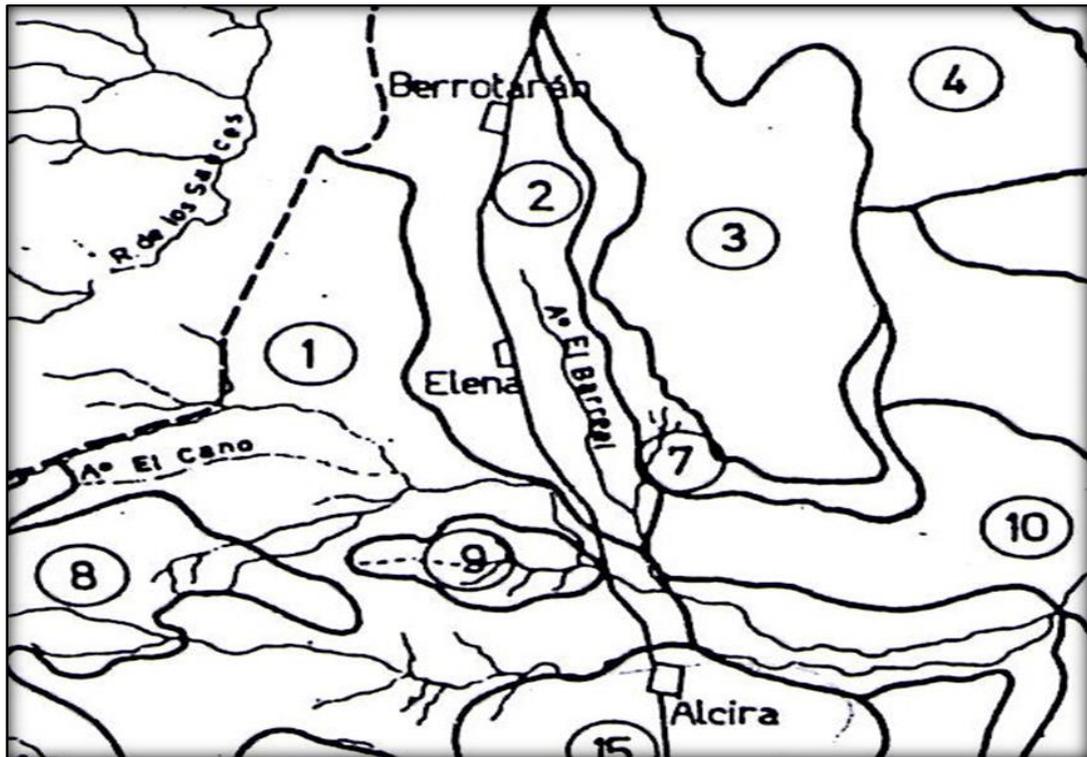


Figura N° 4. Unidades Catastrales del Mapa de Zonificación y Descripción de las Tierras del Departamento Río Cuarto. Adaptado de Cantero *et al*, (1986).

En la descripción de las unidades cartográficas de las hojas Río de los Sauces y Alpa Corral de la Carta de Suelos de la República Argentina, el área de estudio pertenece al complejo ligero a moderadamente erosionado de series Alpa Corral 70 % y El Cano 30 %. La unidad está afectada por procesos de erosión hídrica ligera a moderada. Capacidad de uso III ce (INTA, 1994).

Los suelos de clase III requieren prácticas de manejo y conservación complejas, no obstante son adecuados perfectamente para cultivos, pasturas y otros usos. La subclase “ec” indica que son suelos con moderada susceptibilidad a erosión y moderada limitación climática (INTA, 1994). Los requerimientos de manejo del suelo a tener en cuenta para un uso agrícola se basan principalmente en el control de los procesos erosivos, mediante la sistematización de los campos, el mantenimiento de la cobertura superficial del suelo conjugado con técnicas que permitan disminuir la esorrentía del agua y aumentar la velocidad de infiltración.

Se visitó a distintos productores para conocer las actividades agropecuarias realizadas, cultivos explotados, rendimientos obtenidos, modalidades y evolución de tecnologías de insumo y proceso, entablando una relación horizontal con los mismos, realizando charlas técnicas, reuniones, jornadas de campo, entre otras actividades, contando

las mismas con la presencia de productores locales y de la región, brindando estos, información de sumo interés.

En lo referido a los sistemas de labranza, durante décadas el sistema de laboreos utilizado fue la labranza convencional (arados de reja y vertedera, rastras, etc.) roturando el suelo, incorporando la cobertura, lo cual generó graves procesos de erosión hídrica, principalmente en forma de cárcavas (Figura N° 5).



Figura N° 5: Erosión hídrica en forma de cárcava en la colonia de Elena.

Los productores de la zona coinciden que el modo de trabajar la tierra cambió en los últimos 15 años, se adoptaron nuevas tecnologías como el caso de la “siembra directa” (la cual permite mantener la cobertura en la superficie del suelo y conservar la estructura del mismo), la sistematización de los campos (Figura N° 6), el manejo del relieve y la construcción de diques y microembalses. Estas técnicas, en conjunto, permiten disminuir la escorrentía superficial del agua, aumentar la velocidad de infiltración de la misma, que ayuda a controlar los procesos erosivos y mejorar la economía del agua, favorecida por la disminución de la evaporación directa desde el suelo con cobertura, respecto a un suelo desnudo.



Figura N° 6: Detalle de sistematización de lotes en establecimientos rurales de la localidad de Elena.

Los cultivos que se realizan actualmente en la zona en estudio son maíz, trigo, soja y en menor medida sorgo. En décadas pasadas cobraban importancia los cultivos de girasol y lino.

Los rendimientos de los cultivos son muy variables, inclusive dentro de los mismos lotes, habiendo marcadas diferencias en los distintos ambientes, encontrando zonas de bajos muy productivos y lomas con menor potencial de rendimiento. Cabe aclarar que la zona es maicera por excelencia debido a las características climáticas, principalmente a la amplitud térmica diaria (días cálidos y noches frescas) en los meses en los que se desarrolla el cultivo de maíz. Por otra parte, es importante mencionar la perfecta adaptación que tuvo la soja en dicha zona. De acuerdo a la información brindada por productores de la zona los rendimientos de maíz varían en el rango de 5000 y 9000 kilogramos por hectárea y los de la soja entre 1500 y 3500 kilogramos por hectárea. En lo que respecta al cultivo de trigo, los rendimientos medios varían entre 1000 y 2500 kilogramos por hectárea. El rol más importante que cumple este cultivo en la rotación es el aporte significativo de residuos de alta relación carbono/nitrógeno, lo cual es importante en la estabilización de los sistemas agrícolas (Galantini *et al.*, 2007). Las extensiones destinadas a pasturas -ya sean verdes de estación o pasturas perennes- son muy reducidas si se comparan con épocas anteriores cuando la ganadería ocupaba un lugar importante en la región.

Para la obtención de los parámetros climáticos, se recurrió a un productor agropecuario de Elena, el señor Ítalo Ferrero, y a la cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

El señor Ferrero cuenta con los registros pluviométricos desde el año 1960 hasta la actualidad, a partir del año 1960 estos datos fueron recolectados en su establecimiento productivo, hasta el año 1987 y desde 1988 hasta la actualidad los registros los tomó en la

localidad de Elena. El productor destaca que es muy común que haya mínimas diferencias entre el pluviómetro que registra en el campo con el del pueblo; pero los datos obtenidos (lluvias, heladas y nevadas) son homogéneos en toda la colonia, no así en lo que respecta a precipitaciones sólidas como “granizo y piedra” siendo la ocurrencia de las mismas sectorizadas en cada tormenta, pero en general en toda la colonia Elenense es alto el riesgo de este tipo de precipitaciones. También informa registros de nevadas en la zona. En lo que refiere a heladas (temperaturas iguales o inferiores a 0°C registradas en abrigo meteorológico (Seiler *et al.*, 1995) los datos del señor Ferrero corresponden a heladas visuales.

Las heladas fuera del abrigo meteorológico, debido a no contar con una estación meteorológica cercana, se recurrió a los datos brindados por la cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, (Seiler *et al.*, 1995) tomados en la estación agrometeorológica ubicada en el campo experimental del predio de la UNRC, ubicado en Río Cuarto (latitud de 33° 07' sur, longitud 64° 14' oeste y 421 metros de altitud sobre el nivel del mar). También fueron utilizados de esta estación los datos de temperatura del aire y temperatura de suelo.

Para la recolección de las muestras de suelo se eligieron lotes de 6 establecimientos representativos del uso y manejo de suelos de la región (Cuadro N° 4) dentro del area de estudio, teniendo la precaución de distanciarse como mínimo 3 kilómetros hacia el oeste de la ruta nacional número 36 para asegurarnos estar dentro de la Unidad Catastral N° 2 (oeste de Gigena) representando el 90 % del área caracterizada.

Cuadro N° 4: Coordenadas de los establecimientos en los que se realizó el muestreo de suelo

Establecimiento	Latitud	Longitud	Altitud
<i>Los pozuelos (Germanetto)</i>	32° 34' 43'' sur	64° 30' 13'' oeste	692 msnm
<i>Avaro</i>	32° 35' 33'' sur	64° 27' 37'' oeste	676 msnm
<i>San francisco (Giuliano)</i>	32° 34' 29'' sur	64° 32' 53'' oeste	706 msnm
<i>Los abuelos (Bofadossi)</i>	32° 37' 37'' sur	64° 29' 04'' oeste	656 msnm
<i>Rosone</i>	32° 37' 00'' sur	64° 27' 51'' oeste	670 msnm
<i>Los horneros (Busatto)</i>	32° 34' 56'' sur	64° 32' 13'' oeste	696 msnm

Como límite occidental para la recolección de muestras de suelo, se consideró el establecimiento El Colonial (Figura N° 7) ya que a poca distancia en dirección oeste del mismo estamos en presencia de un relieve fuertemente ondulado con pendientes muy marcadas, características de la zona serrana, lo cual altera la representatividad de la caracterización.



Figura N° 7: Establecimiento “El Colonial” ubicado 5,5 km al sudeste de la localidad serrana de Rio de los Sauces.

Al momento de muestrear se tuvo la cautela de dividir la zona muestreada en ambientes de “lomas y bajos”.

Las muestras de suelo, se recolectaron en abril de 2007, con el objetivo de analizar el contenido de materia orgánica, pH, sulfatos, fosforo disponible, nitrógeno de nitratos, a una profundidad de 0 - 20 centímetros. En el Cuadro N° 5 se detalla el método utilizado para determinar cada variable.

Cuadro N° 5: Determinación de las variables químicas del suelo

Materia orgánica	Método Walkley-Black
Fósforo	Método Kurtz y Bray
pH	Potenciometría 1/2,5
Sulfatos	Turbidimetría
Nitratos	Reducción por Cadmio

Los lotes se dividieron en distintos ambientes para realizar el muestreo. Cada uno de ellos se recorrió en forma de M o X, haciendo 5 estaciones de muestreo y recolectando 5 piques por estación, obteniendo 1 muestra compuesta en cada ambiente, logrando de esta manera que la muestra recolectada sea homogénea y representativa. Las muestras fueron enviadas al laboratorio para ser analizadas.

El ensayo de fertilización en el cultivo de trigo, se realizó en el establecimiento que presentó mayor contenido de humedad al momento de la recolección de las muestras de suelo, por lo tanto se realizó en el establecimiento Los Horneros (Figura N° 8) ubicado a una

distancia de 17 kilómetros hacia el sudoeste de Elena por caminos vecinales (13 km en línea recta).



Figura N° 8: Establecimiento “Los Horneros” en el cual se llevó a cabo el ensayo demostrativo de fertilización en el cultivo de trigo.

La variedad de trigo utilizada fue BIOINTA 3003 en todos los tratamientos, en una misma densidad de siembra, siendo la única variable el tipo y la cantidad de fertilizante aplicado, dejando como testigo una parcela sin fertilizar.

Los fertilizantes utilizados (Cuadro N° 6) fueron afa I y arrancador azufre II, ambos comercializados por la empresa Mosaic.

Cuadro N° 6: Composición de los fertilizantes comerciales aplicados en el ensayo demostrativo de trigo.

Fertilizantes	N	P ₂ O ₅	K	S
AFA I	20%	20%	0%	13%
ARRANCADOR AZUFRE II	15%	31%	0%	11%

Previo a la siembra de trigo, se realizó un barbecho químico (Cuadro N° 7), mediante el cual se controlaron las malezas ya emergidas (tanto de hojas anchas como de hojas finas) para evitar el futuro nacimiento de malezas de hoja ancha. El tratamiento se llevó a cabo con un pulverizador terrestre autopropulsado, el caudal fue de 80 litros por hectárea, la boquilla utilizada 110-02 distanciada 0,35 metros.

Cuadro N° 7: Productos y dosis aplicados en barbecho químico.

Producto	Dosis de uso
Sulfato de amonio	1,5 l ha ⁻¹
Glifosato 48%	2,5 l ha ⁻¹
2,4-D 97%	0,3 l ha ⁻¹
Dicamba 57%	0,1 l ha ⁻¹
Metsulfuron metil 60%	0,004 kg ha ⁻¹

El ensayo se realizó en un lote con un historial de 15 años de agricultura, con parcelas de 10,5 metros de ancho por 1000 metros de largo (1,05 has); las dimensiones corresponden al ancho de la vuelta de la sembradora (25 líneas a 0,21 metros) 5,25 metros de ida y 5,25 metros de vuelta, por el largo del lote.

La variedad de trigo utilizada fue BIOINTA 3003, de ciclo largo con requerimientos de vernalización, excelente producción de macollos. De porte vegetativo rastrero, con alta capacidad de macollaje; tolerante al vuelco y al desgrane, susceptible a la Roya anaranjada (hoja) y Moderadamente susceptible a la Mancha amarilla y al Fusarium. De Grupo de calidad: 2. Ideal para siembras tempranas y/o doble propósito.

La siembra, en sentido este – oeste, se realizó el 30-05-2007, utilizando 120 kg de semilla ha⁻¹ tratadas con Imidacloprid y Tebuconazole. La distancia entre hileras fue de 0,21 metros. Durante esta operación el suelo se encontraba con humedad óptima. La fertilización se realizó en la línea de siembra según las dosis especificadas en el Cuadro N° 8. La emergencia del cultivo fue el día 17-06-2007.

Cuadro N° 8: Cantidad de nutrientes (en kg ha⁻¹) aplicados en cada tratamiento del ensayo demostrativo del cultivo de trigo.

Tratamiento	Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K	S	N+P+S
1	100 kg ha ⁻¹ AFA I	20	20	00	13	53
2	Testigo Sin Fertilizar	00	00	00	00	00
3	175 kg ha ⁻¹ ARR AZ II	26	54	00	19	99
4	117 kg ha ⁻¹ ARR AZ II	17	36	00	13	66
5	65,5 kg ha ⁻¹ ARR AZ II	10	20	00	7	37

A los 45 días posteriores a la siembra de trigo, se realizó el conteo de plantas por metro lineal en cada tratamiento.

Con frecuencia semanal se monitoreó el cultivo, para determinar infestación de malezas, plagas, estado sanitario, diferencias en el crecimiento y desarrollo del trigo en cada tratamiento.

La cosecha se realizó el 21-11-2007 con una cosechadora John Deere 1550. Los kilogramos obtenidos de cada parcela se controlaron con la tolva que estaba provista de balanza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO

De acuerdo a los 49 años de registros ininterrumpidos suministrados por el señor Italo Ferrero, el promedio anual de precipitaciones en la localidad de Elena es de 767 mm; el semestre octubre-marzo concentra 632 mm, lo que corresponde al 82,5 % del total anual; entre abril-septiembre la precipitación acumulada es de 134 mm 17,5 % de la totalidad. Los valores extremos mínimos anuales de precipitación fueron registrados en los años 1971 (440 mm), 1969 (458 mm) y 1965 (471 mm) y los valores extremos máximos de precipitación en los años 1991 (1125 mm), 1992 (1110 mm) y 1999 (1051 mm).

Acerca de las nevadas, los registros del señor Ferrero nos indican que cada una aporta en promedio 13 mm de agua, teniendo extremos máximos de 28 mm y mínimos de 5 mm; en cuanto a la fecha de ocurrencia, las mismas son generalmente en los meses de junio, julio y agosto, contando con registros extremos tardíos de nevadas en el quinto día del mes de septiembre en el año 1976 (15 mm) y registros extremos tempranos el 28 de mayo de 2008 (5 mm). Durante los 49 años de registros ocurrieron 11 nevadas, indicando en promedio que en el transcurso de 9 años ocurren 2 nevadas.

En lo referido a heladas, la estación agrometeorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto, para el periodo 1974 – 1993, indica que hay un periodo medio con heladas de 109,3 días y un periodo medio libre de heladas de 255,7 días (Seiler *et al.*, 1995).

Fecha extrema de primeras heladas:	29 de abril
Fecha media de primeras heladas:	25 de mayo
Desviación típica:	± 14,3 días
Fecha extrema últimas heladas:	04 de noviembre
Fecha media de últimas heladas:	12 de septiembre
Desviación típica:	± 20,3 días

Debido a la falta de disponibilidad de la información de una estación meteorológica en Elena y zona, los datos de heladas, temperatura del aire y temperatura del suelo corresponden a Río Cuarto, obtenidos en la estación agrometeorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto localizada en el campo experimental del predio universitario correspondiendo para Río Cuarto una latitud de 33° 07' S longitud de 64° 14' W y 421 metros de altitud sobre el nivel del mar. Los valores promedios (para el periodo 1974–1993) de la temperatura del aire se presentan en el cuadro N° 9 y los valores de temperatura del suelo se presentan en el cuadro N° 10 (Seiler *et al.*, 1995).

Cuadro N° 9: Temperatura del aire media mensual (C°) estación agrometeorológica UNRC.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1° Dec.	23.0	22.0	21.4	17.5	14.4	9.8	9.2	9.8	12.9	15.8	18.4	21.6
2° Dec.	23.0	21.7	20.2	16.7	13.2	9.9	9.4	11.5	13.1	17.5	19.6	21.6
3° Dec.	23.0	22.3	18.9	15.8	11.9	10.1	9.0	12.5	14.4	18.1	20.7	22.7
Mes	23.0	22.0	20.1	16.7	13.1	10.0	9.1	11.3	13.5	17.2	19.6	22.0

Cuadro N° 10: Temperatura media mensual del suelo a 10 Cm de profundidad (°C) estación agrometeorológica UNRC.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1° Dec.	24.5	24.6	23.2	18.3	14.7	10.1	9.0	9.6	12.6	16.4	19.7	23.2
2° Dec	25.1	24.0	21.8	17.6	13.6	9.7	8.6	10.8	13.8	18.5	21.1	23.5
3° Dec	25.1	23.9	20.4	16.5	12.0	9.6	8.7	12.3	15.1	19.3	22.4	24.7
Mes	24.9	24.2	21.8	17.5	13.4	9.8	8.8	10.9	13.8	18.1	21.1	23.8

El cultivo de trigo tiene la característica de poder desarrollarse en ambientes diferentes, la temperatura optima para su desarrollo es entre 10°C y 25°C, con respecto a los requerimientos hídricos, se lo puede cultivar en zonas con precipitaciones anuales entre 25 y 2800 mm, aunque el 75% del trigo se desarrolla en zonas con precipitaciones entre 375 y 800 mm anuales. La cantidad óptima de precipitaciones durante el ciclo del cultivo es entre 400 y 500 mm Ruiz Camacho (1981).

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS EN LA CAPA ARABLE (0-20 CENTÍMETROS)

Los resultados de los análisis de suelos (Cuadros N° 11 y N° 12) demuestran la diversidad de la zona, la diferencias existentes entre los distintos ambientes en función del relieve, como es el caso del lote 2 en el establecimiento *Los Abuelos* “2 bajo” y “2 loma”, lo que permite visualizar el efecto del paisaje sobre el contenido de materia orgánica (MO) y P disponible en los suelos.

Cuadro N° 11: Resultados de los análisis de suelos: ambiente “bajos”.

Productor	Lote	M.O. %	pH	NO₃ ppm	N-NO₃ ppm	P ppm	S-SO₄ ppm
<i>Est. Los Abuelos</i>	2 bajo	2,06	6,28	35,88	8,10	15,0	8,9
<i>Est. Los Horneros</i>	1	2,23	5,90	60,25	13,60	8,5	7,0
<i>Est. Los Pozuelos</i>	Bajo	1,82	6,98	93,03	21,00	4,6	7,0
<i>Est. San Francisco</i>	97 Has	2,25	6,61	32,78	7,40	10,8	8,7

Cuadro N° 12: Resultados de los análisis de suelos: ambiente “lomas”.

Productor	Lote	M.O.%	pH	NO₃ ppm	N-NO₃ ppm	P ppm	S-SO₄ ppm
<i>Est. Los Abuelos</i>	1	1,53	6,1	48,73	11,00	4,0	8,5
<i>Est. Los Abuelos</i>	2 loma	1,42	6,2	35,00	7,90	5,0	7,6
<i>Est. Rossone “Bongiovanni”</i>	Rosone	1,27	6,1	29,33	6,62	5,9	7,2
<i>Est. Los Pozuelos</i>	Loma	1,42	6,2	47,40	10,70	6,8	7,0
<i>Est. Avaro “Larrosa J. J.”</i>	Avaro1	1,59	6,5	47,84	10,80	5,0	7,0
<i>Est. Avaro “Larrosa J. J.”</i>	Avaro2	1,41	6,4	33,67	7,60	4,9	7,7

El contenido de MO es mayor en lotes bajos (45%) que en las lomas, coincidente con los mayores contenidos de P disponible en los suelos (9,72 ppm P en bajos y 5,27 ppm P en lomas). Sin embargo, el contenido de P es bajo tomando como nivel crítico valores entre 14 y 20 ppm para maíz (Berardo *et al.*, 2001; Garcia *et al.*, 1997; Ferrari *et al.*, 2000) y entre 9 y 13 ppm de P para el cultivo de soja (Echeverria y Garcia, 1998; Melgar *et al.*, 1995). La disponibilidad de N-NO₃ es 37% mayor en el estrato “bajo” que en el estrato “loma”.

El contenido de azufre (S) en el suelo puede considerarse bajo tomando como referencia el escaso contenido de materia orgánica y prolongada historia agrícola, tal como lo demuestran Martínez y Cordone (1998). Respuestas positivas a fertilizaciones con azufre han sido observadas principalmente en suelos degradados, con muchos años de agricultura continua (especialmente soja) y cultivos de alta producción con fertilización nitrogenada y fosfatada Martínez y Cordone (1998).

Los valores de pH permiten identificar a los suelos analizados como de reacción neutra a levemente ácidos, los cuales son óptimos para el normal funcionamiento del suelo y

buena disponibilidad de la mayoría de los nutrientes (Echeverría y Garcia, 2005). En cuanto al contenido de “S” y pH no se observan diferencias entre bajos y lomas.

Lo observado en el contenido de P disponible en los lotes muestreados del establecimiento *Los Pozuelos* coincide con la afirmación de Urricarriet y Lavado (1998). El hecho de que el contenido de P en el lote de la loma era mayor que en el lote bajo se debe a las diferencias en las técnicas y estrategias de producción adoptadas por el productor a lo largo del tiempo. El lote de la loma tiene una rotación apropiada entre gramíneas/dicotiledóneas y un sistema de fertilización balanceado más prolongada en el tiempo que le permitió mantener los niveles de P. Por el contrario, el lote del bajo es básicamente ganadero y el uso agrícola fue de tipo convencional, que no incluía la fertilización ni un plan de rotación de cultivos adecuado, motivo que llevó a una mayor pérdida de P que en la loma. En la actualidad, ambos lotes se manejan siguiendo un conveniente sistema de fertilización y rotación de cultivos para lograr mantener y en lo posible incrementar el contenido de P y MO. La intensificación de la agricultura produjo una disminución importante en la disponibilidad de nutrientes (Urricarriet y Lavado, 1998). Las deficiencias de nutrientes están y estarán fundamentalmente relacionadas con la historia y manejo de los suelos y cultivos.

En lo que respecta a la calidad de los suelos además de basarnos en la interpretación de los análisis realizados, también sirve de guía el relevamiento visual. Debido a su relieve ondulado, la colonia Elenense conforma una zona heterogénea, donde encontramos distintos ambientes (lomas, media loma, bajos) con calidades productivas edáficas diferentes. Mediante este relevamiento, se aprecia notoriamente el daño causado por los procesos erosivos; se observan pronunciadas pendientes de distintas direcciones, sectores de laderas que evidencian pérdidas del horizonte superficial debido al escurrimiento de agua, sectores de escasa pendiente, bajos de buena calidad productiva.

Cabe destacar la importancia de la adopción de nuevas tecnologías (de insumo y de proceso) de producción, como el caso de la siembra directa, el mantenimiento de la cobertura en la superficie del suelo, la sistematización de los campos (sistema de terrazas, diques de contención), labranzas verticales que permitan una mejor infiltración, son tecnologías sumamente favorables en la zona, que permitieron reducir los problemas erosivos, además de mejorar la economía del agua coincidente con Roth (1985), Lal *et al.*, (1994) y Dardanelli (1998).

Con respecto a la siembra directa Lal *et al.* (1994) encontraron que mejoró la agregación y aumentó la cantidad de macroporos continuos, mientras que el residuo superficial fue un importante factor en el incremento del CO. Este aumento en los poros grandes implica una mejor infiltración y un menor escurrimiento superficial, lo que genera

una mejor captación de agua en siembra directa con respecto al laboreo convencional (Dardanelli, 1998). Bajo el sistema de la siembra directa, en comparación a la preparación convencional, se registran mayores tasas de infiltración (Roth, 1985), lo que lleva a una drástica reducción de la erosión.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE TRIGO

La mayor cantidad de plantas por metro cuadrado fueron obtenidas en los tratamientos con menor cantidad de nutrientes (los tratamientos 5 y 2 respectivamente). Tal como lo indican Gudelj *et al.* (2001), se observa que los tratamientos en los que hay mayor cantidad de nitrógeno en la línea de siembra, coinciden con la menor cantidad de plantas por metro cuadrado (tratamientos 3 y 1, respectivamente) (Figura 2).

Si bien, debido a la fertilización hubo pérdidas de plantas, las condiciones de muy buena humedad en el momento de la siembra, atenuaron el efecto fitotóxico causado por los fertilizantes aplicados, lo que permitió, más allá de disminuir la densidad, lograr un adecuado stand de plantas por hectárea para alcanzar buenos rendimientos.

La reducción en el número de plantas debido al efecto fitotóxico causado por los fertilizantes, fueron compensados con un mayor rendimiento del cultivo en kilogramos de granos por hectárea (Figura N° 9). Esto queda demostrado en los tratamientos 3, 4 y 1, en los cuales se estableció el menor número de plantas obteniéndose los mayores rendimientos en kg ha^{-1} , coincidiendo esto con lo demostrado por Magrín *et al.* (1983) quienes realizaron ensayos de densidades de siembra, sin encontrar diferencias significativas en el rendimiento del cultivo en un rango de 180 a 240 plantas por metro cuadrado. Esto se debe a que el trigo es una especie con capacidad macolladora, lo cual le otorga la característica de compensar un menor número de plantas.

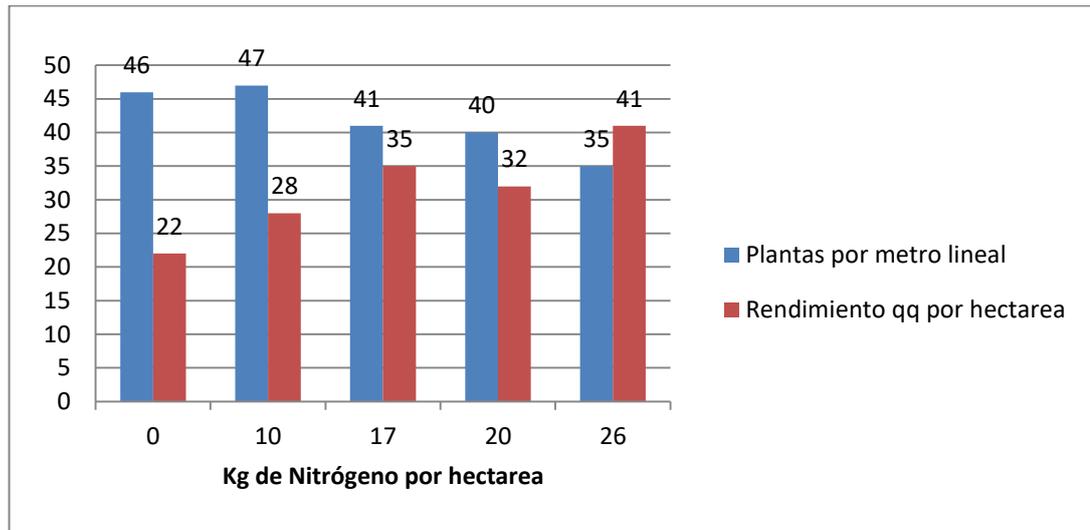


Figura N° 9: Stand de plantas por metro lineal de surco y rendimiento en grano, de trigo en quintales por hectárea (qq ha⁻¹) para las distintas dosis de Nitrógeno.

Se observa que el N afecta en mayor medida la emergencia de plantas que el P, esto queda demostrado en los tratamientos 1 y 5 ambos tienen 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅, por lo que la diferencia en el número de plantas se atribuye a la cantidad de nitrógeno (“Tratamiento 1” 20 kg ha⁻¹ de N y 190 plantas por m², “Tratamiento 5” 10 kg ha⁻¹ de N y 224 plantas por m²).

Se evidenció claramente el mayor desarrollo, tanto en estado vegetativo como reproductivo de los tratamientos con mayor contenido de nutrientes NPS, lo mismo ocurrió para el rendimiento del trigo en kilogramos por hectárea y en aporte de residuos vegetales (estimado de acuerdo al índice de cosecha), siendo el orden de los tratamientos en forma decreciente; 3, 4, 1, 5, 2.

Los tratamientos 1 y 4 tienen prácticamente igual cantidad de N y de S, por lo que la diferencia de rendimiento en 300 kg ha⁻¹ se atribuiría a la mayor cantidad de fósforo (36 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tratamiento 4 y 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tratamiento 1) ya que este nutriente le confiere al vegetal un mayor desarrollo radicular que le permite una mayor exploración del suelo y de ese modo absorber una cantidad superior de agua y nutrientes (Fontanetto, 1993, Valetti e Iriarte, 1995, Andrade *et al.*, 1996 y Stretcher, 2010).

En cuanto al estado sanitario del cultivo, no se observó ninguna diferencia entre los tratamientos; en lo referido a plagas, tampoco se registró preferencia por algún tratamiento en particular.

Los tratamientos con menor cantidad de nutrientes aplicado coinciden con los menores rendimientos en kilogramos de grano por hectárea. Esto demuestra la gran respuesta a la fertilización (Figura N° 10), teniendo en cuenta que la misma debe ser balanceada en

función de los requerimientos nutricionales de los cultivos y la disponibilidad de nutrientes en el suelo en cada momento del ciclo del cultivo.



Figura N° 10: Diferencia en el desarrollo del trigo en los distintos tratamientos de fertilización.

A causa de la escasa disponibilidad de macronutrientes que presentan los suelos de la zona, se obtienen importantes respuestas a las tecnologías de fertilización. El tratamiento con mayor nivel de fertilización (99 kg ha^{-1} de $\text{N} + \text{P} + \text{S}$) aportó un 86,3% más residuos vegetales que el testigo sin fertilizar (Figura N° 11).

Coincidente con lo expresado por (Bauer y Black, 1994, Carter, 2002, Wander *et al.*, 2002, Acevedo y Martínez, 2003, Sánchez *et al.*, 2004), el aumento de los niveles de fertilización además de incrementar el rendimiento en kg ha^{-1} , favorece el aporte de rastrojos ya que se produce mayor cantidad de biomasa durante el ciclo de cultivo.

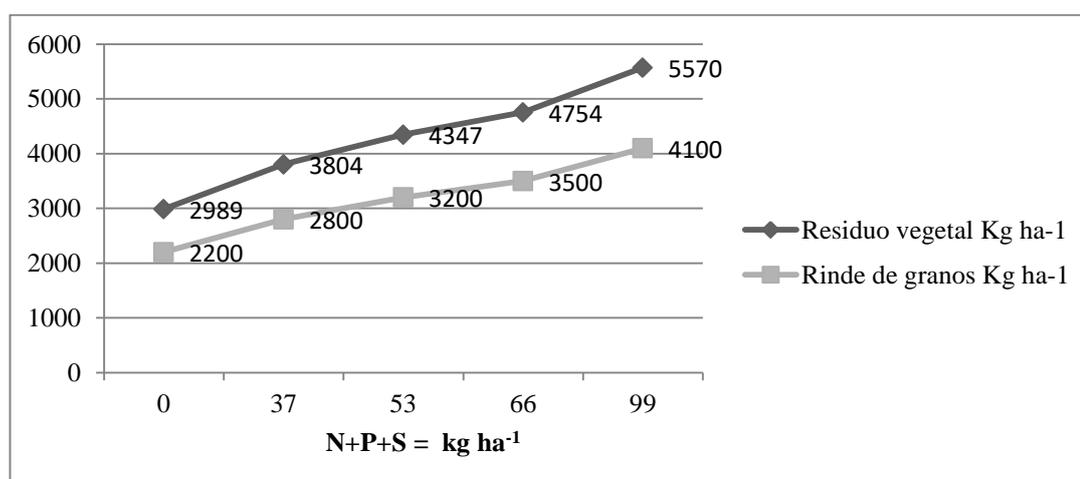


Figura N° 11: Rendimiento de granos en kg ha^{-1} y aporte de residuos vegetales del trigo en kg ha^{-1} en función del agregado de nutrientes (NPS), en kg ha^{-1}

CONCLUSIONES

- ✓ La heterogeneidad del relieve se evidencia mediante la disparidad de características edáficas evaluadas (MO, P, NO₃) que se observan en los bajos respecto a las lomas. En cuanto a (SO₄ y pH) no se observan diferencias entre bajos y lomas.
- ✓ El uso de fertilizantes, mejora la producción de trigo, tanto en el rendimiento de granos en kg ha⁻¹ como también en la cantidad de rastrojos aportados.
- ✓ El cultivo de trigo es una alternativa productiva importante para la zona, el cual responde favorablemente al agregado de fertilizantes.
- ✓ Mientras mayor es el rendimiento en granos, mayor es el aporte de residuos vegetales con alta relación Carbono/Nitrógeno que deja el cultivo de trigo, lo cual permitiría aumentar la estabilidad del sistema productivo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ABBATAE, P., F. ANDRADE y J. P. CULOT 1994. Determinación del rendimiento en trigo. Boletín Técnico No. 133. EEA INTA Balcarce.
- ACEVEDO, E. y E. MARTÍNEZ 2003. Sistema de labranza y productividad de los suelos. En Acevedo, E.: *Sustentabilidad en Cultivos Anuales*. Santiago, Universidad de Chile, Serie Ciencias Agronómicas N° 8, p. 13-25.
- AGUILERA, S.M., 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile, p. 77-85.
- ANDRADE, F., A. CIRILO, S. UHART y M. OTEGUI 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Editorial Médica Panamericana, pp:292.
- BARBERIS, L. A., G. DUARTE, A. SFEIR, L. MARBÁN y M. VAZQUEZ. 1987. Respuesta del trigo a la fertilización fosforada en la Pampa Arenosa Húmeda y su predicción. *Ciencia del Suelo* 5: 166-174
- BAUER, A. y A. L. BLACK 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 185-193.
- BAUMER R. 1996. Fertilización y sistemas de laboreo e implantación. *Tercer Seminario de Actualización Técnica. Fertilización en cultivos extensivos y forrajeras*. Buenos Aires. CPIA - SRA.
- BERARDO, A. 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce. *Boletín Técnico No. 128*. EEA INTA Balcarce.
- BERARDO, A., S. EHRT, F. GRATTONI y F. GARCIA, 2001. Corn yield response to phosphorus fertilization in the southeastern Pampas. *Better Crops International*, 15 (1): 3-5.
- BERGH, R. G. 1998. *Fertilización del cultivo de trigo en siembra directa*. Publicaciones técnicas por cultivo; trigo. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID). Febrero. p: 41-43.
- BONGIOVANNI M. D., R. MARZARI y M. RON, 2010. Fósforo disponible en suelos agrícolas del sur de Córdoba y sudeste de San Luis. *Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Rosario 2010. p: 121.
- CANTERO G. A., E. M. BRICCHI, V. H. BECERRA, J. M. CISNEROS y H. A. GIL, 1986. Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto (Córdoba). Facultad de Agronomía y Veterinaria. U.N.R.C. p: 5-11.
- CARTER M. R. 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron. J.* 94, 38-47.

- CISNEROS, J. M., A. CANTERO, A. DEGIOANNI, V. H. BECERRA y M. A. ZUBRZYCKI, 2008. Producción, Uso y Manejo de las Tierras. En: de Prada, J. y J. A. Penna. *Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el Sur de Córdoba, Argentina*. INTA. Cap. III p: 31-46.
- DARDANELLI, J. 1998. Eficiencia en el uso del agua según sistemas de labranzas. En: Panigatti, J. L.; H. Marelli; D. Buzchiazzo y R. Gil (eds.). *Siembra Directa*. INTA, Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, p: 107-115.
- DEGIOANNI, A., J. D. de PRADA y J. M. CISNEROS. 2008. Características del Área de Estudio, Unidades Ambientales y Productores de la Muestra. En: de Prada, J. y J. A. Penna. *Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el Sur de Córdoba, Argentina*. INTA. Cap. II. p: 23-30.
- DIAZ ZORITA M. 2000. Momento de aplicaciones de urea para aumentar la producción de grano de trigo en el oeste bonaerense. *Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. AACS, Mar del Plata, Argentina.
- DONALD ,C. M. 1962. In search of yield. *J. Aust. Inst. Agric.* 28: 171-178.
- DRECCER, M. F., R. A. RUIZ, G. A. MADDONNI y E. H. SATORRE, 2004. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. En: Satorre, E. *et al. Producción de Granos, bases funcionales para su manejo*, FAUBA. Cap. 18, p: 479-495
- DOWLING, C. W. 1996. The effect of soil ammonium concentration and osmotic pressure on seedling emergence. *Proceedings 8th Australian Agronomy Conference*, Toowoomba, 219-222.
- ECHEVERRIA, H. E. y F. O. GARCIA 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín Técnico N° 149. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. P. 16
- ECHEVERRIA H., P. CALVIÑO y M. REDOLATTI. 2001. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada y fosfatada bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. 18^a. Jornada de Actualización Profesional en el Cultivo de Trigo. EEA INTA Balcarce-FCA Balcarce-CIAM.
- ECHEVERRÍA, H. y F. GARCIA. 2005. (Eds). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.
- FERRARI, M., J. OSTOJIC, L. VENTIMIGLIA, H. CARTA, G. FERRARIS, S. RILLO, M. GALETTO y F. RIMATORI. 2000. Fertilización de maíz: Buscando una mayor eficiencia en el manejo de nitrógeno y fósforo. *Actas Jornadas de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000"*. Rosario, 28/04/00. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.

- FOLLETT, R. F. y B. A. STEWART. 1985. Soil Erosion and Crop Productivity. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. 533p.
- FONTANETTO, H. B. 1993. *Efecto del método de aplicación del fertilizante fosfórico en maíz a dos niveles de disponibilidad hídrica*. Tesis *Magister Scientiae*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.
- GALANTINI, J., M. LANDRISCINI y C. HEVIA 2007. Contenido y calidad de materia orgánica particulada del suelo. En Sistemas productivos del sur y sudoeste bonaerense. *Revista Técnica Especializada*. Aapresid. p: 36-40.
- GAMBAUDO, S. y H. FONTANETTO. 1996. Fertilización nitrogenada en la Subregión Triguera I. Trigo. EEA INTA Rafaela. Pub. Misc. No. 74.
- GARCIA, F., K. FABRIZZI, M. RUFFO y P. SCARABICCHI 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. *Actas VI Congreso Nacional de Maíz*.
- GARCIA, F. O., K. P. FABRIZZI, A. BERARDO y F. JUSTEL. 1998. Fertilización nitrogenada de trigo en el sudeste bonaerense: Respuesta, fuentes y momentos de aplicación. *XVI Congreso Argentino de Ciencia del Suelo*. Carlos Paz, Córdoba.
- GARCIA, F., H. FONTANETTO y H. VIVAS. 2001. La fertilización del doble cultivo trigo-soja. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. *Informaciones Agronómicas* 10: 14-17.
- GARCIA, F. O., 2004: Avances en el manejo nutricional de los cultivos de trigo. *Actas Congreso A Todo Trigo*, Mar Del Plata, 13 y 14 de mayo 2004. p: 55-62.
- GUDELJ, V., C. GALARZA, P. VALLOTE, G. NIERI y B. MASIERO. 2001. Fitotoxicidad por fertilización en la línea de siembra directa de trigo. *Informaciones Agronómicas*, 10: 12-13.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y RECURSOS RENOVABLES, PLAN MAPA DE SUELOS CORDOBA-1994, 1994. Carta de suelos de la República Argentina (hoja 3366-12 Río de los Sauces, hoja 3366-18 Alpa Corral). Cap.2. p: 11-20, cap 3. p: 21-33, cap. 4. P: 35-47.
- JARSÚN, B., A. GORGAS., E. ZAMORA., E. BOSNERO., E. LOVERA y J. L. TASSILE. 2003. Suelos -Nivel de reconocimiento 1:500.000. *En: J Gorgas & JL Tassile (eds), Recursos naturales de la Provincia de Córdoba*. Córdoba (Argentina), 23-60.
- LAL, R., A. A. MAHBOUBI y N. R. FAUSEY. 1994. Long-term tillage and rotations effects on properties of a Central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 517-522.
- LOEWY, T. 1996. Fertilización nitrofosfórica de trigo en Argiudoles Típicos de Coronel Suarez (Buenos Aires-Argentina). *Ciencia del Suelo* 14: 12-15

- LOEWY, T. 2004. Fraccionamiento del nitrógeno y fertilización foliar en trigo. Talle 1: Tecnología de fertilización nitrogenada: Formas de aplicación y fuentes. *XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Paraná. Actas en CD ROM.
- MAGRÍN, G., C. SENIGAGLIESI y E. FRUTOS. 1983. *Análisis de la variación del rendimiento y sus componentes en trigo bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilizante nitrogenado*. EEA INTA Pergamino. Informe técnico 190: 1-15.
- MARTINEZ, F. y G. CORDONE 1998. Fertilización azufrada en soja. *Jornadas de azufre*. UEEA INTA Casilda, septiembre 1998. Casilda, Santa Fé, Argentina.
- MARTINEZ, F., G. CORDONE y F. GARCIA. 2001. *Azufre y otros nutrientes*. Cuadernillo de Actualización Técnica No. 63. AACREA. Buenos Aires, Argentina.
- MELCHIORI, R. y O. PAPAROTTI. 1996. Fertilización nitrogenada en trigo, evaluación de dosis y momento de aplicación. *Jornada de Actualización Técnica en el cultivo de Trigo*. Serie Extensión N°9. EEA INTA Paraná.
- MELGAR, R., E. FRUTOS, M. L. GALETTO y H. VIVAS 1995. El análisis de los suelos como predictor de la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada. Compendio de trabajos presentados en *1er Congreso Nacional de Soja y 2da. Reunión Nacional de Oleaginosas*. Pergamino, octubre de 1995. Tomo I. p: 167-174.
- REGIS, C. y R. GARCIA. 1995. *Efecto de la aplicación foliar de nitrógeno sobre el rendimiento y la proteína de grano de trigo*. INTA Pergamino, Carpeta de Producción Vegetal X, Información 164, 15 p.
- ROBERTS, T. L y J.T. HARAPIAK. 1997. Fertilizer Management in direct seeding systems. En: Armstrong, D. L. *Better Crops with Plant Food*. Potash and Phosphate Institute, Norcross, Georgia. 81(2): 18-20.
- RON, M.M. y T. LOEWY. 2000. Modelo de fertilización nitrogenada y fosforada para trigo en el sudoeste bonaerense, Argentina. *Ciencia del Suelo* 18 (1): 44-49.
- ROTH, C. H. 1985. Infiltrabilität von Latossolo- Roxo- Böden in Nordparaná, Brasilien, in feldversuchen zur Erosionskontrolle mit verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen und Rotationen. *Göttinger Bodenkundliche Berichte*, 83: 1 - 104.
- RUIZ CAMACHO, R.1981. *Cultivo del Trigo y la Cebada*. Temas de Orientación Agropecuaria, Bogotá. pp.19-20.
- SÁNCHEZ, J. E., R. R. HARWOOD, T. C. WILLSON, K. KIZILKAYA, J. SMEENK, E. PARKER, E. A. PAUL, B. D. KNEZEK y G. P. ROBERTSON 2004. Managing soil carbon and nitrogen for productivity and environmental quality. *Agron. J.* 96: 769-775.
- SENIGAGLIESI, C. 1998. Fertilidad y manejo del trigo en la zona central norte. *Actas IV Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata, 11-13 Noviembre*. Unidad Integrada Balcarce INTA-FCA.

- SEILER, R. A., R. A. FABRICIUS, V. H. ROTONDO y M. G. VINOCUR 1995. *Agroclimatología de Río Cuarto – 1974/1993*. U.N.R.C. I: 59-64.
- SLAFER, G., D. MIRALLES, R. SAVIN, E. WHITECHURCH y F. GONZALEZ. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. En: E. Satorre; R. Benech Arnold; G. Slafer; E. de la Fuente; D. Miralles; M. Otegui y R. Savín. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. p: 99-132.
- SYME, J. R. 1972. Single-plant characters as a measure of yield plot performance of wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 23: 753-760.
- STRETCHER, 2010. More on Minerals. En: http://www.stretcher.com/stories_/01/010611j.cfm. Consultado: 03-04-2010.
- TOMBETA E. E., J. A. VIALE y N. G. DROBNER. 1978. Factores que influyen sobre el contenido de proteínas del trigo. INTA Marcos Juárez, Informe Técnico 96, 8 p.
- URRICARIET, S. y R. LAVADO. 1998. La fertilización como elemento compensador del deterioro de los suelos. *Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Carlos Paz, Córdoba.
- VALETTI, O. y L. IRIARTE. 1995. Fertilización en girasol. Aspectos generales a tener en cuenta. Chacra Experimental de Barrow, INTA CRBAS, 38 p.
- WANDER M. M., G. L. WALTER, T. M. NISSEN, G. A. BOLLERO, S. S. ANDREWS y D. A. CAVANAUGH-GRANT. 2002. Soil quality: Science and process. *Agron. J.* 94: 23-32.
- WHINGIRI E. E. y D. R. KEMP. 1980. Spikelet development and grain yield of the wheat ear in response to applied nitrogen. *Australian Journal of Agricultural Research* 31: 637-647.