



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE MAGISTER EN Economía Agraria y Administración Rural

**“Incidencia económica de la degradación del suelo por erosión eólica.
El caso de los sistemas productivos de la estepa pampeana semiárida”**

Héctor Oscar Lorda

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2009

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de **Magister**, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Economía durante el periodo comprendido entre el **04 de Marzo de 2008** y el **14 de Mayo de 2009**, bajo la dirección del **Lic. (Mag.) Jorge Cincunegui**.

(En el caso de Directores de otras instituciones, se agregará a continuación la Institución a la que pertenecieran)

Héctor Oscar Lorda



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el **14/05/2009**, mereciendo la calificación de **10 (diez)**.-

Agradecimientos

A los productores y asesores agropecuarios que me brindaron desinteresadamente los datos básicos que hicieron posible el desarrollo de este trabajo: Sr. Valentín Boriolo y flia., Ing. Agr. Ricardo Hevia, Sr. Raúl Mieri, Ing. Agr. José L. Ventura; Ing. Agr. Vicente Mallea Gil, Ing. Agr. Ricardo Re y al Ing. Agr. Andrés Corro Molas.

A los Ing. Agr. (Mg) Jorge Caviglia y Dr. Daniel Buschiazzi y al Lic. Juan Panebianco, por su calidad humana y profesional. Los considero los verdaderos artífices de este trabajo.

Al equipo del Proyecto de INTA 1732 (AEES), especialmente al Dr. Julio Penna y al Ing. Agr. (Mg) Carlos Calcaterra, que con su visión y excelencia profesional me introdujeron en la vital y urgente temática ambiental.

A mis compañeros de trabajo, que redoblaron esfuerzos para cubrirme en todas las obligaciones laborales y fueron un apoyo permanente.

A mi familia, que fue mi sostén y fuente de ánimo permanente, en todas las etapas de la maestría.

Índice

Resumen	i
Abstract	iii
I. Introducción	1
II. Marco de referencia	6
II.1. Caracterización de la zona de estudio	6
II.2. El avance de la agricultura en la Región Pampeana.....	9
III. Marco teórico	12
III.1. La erosión eólica en la Región Semiárida Pampeana (RSP)	12
III.2. Pérdidas de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) por efecto de la erosión y balance de nutrientes	13
III.3. Sistema de costeo y matriz de Programación Lineal (PL).....	15
IV. Metodología	18
IV.1. Cuantificación de la erosión eólica.....	18
IV.2. Selección de sitios y sistemas productivos a cargar en el EWEQ	20
IV.3. Cuantificación y valoración económica de N y P.....	22
IV.4. Estructura de la Matriz de Programación Lineal (PL).....	26
IV.5. Elección del ambiente y actividades productivas de la matriz de PL.....	28
IV.6. Balance de nutrientes de las actividades productivas, en la matriz de PL.....	37
IV.7. Elección de escenarios de precios.....	43
V. Resultados y discusión	47
V.1. Pérdidas por erosión eólica e incidencia económica en los cultivos de cosecha	48
V.2. Actividades productivas de la Matriz de PL y balance de nutrientes	65
V.3. Resolución de la Matriz de PL y valoración del suelo erosionado	89
VI. Conclusiones y recomendaciones	97
VII. Bibliografía	104
VIII. Anexos	111
Anexo 1. Descripción de sistemas productivos preponderantes	111
Anexo 2.1. Registro del modelo EWEQ. Rotación 13a del Sitio Castex Norte	114
Anexo 2.2. Registro del modelo EWEQ. Sitio Castex Sur-Santa Rosa.....	115
Anexo 2.3. Registro del modelo EWEQ. Sitio Castex Sur-Anguil.	117
Anexo 2.4. Registro del modelo EWEQ. Sitio Guatraché.....	119
Anexo 2.5. Registro del modelo EWEQ. Sitio Pico Norte.	121
Anexo 2.6. Registro del modelo EWEQ. Sitio Pico Sur.....	123

Anexo 2.7. Tasa de erosión y pérdidas de N y P en las actividades agrícolas con tecnología mejorada	124
Anexo 2.8. Tasa de erosión y pérdidas de N y P de los recursos forrajeros	127
Anexo 3.1. Costos operativos de la maquinaria propia del Sitio Castex Norte	130
Anexo 3.2. Costos operativos de la maquinaria propia del Sitio Castex Sur-Anguil	133
Anexo 3.3. Costos operativos de la maquinaria propia del Sitio Guatraché.....	136
Anexo 3.4. Costos operativos de la maquinaria propia del Sitio Pico Sur	138
Anexo 4. Cálculo de MB inicial y MB neto de IA , a partir de información del EWEQ.....	142
Anexo 5. Matriz de PL. Escenario agrícola.....	144
Anexo 6. Matriz de PL. Escenario ganadero	145

Lista de abreviaturas

- AACREA: Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola.
- ADPV: aumento diario de peso vivo
- AU: agua útil
- C: coeficiente climático
- CD: costos directos
- CGCR: coeficiente de gastos de combustible y reparaciones.
- CO: carbono orgánico
- CRA: capacidad de retención de agua
- CS: costos de sustitución
- DEO: dosis económicamente óptima
- EAGR: eficiencia agronómica
- EEA: Erosión eólica actual
- EEP: Erosión eólica potencial
- EWEQ: Wind Erosion Equation
- FBN: fijación biológica de nitrógeno
- FDA: fosfato diamónico
- FE: fracción erosionable
- GEE: grupo de erodabilidad por viento
- I: índice de erodabilidad
- IA: indicador ambiental
- IB: ingreso bruto
- IN: ingreso neto
- INDEC: Instituto de Estadísticas y Censos
- INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- K: potasio
- M.A.: Millennium Ecosystem Assessment
- MAP: fosfato monoamónico
- MB: margen bruto
- MBT: margen bruto total
- M.O.: materia orgánica
- MS: materia seca
- N: nitrógeno
- P: fósforo

PL: programación lineal

PS: costo de oportunidad (“precio sombra”)

RIAN: Red de Información Agropecuaria Nacional

RIAP: Red de Información Agropecuaria Pampeana

RRNN: recursos naturales

RSP: Región Semiárida Pampeana

RSSP: Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana

SC: siembra convencional

SD: siembra directa

SE: Servicios ecológicos

SIG: Sistema de Información Geográfico

RC: relación de cambio

Resumen El suelo es uno de los componentes principales de los agro-ecosistemas (capital natural), que junto a las demás formas de capital, brindan servicios ecológicos (SE) destinados a las necesidades y bienestar humanos.

La Región Semiárida Pampeana (RCP), en la Provincia de La Pampa, posee suelos poco desarrollados, recibe escasas lluvias y vientos de moderados a fuertes. Estas condiciones son propicias para el proceso de *erosión eólica potencial*, es decir la pérdida de suelo por acción del viento. Esta pérdida implica la reducción de la fertilidad física y química, con la consecuente reducción en el flujo de los SE. Las condiciones de manejo del suelo, definen la *erosión eólica actual*, la cual puede cuantificarse experimentalmente. Adicionalmente, se puede determinar la composición química de estos residuos.

El avance de la agricultura, la intensificación de los sistemas productivos y prácticas de laboreo tradicionales inapropiados, hacen de este fenómeno un **proceso irreversible**, cuando se supera valores umbrales considerados moderados. Se expresa en toneladas por hectárea (t/ha). El productor no considera entre sus costos de producción, los SE del suelo que esta utilizando, los que toma de un stock inicial y sobre los que tampoco existe un precio de mercado de referencia.

Una de las hipótesis de trabajo fue que las pérdidas por erosión actual, en rotaciones y en el ciclo de los cultivos agrícolas, pueden alcanzar niveles moderados a severos.

La incorporación en los costos directos de cultivos agrícolas, del nitrógeno (N) y fósforo (P) involucrados en el material erosionado, por su magnitud puede causar niveles de quebranto en el margen bruto (MB) final. El *costo de reemplazo* de estos nutrientes se lo denominó Indicador Ambiental (IA) y se estimó, monetariamente, a través de su equivalente en nutrientes de fertilizantes.

Otra hipótesis planteada, sugiere que es posible plantear actividades tecnológicamente superadoras, que reduzcan los niveles de erosión, mejoren el balance de algunos nutrientes esenciales y que se integren en un sistema productivo ambiental y económicamente sustentable.

Para estimar la tasa de erosión eólica, se utilizó el modelo empírico identificado en castellano con las siglas *EWEQ* (Wind Erosion Equation), el cual fue cargado con secuencias de cultivos reales (rotaciones), con longitud de tiempo variables y para 6 sitios de la estepa pampeana: 3 sitios de la denominada Subzona “Castex” (Castex Norte, Castex Sur-Santa Rosa y Castex Sur-Anguil); 2 sitios de la Subzona “Pico” (Pico Norte y Pico Sur) y 1 sitio de la Subzona “Guatrache”.

El modelo devuelve la tasa de erosión promedio anual de toda la rotación, como también la tasa de erosión del ciclo de cada cultivo agrícola (t/ha ciclo), aprovechando el detalle en las fecha precisas entre operaciones.

Con estos registros, se estimaron los costos directos de todos los ciclos disponibles de *trigo, girasol, soja y maíz*. Utilizando los precios de insumos y productos de Febrero de 2008, se calculó la incidencia del IA, en los costos directos y sus efectos en el MB final.

El plan de optimización se realizó para las condiciones agroclimáticas, dimensiones y caracterización de sistemas productivos del Sitio Castex Norte (Subzona “Castex”), a través de una matriz de programación lineal (PL). Se diseñaron previamente los planteos técnicos basados en tecnologías disponibles, los resultados económicos (MB) y el balance de N, P y carbono orgánico (CO) de cada actividad.

La tasa de erosión eólica estimada para cultivos en siembra convencional (SC) en la primera parte, fue un insumo directo de la matriz, utilizada como restricción ambiental. Las pérdidas de N y P involucradas por esta vía, formaron parte de los egresos, dentro del balance de nutrientes. Fue necesario simular en el EWEQ, aquellas alternativas tecnológicamente mejoradas, no disponibles entre los registros reales y donde predominó la siembra directa (SD) y estrategias de fertilización. También se estimaron los índices para algunos de los recursos forrajeros de la actividad ganadera (invernada). Se puso énfasis en las restricciones ambientales, mientras que desde lo técnico-agronómico no hubo limitaciones en las restricciones de capital de trabajo ni diferenciación en el tipo de suelo. Para esta segunda etapa, se utilizaron precios de insumos de 2006 y las cotizaciones del disponible 2007 para los productos.

Se detectaron menores tasas de erosión eólica en SD que en SC. En el Sitio Guatraché se redujo de 10,0 t/ha en una rotaciones en SC a 5,6 t/ha en SD (44% menos). También se redujo en más de un 50% entre ciclos de cultivos, dentro de una misma rotación, al utilizar SD. En todos los casos, significó un pasaje del *grado de erosión de moderado/severo a erosión ligera*. El costo de reemplazo del IA, fue variable entre cultivos, entre sistema de siembra (SD vs SC) e influenciado por el nivel de costos directos totales. En los cultivos conducidos en SC, con tasas de erosión eólica cercanas y levemente superiores a 8 t/ha ciclo, la participación del IA fue de 20 a 40 % en trigo; 15 a 25% en maíz; 20 a 35% en girasol y de 20 a 30% en soja. Con tasas de erosión 4 a 6 t/ha ciclo en SD, el IA tuvo una participación del 8% en maíz; del 8 a 16 % en trigo y del 8 a 21% en girasol.

Respecto al efecto sobre el *MB inicial*, solo se produjeron quebrantos cuando los rendimientos de trigo fueron inferiores a 1t/ha y **un caso de maíz, con una producción de 1,4 t/ha.**

Las actividades propuestas en la matriz de PL permitieron detectar déficits generalizados en el balance de nutrientes, en aquellos cultivos conducidos con esquemas tradicionales de manejo tecnológico y/o de escaso nivel de fertilización. Por el contrario, la actividad ganadera mostró todos los índices positivos. Sobre una explotación de 506 ha, la mejor solución de la matriz de PL quedó integrada por 143 ha de trigo en SC con aplicación de fertilizante apuntando a máximo rendimiento (*TrSCDMR*); 170 ha de maíz en SD y de alta producción (*MaSDAP*) y 193 ha de girasol en SD con fertilización de máxima respuesta (*GiSDFER*). Este sistema “agrícola” alcanzó el máximo margen bruto total (MBT) con una erosión eólica promedio anual de 4,9 t/ha. Los beneficios ambientales de la ganadería no se aprovecharon frente a un precio promedio de 2,70 \$/kg de carne. Sin embargo, los costos de sustitución indicaban que la invernada podía participar con un precio de 3,46 \$/kg de carne (+38%). Siendo un valor esperable dentro de la volatilidad de precios de la serie 2007/2008, se simuló un escenario “mixto,” donde la invernada participó con 245 ha, la misma alternativa de girasol en SD con 153 ha, y el mismo maíz de alta producción con 143 ha. Entre el sistema “agrícola” y el “mixto”, el MBT se redujo solo el 1% (\$ 390.660 vs. \$386.795 respectivamente).

Palabras clave: erosión eólica, servicios ecológicos, programación lineal, balance de nutrientes, nitrógeno, fósforo.

Abstract

Soil is one of the main components of agro-ecosystems (natural capital). Together with other forms of capital, provides ecological services (ES) for human needs and welfare.

The Semi-Arid Pampas Region (SPR) has poorly developed soils, receives little rain and moderate to strong winds. These conditions are favourable for the process known as *potential wind erosion*, namely the loss of soil by wind action. This loss implies a reduction of both physical and chemical fertility, with consequent reduction in the flow of those ES, mentioned above. The conditions of soil management, define the *current wind erosion*, which can be quantified experimentally. Additionally, chemical composition of these residues can be determined. It is expressed in tons per hectare (t/ha).

The advancement of agriculture, the intensification of production systems and traditional inappropriate tillage practices, generates an irreversible phenomenon, when it exceeds threshold values, considered moderate. Farmers do not consider among their production costs, the ES they are using, which they take from an initial stock. In addition, there is no price market reference.

One of the working hypothesis was that losses caused by *current wind erosion*, in both rotations and crops cycle, can achieve moderate to severe levels.

The incorporation into crops direct costs of nitrogen (N) and phosphorus (P) involved in the eroded material might produce actual gross margin (GM) losses. The *replacement cost* of these nutrients was named in this research as Environmental Index (EI) and it was considered, in money terms, through its equivalent in nutrients from fertilizer.

Another hypothesis suggests that it is possible to raise productive activities technologically enhanced that reduces the levels of erosion, improve the balance of some essential nutrients and can be integrated into a production system, environmentally and economically sustainable.

The empirical model Wind Erosion Equation (EWEQ) was used to estimate wind erosion rate. Its inputs were farmer's real data, including crops seasonal sequences (rotations). Records varied in lengths of time and came from six places in the Pampas Steppe: three places in the so-called *Sub-Zone "Castex"* (North Castex site, South-Castex- Santa Rosa site and South Castex-Anguil site), two in the *Sub-Zone "Pico"* (North Pico site and South Pico site) and one site of *Sub-Zone "Guatraché"*.

The model returns the average *annual erosion rate* of the entire rotation, and the *cycle crop erosion rate* (t/ha cycle). This last rate takes advantage of the detail in the precise date information between machinery operations, within the model.

These records, also allowed estimating direct costs of all the available crops cycles of: *wheat, sunflower, soybeans and corn*. Using inputs and commodities prices of February 2008, the incidence of EI in direct costs and its impact on the final GM, was calculated.

The optimization plan was carried out for agro-climatic conditions, farm size and production systems patterns of North Castex Site (*Sub-Zone "Castex"*), through a matrix of linear programming (LP). Previously, technical set up approaches were designed, based on available technology, also the economic performance (GM) and the balance of N, P and organic carbon (OC) of each activity.

The estimated wind erosion rate estimated for crops in the first part of the study and involving conventional tillage (CT) sowing system was a direct input for the matrix,

used as environmental constraints. The concentration of N and P involved in this losses, were part of discharges within the balance of nutrients. It was necessary to use the EWEQ, to simulate those alternatives technologically enhanced, with no records were available, and where no-tillage (NT) and fertilization strategies have been used. It was also estimated rates for some of the forage resources of livestock activity (fattening steers). Emphasis was placed on the environmental constraints, while no limitations were set from those technical-agronomic constraints such as working capital or differentiation in the type of soil. For this second stage is used pricing of inputs, 2006 and 2007 current prices of commodities.

Wind erosion rates resulted lower in NT than in CT. In Site Guatraché the index varied from 10.0 t/ha year⁻¹ in a CT rotation, to 5.6 t/ha year⁻¹ in NT rotation (44% less). It also declined by over 50% between cycles of crops, within a single rotation, by using NT. ***In all cases, it was an overtaking from a moderate/severe degree of erosion to light erosion rate.*** The replacement cost of EI, varied between crops, between sowing system (NT vs CT) and highly influenced by the level of total direct costs. Those crops conducted in CT, with wind erosion rates nearby and slightly higher than 8 t/ha cycle⁻¹, the EI share in costs was 20 to 40% in wheat, 15 to 25% in corn, 20 to 35% in sunflower and 20 to 30% in soybeans. With erosion rates of 4 to 6 t/ha cycle⁻¹, in NT cycle, the EI had an 8% share of corn costs, from 8 to 16% in wheat and from 8 to 21% in sunflower.

Concerning to the effect on *initial GM*, economic losses occurred only when the yields of wheat were lower than 1t/ha and in the case of corn, one case was found when production reached 1,4 t/ha.

The proposed activities in the matrix of LP helped to detect widespread deficits in the balance of nutrients in crops those conducted with traditional patterns of technological management and/or low levels of fertilization. By contrast, livestock activity showed all positive indexes. On a farm of 506 hectares, the best solution of the matrix of LP resulted in 143 ha of CT wheat with fertilizer application aimed at maximum performance (*TrSCDMR*); 170 ha of NT corn and high production (*MaSDAP*) and 193 ha of NT sunflower with the highest expected fertilization response (*GiSDFER*). This **"grain cropping system"** reached a maximum total gross margin (TGM) with an average annual wind erosion rate of 4.9 t/ha year⁻¹. The environmental benefits of livestock are not exploited, facing an average price of 2,70 \$/kg of live weight. However, the "shadow price" indicated that livestock activity might take part of the solution with a price of 3,46 \$/ kg of live weight (+28%). Since this was an expected value along 2007/2008 meat market prices series, it was simulated a **"crop and beefs mixed system"** where livestock participated with 245 ha, along with 153 ha of former NT sunflower alternative, and 143 ha of the same high production corn. When comparing the **"grain cropping"** and **"crop and beefs mixed"** systems, TGM decreased only 1% (\$ 390,660 vs. \$ 386,795, respectively).

Key words: wind erosion, ecological services, linear programming, balance of nutrients, nitrogen, phosphorus.

Incidencia económica de la degradación del suelo por erosión eólica. El caso de los sistemas productivos de la estepa pampeana semiárida

I. Introducción

El sector agropecuario organiza sus múltiples actividades en sistemas productivos que hacen uso de un determinado Ecosistema. Se entiende por Ecosistema al “**complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio abiótico, interactuando**” (Millennium Ecosystem Assessment-M.A.,2005a). Los Agro-ecosistemas constituyen el capital natural o de recursos naturales (RRNN), cuyos componentes fundamentales son: suelo, agua, minerales, fauna, flora y su diversidad genética y la atmósfera, los que a su vez proveen los llamados servicios ecológicos o ecosistémicos (SE). Otras formas de capital, o factores de producción son los equipos (utilizados para producir bienes y servicios finales), el capital humano o factor de trabajo y el capital intangible, referido a información y conocimientos almacenados en distintas formas (*). El capital natural se combina con las otras formas de capital para generar un *flujo de bienes y servicios*. Estos servicios transforman materiales primarios que finalmente se destinan al bienestar humano (**Constanza, R. et al. 1997; Penna y Cristeche, 2008**).

Se puede afirmar que los servicios ecológicos (SE) son “**beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, y son producidos por interacciones dentro del mismo**” (M.A. 2005a). La M.A. (2005b) propone una clasificación de los SE según su aporte al bienestar de la humanidad en aquellos de soporte, provisión, regulaciones y culturales. Los siguientes cuadros brindan un listado resumido y adaptado de los SE:¹

<p style="text-align: center;">SOPORTE</p> <ul style="list-style-type: none">• Ciclado de nutrientes• Formación de suelo• Producción primaria.• Biodiversidad	<p style="text-align: center;">PROVISION</p> <ul style="list-style-type: none">• Alimentos• Fibras• Agua dulce.• Madera
<p style="text-align: center;">REGULACIONES</p> <ul style="list-style-type: none">• Del clima, enfermedades, e inundaciones.• Secuestro de Carbono• Procesam. de residuos	<p style="text-align: center;">CULTURALES</p> <ul style="list-style-type: none">• Ecoturismo• Recreación• Estética• Espiritual

En una de las declaraciones de la M.A.(2005 b) se alerta respecto a que casi dos tercios de los SE que aporta la naturaleza para satisfacer las necesidades de la humanidad, están en franca disminución, degradando y agotando nuestro “capital natural”. El deterioro ambiental limita los sistemas de soporte para la vida de las

¹ Para un listado mas detallado, consultar Penna y Cristeche, 2007.

(*) Generalmente, incorporado al factor trabajo calificado.

especies en general. Sin caer en el desaliento, es necesario que todos los estamentos tengan en cuenta el “balance natural”, a la hora de tomar decisiones. La actividad humana actual y el desarrollo tecnológico actual pueden disponernos de una manera distante respecto a la naturaleza pero no se debe olvidar que “*dependemos completamente de los servicios que ella provee*”.

En este contexto, el sistema SUELO se constituye en uno de los componentes principales del mencionado capital natural del agro-ecosistema. Su granulometría (que define su clase textural), contenido de materia orgánica, tipo de estructura, espesor del perfil, capacidad de retención de agua, tipo de horizontes y profundidad del perfil, entre otras variables, definen la potencialidad productiva del suelo.

De acuerdo a esa potencialidad, definida por su fertilidad física y química, el suelo está en condiciones de brindar una serie de “servicios” que incluyen: agua, oxígeno y un conjunto de macro y micronutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos, producto de la mineralización de la materia orgánica y de la meteorización del material parental.

✓ El primer **objetivo** de este trabajo es cuantificar la tasa de erosión eólica en distintos tipos de suelos (*Sitios*) y sistemas productivos de la RSP y dentro del material erosionado, estimar la pérdida de los nutrientes nitrógeno (N) y fósforo (P). Determinar en forma indirecta el costo de estos nutrientes e incorporarlo a la estructura de costos de los principales cultivos de cosecha. A través de los efectos netos sobre los márgenes económicos, se espera determinar la sustentabilidad económica y ambiental de las mismas.

✓ En segundo término, se espera generar un modelo de optimización, a través de una matriz de Programación Lineal (PL) y cuya función objetivo sea maximizar ingresos. La matriz estará integrada por actividades productivas con planteos tradicionales junto a otras alternativas tecnológicamente superadoras. Dentro de las restricciones principales, de la matriz, se utilizarán las tasas de erosión medidas previamente y el balance de nutrientes tales como N, P y carbono orgánico (CO). Las pérdidas de N y P asociadas a la erosión, son componentes del balance de dichos nutrientes. El objetivo específico de esta segunda etapa es realizar una propuesta superadora al diagnóstico inicial, mediante un sistema productivo de corto plazo, que reduzca los efectos de la erosión eólica, mejore el balance de nutrientes y al mismo tiempo maximice el beneficio económico.

Solamente unas 450 millones de ha en el planeta (3%) son aptas para el cultivo en seco sin limitaciones y de las cuales participa la Región Pampeana de Argentina junto con EEUU, Francia, Ucrania y China. Otro 20 % de la superficie posee aptitud moderada o marginal y requiere de manejos, inversiones en infraestructura y tratamiento especiales para ser utilizadas. La revolución verde de fines de los '60 y principios de los '70 y los avances en biotecnología de fines del siglo XX permitieron elevar la productividad y alimentar a 3,6 personas por cada ha cultivada. Sin embargo, crece la preocupación sobre consecuencias ambientales negativas, sobre todo contaminación, escasez de recursos hídricos y erosión del suelo. El concepto de una agricultura sustentable implica la capacidad del sistema de producir y perdurar indefinidamente, protegiendo e integrando los RRNN y el factor humano (productor) en el tiempo (Casas, 2002).

Según M.A. (2005 b) se han incorporado al cultivo más tierras desde 1950 que entre 1700 y 1850. En la actualidad, aproximadamente un 24% de la superficie terrestre ha sido transformada a sistemas de cultivos. La actividad humana produce más nitrógeno -biológicamente utilizable- que lo producido por todos los procesos naturales

combinados. Uno de los indicadores que marcan la intensificación agrícola se manifiesta en que más de la mitad del fertilizante nitrogenado se ha utilizado desde 1985 (considerando su primera manufactura en 1913).

La región bajo estudio corresponde a la estepa pampeana, en el noreste de la provincia de La Pampa, que posee condiciones agroclimáticas y de suelos propios de la Región Semiárida Pampeana (RSP). En general son suelos poco desarrollados, lluvias variables y escasas y vientos de moderados a fuertes, que determinan condiciones potencialmente severas de erosión eólica (**Buschiazzo y col. 2004**). La pérdida de suelo por acción del viento reduce su fertilidad física y química y la consecuente reducción en el flujo de SE antes mencionados.

Los efectos negativos de la erosión están ligados a la intensificación de los sistemas productivos y prácticas de laboreo tradicionales inapropiados. La trascendencia regional de este fenómeno consiste en que, *superado determinado valor umbral*, es un **proceso irreversible**, con consecuencias productivas y sociales de corto y largo plazo.

La unidad de análisis propuesta en este trabajo corresponde a la empresa agropecuaria de administración privada, donde el productor organiza su actividad basada en el beneficio obtenido por la venta de productos finales (granos, carne, leche, etc.) y sujeto a una estructura de costos. Los SE aportados por el suelo, se corresponden con un **valor de uso de tipo indirecto**, es decir servicios intermedios para “la obtención de productos finales” y que según la clasificación antes descrita, se ubican como *servicios de regulación y soporte* (**Penna y Cristeche, 2007**).

Normalmente, el productor no considera entre sus costos de producción los servicios edáficos que esta utilizando, los que toma de un stock inicial y sobre los que tampoco existe un precio de mercado de referencia. Sin embargo, en el largo plazo, si no son repuestos o el flujo de uso resulta con saldo negativo, respecto a su tasa de generación natural, la actividad no será sustentable económica ni ambientalmente. El proceso puede derivar, inclusive, en una externalidad negativa y en un costo social elevado. Desde esta **perspectiva “utilitarista”** se estima factible evaluar la incidencia en el uso de los SE de los suelos, a nivel de empresa agropecuaria, para distintos sistema productivos y agro-ecosistemas.²

Hipótesis de trabajo: En este trabajo se eligió a la empresa agropecuaria como unidad de análisis y dentro de ella, el componente suelo como proveedor de los SE e indicador fundamental de la sustentabilidad de los sistemas productivos. Dentro de los SE, este estudio se limita a los nutrientes N y P del suelo. La forma en que los planteos productivos se organizan y gestionan está influida por cambios en los precios relativos, maximización de beneficios, resistencia al cambio frente a tecnologías no apropiadas, que debe contrastar con el manejo tradicional/familiar y las urgencias económicas y financieras. El productor hace uso de SE que no tienen una valoración de mercado, es decir no debe pagar por su uso, pero que eventualmente pueden implicar un costo social. Si el suelo se deteriora, es posible que en el mediano y largo plazo se vea comprometida su rentabilidad e inclusive el valor mismo de su explotación.

Frente a condiciones limitantes de precipitaciones, suelos con textura predominante arenosa y franco-arenosas y vientos moderados a fuertes (superiores a los 10 km/h), la estepa pampeana enfrenta un grado de erosión eólica potencial (EEP) del

² Para una explicación del Paradigma “utilitarista”, utilizado en la evaluación económica de los SE, véase Penna y Cristeche, 2007.

tipo severa (>50-100 tn/ha año) (**Buschiazzo y col. 2004**). En el marco de la fragilidad ambiental de la región y la problemática de la erosión, se plantean las siguientes hipótesis de trabajo:

- La región centro-este de la Pampa permite diferenciar zonas con características agroecológicas diferenciales, basadas en el tipo de suelos y variables climáticas contrastantes. Prácticas de laboreo degradativas, inadecuada rotación de cultivos o situaciones de monocultivos, el incremento de la agricultura y pastoreos intensivos, entre otras variables, determinan procesos de **erosión eólica actual** de nivel moderado a grave, que es posible cuantificar para cada una de estas zonas.
- La pérdida de macronutrientes del tipo N y P, dentro del material erosionado, es posible evaluarla económicamente y calcular su incidencia relativa en los costos de producción. El costo de reemplazo de estos nutrientes (costo privado) determina una reducción en los márgenes netos y aún quebrantos, para los principales cultivos agrícolas.
- Frente a planteos productivos tradicionales, que enfrentan procesos erosivos irreversibles y déficit de nutrientes, es posible la integración de actividades tecnológicamente superadoras en un plan de optimización sustentable, que maximice ingresos, pero que se ajuste a restricciones técnico-agronómicas y ambientales.

Dentro de la estructura del trabajo, en primer lugar se realiza una caracterización y descripción de las casi 3,4 millones de ha que conforman la llamada estepa pampeana, en el noreste de la provincia de La Pampa y de la dinámica en el uso del suelo que esta evidenciando toda la Región Pampeana (marco de referencia).

En el marco teórico se detalla la problemática de la erosión eólica, las implicancias físicas y químicas del fenómeno sobre las propiedades del suelo y en el punto III.3, se define el enfoque metodológico de las *dos etapas* que tendrá el trabajo en adelante:

- La incidencia de la pérdida de N y P dentro de los costos directos y el margen bruto en cultivos agrícolas y
- Un plan de optimización a través de una matriz de programación lineal, que maximice beneficios, pero sujeto a restricciones ambientales. Estas restricciones utilizan como insumo las tasas de erosión reales calculadas en la etapa anterior, como también las pérdidas de N y P involucradas, aunque como egresos en un balance general de estos nutrientes.

Para la primera etapa, los puntos IV.1 a IV 3 de la metodología, explican el modelo EWEQ, que es la base de estimación de la erosión eólica. El modelo fue aplicado a 6 sitios con datos reales de rotaciones y provenientes de 3 Subzonas Agroecológicas. Estas abarcan unas 2,7 millones de ha de la estepa descripta previamente.

En los puntos IV.4 al IV.7 se describe la estructura de la matriz de PL y la caracterización del único ambiente sobre el que se aplicó la matriz. Abundante información técnica y descriptiva de los sistemas productivos preponderantes, permitiendo fundamentar los planteos técnicos de las actividades que formaron parte de la matriz y los balances de nutrientes resultantes.

En función del ordenamiento anterior, la primer parte de los resultados muestra la incidencia de la erosión en los costos directos y el margen bruto, según sitios y

cultivos, mientras que los puntos V.2 y V.3 presentan las actividades desarrolladas para la matriz de PL y las soluciones óptimas alcanzadas.

Dentro de las conclusiones se remarcan los resultados que ponen en evidencia el problema de la erosión eólica pero también, propuestas tecnológicas disponibles para enfrentarla. Se discute que tipo de información adicional y líneas de investigación pueden enriquecer este tipo de estudios y se valoriza el componente interdisciplinario que dio robustez a la metodología utilizada.

II. Marco de referencia

II.1. Caracterización de la zona de estudio

Los sistemas productivos predominantes, prácticas tecnológicas, porcentaje de la superficie sembrada y el tipo y uso del suelo, son algunas de las variables que permitieron agrupar áreas de relativa homogeneidad agroecológica, para luego realizar mejores precisiones sobre las actividades que se desarrollan sobre cada uno de estas unidades, frente a sus potencialidades y riesgos.

El área de interés para el presente trabajo, identificada como la “estepa pampeana”, comprende las regiones geomorfológicas denominadas “*Planicie con tosca*” y “*Planicie Medanososa*”. (INTA y col., 1981). Ambas que se corresponden con las denominadas *Zonas II y V*, respectivamente, denominación propuesta por la Red de Información Agroeconómica de la Región Pampeana (RIAP), del INTA y cuyos límites departamentales se observan en la Figura 1. Ambas Zonas cubren una superficie de **3.417.037 ha**.

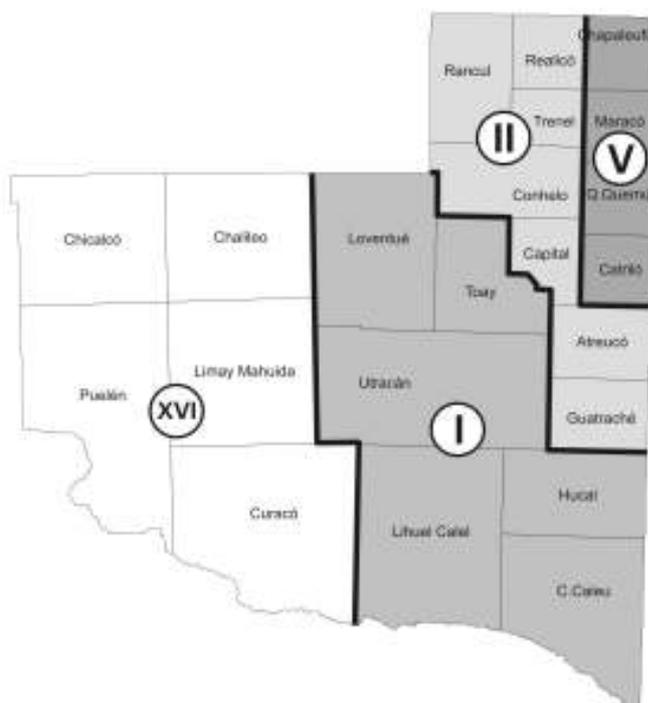


Figura 1: Zonas Agroecológicas en La Pampa.

Las características climáticas y edáficas, los tipos fisonómicos y de estructura de la vegetación, los sistemas productivos predominantes y el avance del desmonte, fueron tomados en cuenta para definir **Subzonas**, dentro de cada Zona; como la mínima unidad geográfica para el análisis de información (Figura 2). La cobertura de las Subzonas trascienden los Departamentos y sus límites se ajustan a la fracción censal (INDEC). Al código de la Subzona y para facilitar su identificación, se le ha agregado el nombre de una localidad o paraje que se juzga representativo del ambiente de referencia³.

³ Una subdivisión con mayor detalle se puede consultar en **Lorda, H.O. y Bellini Saibene, Y.** <http://www.inta.gov.ar/pro/radar/info/documentos/zonasagroecologicas/282.htm>

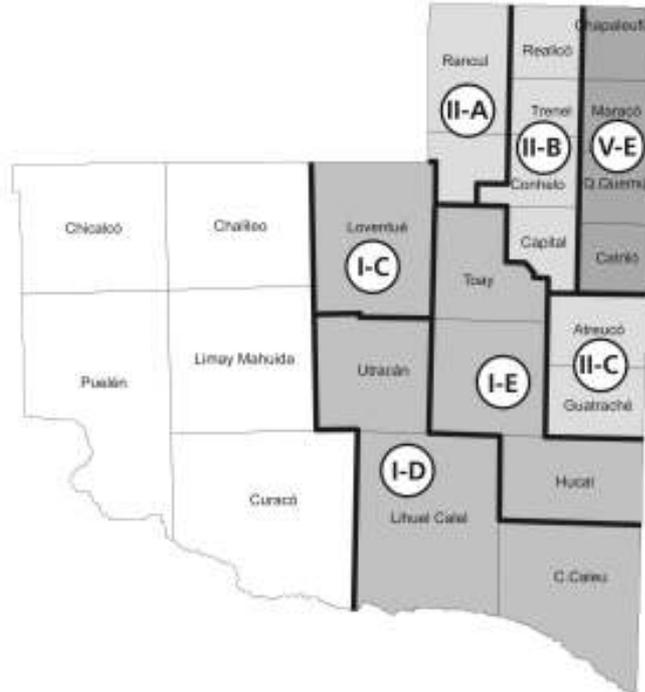


Figura 2: Subzonas Agroecológicas de La Pampa

La Zona II (“Planicie con Tosca”), comprende los Departamentos Rancul, Realicó, Trenel, Conelón, Capital, Atracó y Guatraché, con una superficie total de 2.398.202 ha. Esta Zona se ubica en el centro-norte de la Provincia de La Pampa, limitado hacia el norte con Córdoba y extendiéndose en el sur, hasta el límite con la provincia de Buenos Aires. La característica central que delimita esta Zona es la presencia de un manto de tosca sobre el que se depositó un manto de suelo arenoso determinando, en general, un perfil poco profundo. Sin embargo, al contar con una considerable extensión en sentido N-S pone de manifiesto diferencias climáticas dentro de ella. La información disponible para el presente estudio, provienen de dos Subzonas:

Subzona II-B “Eduardo Castex”: comprende la mitad este del Departamento Conelón y los Departamentos Realicó, Trenel, y Capital, con una superficie total de **1.043.741 ha**. En general es una planicie uniforme, muy suavemente ondulada y con un espesor del perfil variable (0,4 a 2,0 m). Los suelos son de textura franco-arenosa, sobre manto de tosca y se clasifican como Haplustol entico, franco grueso, mixta térmica. Las limitaciones son sequías estacionales, drenaje natural excesivo, poca profundidad efectiva y erosión moderada. Existen diferencias norte-sur en esta Subzona.

En los suelos de área norte (Realicó-Trenel) la capa superficial es profunda, bien provista de MO y estructurada, bajo régimen ústico. Es posible encontrar una capa de ceniza volcánica y aproximadamente a los 60 cm, un paleo suelo (suelo sepultado). Se distingue una fase somera (50 cm) y se estima que el 50% posee hasta 1,5 m de profundidad. Hacia el sur de la subzona (Eduardo Castex-Winifreda-Santa Rosa) la tosca esta presente en toda el área (60-120 cm).

El norte posee inviernos más benignos con una temperatura de 8 °C para el mes más frío y de 25 °C para el mes más caliente y un atraso de 15 días para la fecha de primera y última helada. Estos factores hacen que en el sur se produzcan pérdidas

recurrentes de cultivos como trigo y obliga al atraso en las fechas de siembra y/o selección cuidadosa de variedades e híbridos. Como en toda la provincia, la dirección predominante de los vientos es N-NE a S-SW, pero en el sur la velocidad es algo superior, con 10-12 km/hora.

El 51 % de los sistemas productivos son mixtos (agrícola-ganaderos), siendo el 70% de las explotaciones menores a las 500 ha. La actividad con especies menores (cerdos y ovinos) es reducida y se restringe principalmente a los estratos de superficie inferiores a las 300 ha. En cuanto a la agricultura, se realiza tanto el trigo como los cultivos de cosecha gruesa, si bien el primero es preponderante. Los sistemas ganaderos llegan al 38,5% y los tamaños más frecuentes son menores a las 300 ha. Solo en el 8% de los casos hay predominancia agrícola, donde la mayoría posee una superficie menor a las 500 ha. En estos sistemas predomina el trigo, seguido de los granos gruesos. La actividad tambo tiene una participación del 25%, aunque casi el 80% de ellos no alcanza el nivel comercial (Caviglia y col., 2007). En el Anexo 1 se presentan los criterios de clasificación de los sistemas productivos y un mayor detalle de los resultados de este trabajo, tanto para esta Subzona como para las descriptas a continuación⁴.

Subzona II-C “Guatrache”: comprende los Departamentos Atrucó y Guatraché, en el sur de la Provincia de La Pampa, con una superficie de **698.602 ha.** y que desde el enfoque fisiográfico, se corresponde con una “*planicie de mesetas y valles con tosca*”. Es la subzona que posee las mayores limitantes para la producción agrícola. El período libre de heladas es de 180 días con mínimos de -14°C y heladas en el mes de febrero. Precipitaciones de 600 mm que sumado a vientos de 10-11 km/h desde Agosto a Diciembre, además de la acción erosiva, agravan el déficit hídrico por aumento de la evapotranspiración. Las áreas de mesetas planas, tienen una textura franco-arenosa muy fina, proclive a procesos erosivos, con 16% arcilla y 32 % de limo, sobre un manto de tosca de menos de 1 metro, que puede aflorar. Son suelos clasificados como Calciustol petrocalcico, franca gruesa, mixta, con drenaje natural excesiva y baja capacidad de retención de humedad. Presencia de calcáreo en el perfil.

Los sistemas con predominancia *ganadera* alcanzan el 35%, observándose una concentración del 74% en superficies menores a las 500 ha. Los sistemas *mixtos* representan el 34 % de los productores, con el 71% de las explotaciones inferiores a las 500 ha. En cuanto a la agricultura, el trigo se presenta en el 70% de los casos y solo parecen cultivos de cosecha gruesa en los establecimientos de mayor superficie. El *tambo* representa el 25 % de las explotaciones de la Subzona, ubicándose el 81 % en superficies menores a 150 ha, no alcanzando la gran mayoría una escala comercial. Los establecimientos con predominio agrícola llega al 6%, siendo el 97% de las unidades inferiores a 500 ha y con predominio del cultivo de trigo.

La Zona V (“Planicie Medanosa”) forma parte de la extensa llanura pampeana y desde el NE de La Pampa, posee continuidad con las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fé. La nomenclatura “arenosa” hace referencia a un suelo de textura arenoso o franco arenoso, sin límites en profundidad. El paisaje característico de esta zona corresponde a planicies extendidas, onduladas, con acceso variable a napa freática, por parte de los cultivos. Para la provincia de La Pampa representa la zona de mayor potencial productivo, con suelos simples pero con buena disponibilidad de materia orgánica en superficie.

⁴ Para mayor información sobre índices productivos y organización general de la empresa agropecuaria consultar **Lorda y col.(2001)**.

Subzona V-E “General Pico”: En la provincia de La Pampa, los Departamentos Chapaleufú, Maracó, Quemu-Quemu y Catriló conforman una única Subzona, con una superficie de **1.018.835 ha**. Predominan suelos con textura arenosa-franco, sin limitantes en la profundidad del perfil ($>$ a 1,5 m). El norte de esta subzona esta favorecido por un régimen pluviométrico mayor (750mm vs. 650 mm) y de 20 a 25 días más en el período libre de heladas. Sin embargo, los vientos predominantes de N-NE y S-SW que superan los 14km/h (Gral. Pico), sobre suelos excesivamente drenados y baja retención de humedad, en condiciones de excesivo laboreo y pastoreos intensivos, puede desencadenar procesos de erosión eólica severos. Hacia el sur (Catriló-Quemú Quemú), se presenta un régimen hídrico y térmico inferior, pero con una velocidad del viento promedio anual de 10 km/ha. El problema de la erosión eólica radica en la intensidad de la agricultura, sobre todo de verano, considerando que los mayores vientos se producen en primavera-verano.

En esta Subzona hay un fuerte predominio de los *sistemas mixtos*, con el 47% de las unidades. Se destaca que el rango de análisis supera las 2000 ha, con la mayoría de las explotaciones por encima de las 200 cabezas (77%). En el componente agrícola predominan los cultivos de cosecha gruesa. Le siguen en importancia los *sistemas ganaderos* que reúnen al 39% de los establecimientos. El escaso suelo agrícola se destina a cultivos de verano, aunque el trigo también está presente en menor número de establecimientos. No es frecuente la presencia de ambos dentro del mismo establecimiento. Los establecimientos *agrícolas* tienen una representatividad del 8%. El tamaño más frecuente se encuentra por debajo de las 700 ha, reuniendo el 87% de las unidades. En la actividad agrícola se combina los cultivos de verano y el trigo, con presencia de ambos en el mismo establecimiento. Hay solo 70 establecimientos (5%) dedicado al *tambo* en esta Subzona, con el 80% de las unidades inferiores a 500 ha. Más allá de la consideración del tamaño, casi el 90% de las explotaciones poseen nivel comercial y buena productividad. El 10% de los tambos realiza agricultura de cosecha gruesa con destino al propio consumo.

Se encuentra disponible mayor detalle sobre información agroclimática, tipo de suelo y vegetación en **INTA y col. (1981)** y **Casagrande (1998)**. La cartografía de los recursos naturales, sumado a variables agronómicas y eco-fisiológicas se integraron en un sistema de información geográfica (SIG) que dio origen a un mapa de aptitud potencial de uso de los suelos (**Roberto y col. 1998**).

II.2. El avance de la agricultura en la Región Pampeana

La generalización del proceso agrícola argentino se produce desde 1885, con el advenimiento de las primeras colonias de agricultores y la llegada del ferrocarril. El censo de 1914 muestra nuevos incrementos de la superficie cultivada, destacándose un mayor incremento proporcional en La Pampa y el sur de Córdoba. Este proceso se detiene hacia 1930 al alcanzar una frontera productiva donde, precisamente, la erosión eólica es uno de los factores que frena su expansión. La erosión de los suelos se desencadenó por el uso intensivo del arado de rejas, la roturación de pastizales, los desmontes, el monocultivo y la coincidencia de períodos de sequía en la década del '30. Este período de sobreuso, que se extendió hasta la década de '40, se considera como de “descarga ecológica”. A partir de la década del '50 comienza un período de recarga ecológica con la incorporación de la ganadería en sistemas mixtos, sustitución de cultivos de cosecha por alfalfa, pasto llorón y la forestación. La integración de estas actividades permitió controlar el proceso degradativo, causado principalmente por la

disminución de la materia orgánica, la estructura y el nitrógeno exportado por los granos. A principios de los años '60 se cuenta con la contribución institucional del INTA, Facultades de Agronomía y la AACREA, entre otros. (Viglizzo, 1994).

Según Viglizzo y col. (1991) desde mediados de la década del '60 se ha producido una segunda ola (la primera correspondió al primer tercio del siglo XX ya mencionada), con el incremento de la superficie ocupada por cultivos de cosecha, tendencia que se prolongará en el tiempo. Esto se debe, entre otras causas, a la mejor rentabilidad de la producción de granos frente a la ganadería, al desarrollo tecnológico (nuevas maquinarias, germoplasmas con mayor potencial de rendimiento, uso intensivo de plaguicidas, entre otros) y a los ciclos climáticos favorables, particularmente con mayor cantidad de precipitaciones (Casagrande y col. 1996). Casas (1998) menciona, además, el empleo de maquinaria pesada y de alta capacidad operativa y una tasa de extracción de nutrientes superior a la reposición vía fertilizantes. Fernández y col. (2005) analiza el incremento de la superficie agrícola, principalmente de girasol y soja, fenómeno que implicó una importante reducción de los aportes de residuos orgánicos y la consecuente degradación de los suelos.

La Provincia de La Pampa ha seguido esta misma tendencia respecto al incremento en la superficie agrícola, especialmente los cultivos de cosecha gruesa, especialmente en el área cultivable de su estepa, sobre aproximadamente 3 millones de hectáreas de la estepa pampeana (Figura 3). La cosecha fina, representada por el trigo pan, ha mantenido relativamente estable su superficie, disminuyendo su ocupación frente a la competencia de la gruesa, como también debido a condiciones climáticas desfavorables de las últimas campañas.

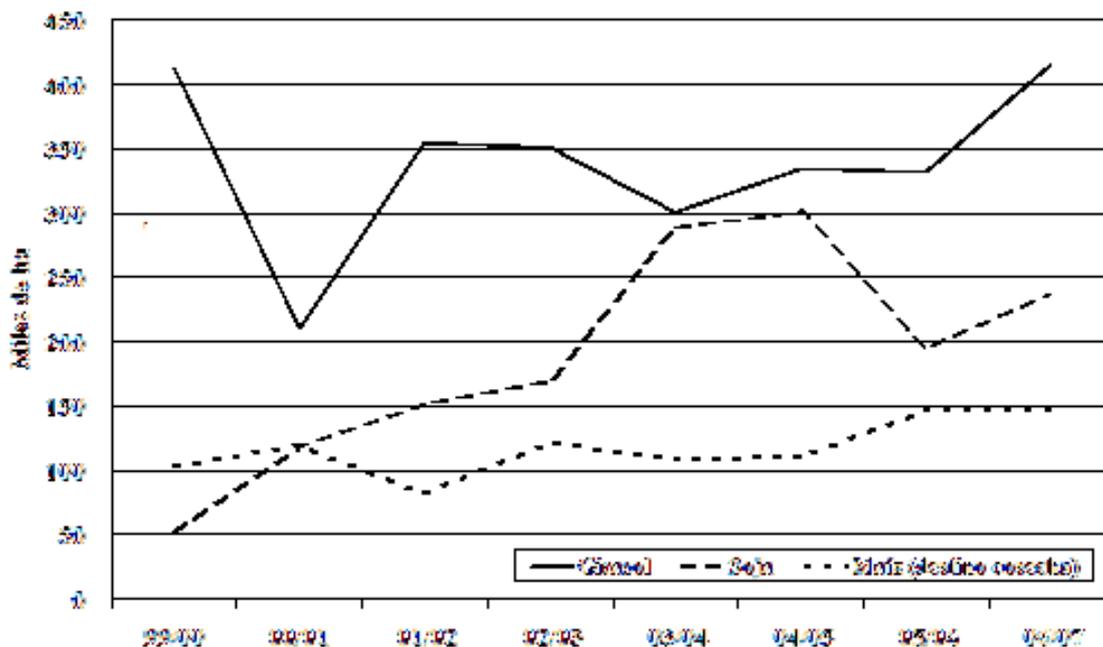


Figura 3: Superficie sembrada de los principales cultivos de cosecha gruesa, en la estepa de La Pampa (Zonas II y V).

Las condiciones agro-ecológicas del este pampeano la transformó en una región “girasolera” a partir de la década del '80, alcanzando una superficie superior a las 300 mil hectáreas. La superficie de maíz con destino a cosecha mantiene cierta estabilidad y

se estima en aproximadamente 100 mil hectáreas. Cabe aclarar que la superficie total de este cultivo es superior, pero las condiciones agroclimáticas resultan marginales para su desarrollo y que gran parte del mismo se siembra estratégicamente como “doble propósito” o para el consumo forrajero directo o ensilado. El gran avance agrícola se produjo de la mano del cultivo de soja que desde una participación ocasional a fines de la década del '90, alcanzó los valores del tradicional cultivo de girasol e inclusive lo superó ampliamente a las zonas más productivas del NE de La Pampa. Este incremento se produce en desmedro de pasturas perennes y otros cultivos anuales. En la Figura 4 se muestra la evolución del total de la superficie sembrada con cultivos de cosecha gruesa (discriminados en el gráfico anterior), sumada la reaparición regional del sorgo granífero y nuevos cultivos como el maní. En la [estepa pampeana](#) y liderada por la soja, la superficie agrícola se ha incrementado en más del 30%, [considerando el período comprendido entre la campaña 1999/2000 a la 2006/2007](#) (adaptado de [Lorda y col. 2003](#) y [Daitsch y col. 2007](#)).

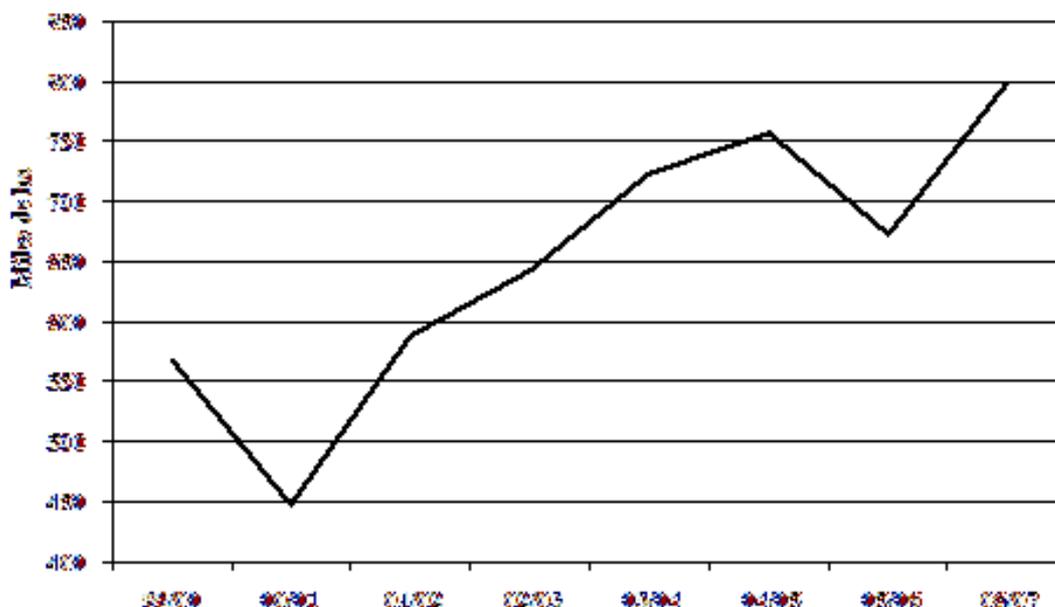


Figura 4: Superficie sembrada total de cultivos de cosecha gruesa en la estepa de La Pampa (Zonas II y V).

III. Marco teórico

III.1. La erosión eólica en la Región Semiárida Pampeana (RSP)

El proceso de agriculturización señalado, produjo la degradación de los suelos con pérdida paulatina de la fertilidad física y química de los mismos. Uno de los aspectos graves de esta intensificación lo constituye las erosiones hídrica y eólica que se estima abarcan un 20% de las tierras productivas argentinas. Según datos del Instituto de Suelos del INTA (1990) la superficie afectada por erosión eólica en la Argentina abarca una 28 millones de ha (**Casas, 2002**).

Una primera referencia de esta problemática son las recomendaciones realizadas por la entonces EEA Guatraché, en el sur de La Pampa, (**Molin, 1918 mencionado por Casas, 2002**) sobre como evitar la doble arada en la siembra de trigo y así evitar las “voladuras”. Posteriormente se afianzaron los conceptos de crear rugosidad en la superficie del suelo para impedir el desplazamiento de las partículas y mantener abundante cobertura vegetal para aumentar la infiltración de agua.

En la década del '80 se fomentaron prácticas como la labranza vertical (arado cincel, cultivadores, rastras), reducción de labranzas, rotaciones y cobertura de restos vegetales. Estos conceptos sobre “calidad de suelo” como integridad funcional, derivaron en la investigación y desarrollo de la siembra directa (SD), que para fines de los años '90 supero en Argentina, las 10 millones de ha. Este sistema posee una alta eficiencia en el control de la erosión, manteniendo en superficie abundante cobertura aportada por los rastrojos de los cultivos que favorecen la infiltración y reducir los procesos de erosión tanto hídrica como eólica (**Casas, 2002**). Sin embargo, para los suelos de la RSP, la intensificación agrícola, las rotaciones no planificadas y las altas cargas ganaderas, que reducen los residuos y cobertura vegetal, atentan contra los beneficios potenciales de esta practica.

El control de la erosión eólica en la RSP radica en incorporar prácticas de manejo que tiendan a disminuir la distancia recorrida por las partículas transportadas por el viento. Esto se logra aumentando la rugosidad superficial y la mayor cobertura vegetal, que permiten elevar la velocidad cero del viento sobre la superficie. Paralelamente, se debe potenciar la presencia de agregados mayores de 0,84 mm, cuya formación esta relacionada positivamente al contenido de materia orgánica (MO) y carbonatos del suelo (**Buschiazzo y col., 2000**).

La erosión eólica es un “*proceso donde se produce la pérdida de los componentes texturales más finos del suelo, que superado ciertos valores críticos, difícilmente pueda revertirse*”. Se modifican de esta manera las propiedades iniciales del suelo, como el contenido de MO (**Buschiazzo y Taylor, 1993**).

Buschiazzo y col. (2004) desarrollaron mapas donde cuantificaron la erosión eólica potencial y actual (EEP y EEA) de casi 27 millones de hectáreas, de gran parte de la región semiárida y subhúmeda argentina y correspondientes a las provincias de La Pampa, San Luis, Córdoba y Buenos Aires.

La EEP se define en función de la erosionabilidad potencial de un suelo (I^*) y el componente climático (“C”). El primero depende de información básica del suelo, que permite calcular el porcentaje de agregados mayores a 0,84 mm. El factor “C” esta se calcula con series históricas de datos de lluvias, temperatura y velocidad de viento. La EEA incorpora la acción del laboreo sobre las áreas cultivadas, y los coeficientes de rugosidad que la misma genera (**Buschiazzo y col., 2004**). Estos autores confeccionaron

mapas de la RSP que muestran la distribución geográfica de ambos tipos de erosión y que a su vez fue clasificada en los rangos, que se describen en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1: Grados de erosión potencial y actual (Buschiazzo y col. 2004)

Grado de Erosión	EEP (tn/ha/año)	EEA (tn/ha/año)
Ligera	0-20	0-8
Moderada	+20-50	+8-12
Severa	+50-100	+12-20
Grave	+100-150	+20-30
Muy grave	+150	+30

El sector de estos mapas, que se corresponde con la RSP, predomina la EEP severa con más de 11 millones de ha (42,4% de la superficie de la mencionada región) que, teniendo en cuenta la escala pequeña utilizada, abarca desde sitios con suelos arenosos, pocas lluvias y vientos moderados, en el oeste (La Pampa y San Luis), hasta suelos limosos, mayores precipitaciones y vientos moderados a fuertes, en el centro-este (La Pampa-Buenos Aires). Respecto a la estepa pampeana, la EEA severa (+12-20 tn/ha/año) se presenta en una franja desde al extremo sur de Córdoba, gran parte del centro-sur de La Pampa, para terminar en el sur bonaerense, con una superficie superior a los 3 millones de ha (12,7 % del total). La EEA grave y muy grave (+20-30 y +30 tn/ha/año, respectivamente), que se distribuye en todas las provincias mencionadas y representa el 30% de la superficie, involucra la franja este de La Pampa, donde pasa de un EEP severa a una EEA grave.

Para los resultados de erosión eólica de este trabajo se hará referencia a una **tasa anual umbral de 8 t/ha**. En función de la textura de los suelos de la RSP, este valor se considera como límite permisible, por sobre el cual el proceso erosivo se torna irreversible y negativo para la “salud” del suelo.

III.2. Pérdidas de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) por efecto de la erosión y balance de nutrientes

Ambos elementos están relacionados a las partículas finas del suelo (orgánicas e inorgánicas) las cuales son las más susceptibles a la erosión eólica. El P es provisto a las plantas, mayoritariamente, desde la fracción inorgánica del suelo mientras que el N esta asociado a partículas y agregados de mediano tamaño y en estrecha relación con la materia orgánica (MO) del suelo. Los estudios sobre degradación de suelos en la región Pampeana coinciden en la importancia de la MO en las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo. Actúa como reserva y genera el mecanismo de flujo de nutrientes en general. Para los tipos de suelos de la RSP, **Buschiazzo y col. (1991)** encontraron relaciones positivas entre el componente limo+arcilla y el contenido de MO del suelo. Cuando aumenta la proporción de materiales finos también lo hace la retención de agua, se genera mayor actividad de biológica, etc. La **Figura 5** representa una simplificación de esta relación, puesto que esta tendencia puede variar de acuerdo al manejo del suelo, la granulometría específica del mismo y los contenidos iniciales de MO.

En términos económicos, en un estudio realizado por **Flores y Saradon (2005)** a través de la Universidad de La Plata, estimaron que los costo de reposición de los nutrientes perdidos por soja, trigo y maíz durante 30 años (1979-1999), alcanzó a 1825 \$/ha para el cultivo de soja, 697 \$/ha para el trigo y 1461 \$/ha para el maíz. Estos valores representaron el 20,6%, 20,0% y 18,7% respectivamente, de los márgenes brutos promedios de la década del '80 y '90, a pesos constantes.

Las pérdidas de macronutrientes, producto de la erosión eólica pueden incorporarse como un “egreso” dentro del balance de nutrientes y, eventualmente, agravar la situación antes descripta. Cabe reiterar que estas pérdidas son graduales, muchas veces no percibidas, por ende subestimado y menos aún valorado económicamente. A nivel de ensayos experimentales se ha detectado que las pérdidas por erosión eólica, medidas en función del balance de nutrientes, pueden representar una disminución del 25% del margen bruto inicial de un cultivo. Además, en 10 años las pérdidas sucesivas de perfil de suelo podrían hacer perder un 20% del valor comercial de la tierra y hasta un 25% de su productividad (**Buschiazzo y col, 2000**). En un trabajo de **Zanotti y col (1997)** referido a la extracción histórica de N y P por parte de los principales cultivos de cosecha de La Pampa, concluyen que el 25% de la disminución de estos nutrientes en el suelo, tomando como base de comparación con suelos vírgenes, se debe a la erosión eólica.

Es importante enfatizar que los macronutrientes N y P y los minerales en general son reestablecidos al suelo en su forma natural, a través de la tasa de mineralización de la materia orgánica, propia de cada suelo, y los efectos climáticos sobre el material parental (**Valenciano y col. 2002**). En el corto plazo, el productor no enfrenta “restricciones” de tipo monetarias, temporales o de disponibilidad como para asignarles un valor de intercambio a estos SE, aunque se produce una evidente disminución en el stock de nutrientes, con las consecuencias que esto ocasiona en los niveles productivos futuros. La erosión eólica produce la pérdida de suelo fértil y junto a él la de nutrientes que en el largo plazo se transforma un valor social total eventualmente elevado y que no se refleja en un mercado (**Farber y col. 2002**).

Las evaluaciones del trabajo están orientadas hacia sistemas productivos con manejo y rotaciones de cultivos diferentes, en una serie de años prolongada y dentro de áreas agroecológicamente homogéneas. Entre los métodos de valuación económica de los SE, se propone utilizar los *Costos de Reemplazo-Replacement Cost-* (**Cristeche y Penna, 2007**), es decir la posibilidad de reemplazar y valorar los macronutrientes nitrógeno (N) y fósforo (P), perdidos por efecto de la erosión eólica, analizados como *flujo* dentro del ciclo productivo (campana) de los principales cultivos de cosecha y en un período de rotación determinado.

III.3. Sistema de costeo y matriz de Programación Lineal (PL)

El sistema de costeo elegido es el denominado Margen Bruto (MB), que consiste en obtener la diferencia entre el *ingreso neto (IN)* y los *costos directos (CD)* de producción. En estos costos se valoriza los insumos directos utilizados y la mano de obra *involucrada* en dicho proceso (**Durán y col. 2005**).

Antes de incorporar el factor ambiental en la ecuación, el MB queda expresado de la siguiente forma:

$$\boxed{MB\ inicial\ (\$/ha) = IN\ (\$/ha) - CD\ (\$/ha)}$$

Donde:

IN = Ingreso Bruto (IB) – gastos de comercialización

CD= Costos Directos

El IB se calcula multiplicando el rendimiento del cultivo (t/ha) por el precio FAS (\$/t).

Los CD incluyen:

$$\boxed{\text{costos de implantación} + \text{costos de protección} + \text{costo de cosecha}}$$

El costo de reemplazo de N y P, producto de la erosión, se identifica en este trabajo como INDICADOR AMBIENTAL (IA). Este costo se suma a los CD y su eventual incremento permite obtener el *MB neto de IA*:

$$\boxed{MB \text{ neto de IA } (\$/ha) = IN (\$/ha) - \{CD(\$/ha) + \text{costo reemplazo N y P } (\$/ha)\}}$$

Los resultados provistos por el modelo de erosión eólica y su impacto económico sobre los principales cultivos agrícolas, sirven como un primer diagnóstico para detectar si las prácticas tecnológicas, rotaciones y actividades productivas que se llevan adelante en la estepa pampeana, son factibles de mejorar y reorientarse desde el punto de vista del mejor manejo de los recursos naturales. El trabajo previo con datos reales de 6 sitios, en cada subzona agroecológica, permite acceder a información adicional que enriquece la caracterización de los sistemas productivos:

- Aptitud productiva y cultivos predominantes;
- Tipo y características de suelo;
- Organización de la mano de obra: familiar vs. contratada;
- Maquinaria: propia, contratada (proporción);
- Uso actual: agrícola (% cada cultivo); mixto o ganadero;
- Suplementación; etc.

El objetivo de desarrollar una matriz de PL es redefinir las actividades productivas actuales, conducidas mayoritariamente con prácticas de manejo tradicionales y paralelamente, generar propuestas mejoradas o alternativas no convencionales. Para ello se propone hacer uso de resultados de la experimentación acumulada regionalmente, que apunta a preservar el mejor uso de los recursos, con énfasis en el suelo y los SE que el mismo provee (**Quiroga y col. 2005; Alvarez y col. 2005; Fernandez y col. 2005**). [Una descripción conceptual de la programación de PL y de la estructura de la matriz, se desarrollan más adelante en el punto IV.4.](#)

En términos generales, todas las alternativas incluyen el análisis de:

- Tipo y longitud de barbechos.
- Disponibilidad de humedad a la siembra.
- Sistema de siembra.
- Disponibilidad de nutrientes a la siembra.
- Niveles de fertilización: testigos, dosis de diagnóstico o “económicas” y criterios de reposición de nutrientes (balances positivos).
- Efecto de cultivos antecesores: cobertura de residuos, aporte de MO, etc.
- Doble cultivo: efecto de la cobertura y fertilización sobre el cultivo posterior (efectos de interacción).

Todas las actividades deben responder a restricciones técnico-agronómicas y ambientales y generen una propuesta productiva que...“*preserven y/o mejoren la capacidad productiva del sistema desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental y la calidad de los recursos renovables y no renovables, donde se destaca el suelo como recurso finito no renovable*” (García, 2003).

La función objetivo de la matriz, se orienta a maximizar ingresos, en términos de margen bruto total de la empresa (MBT), combinando actividades que sean superadoras tecnológica y productivamente y que aseguren la sustentabilidad ambiental del sistema productivo. La propuesta intenta alcanzar una solución óptima y se transforma en un modelo de optimización de corto plazo.

Para aplicar el modelo EWEQ fue necesario **analizar** datos de campo provenientes de áreas con condiciones agro-ecológicas diferentes y series de tiempo lo más largas posibles. De esta forma, fue posible incluir procesos tecnológicos y manejos de cultivos contrastantes. Por otro lado, la matriz de programación lineal (PL) quedó conformado por más de 15 actividades, lo que implicó recopilar y analizar trabajos de investigación y experiencias regionales para dar sustento a los planteos técnicos de las mismas. Estas circunstancias determinaron que en este trabajo se tuviera que profundizar en aspectos técnico-agronómicos, para poder realizar los análisis económicos propuestos como objetivos.

Finalmente, este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto específico de INTA “**Evaluación de impacto de los servicios ambientales en los sistema de producción y las externalidades asociadas: los casos de las ecorregiones pampeana y chaqueña**” (INTA AEES 1732, 2006). El objetivo principal del proyecto es “contribuir a la sustentabilidad agropecuaria mediante la valoración económica de los servicios ecológicos”. La estrategia del proyecto es abordar la temática desde tres niveles de análisis: 1) los SE en la empresa agropecuaria; 2) externalidades a nivel de cuencas (efectos en las actividades económicas, comerciales, de contaminación, etc.) y 3) instrumentos institucionales (legales, impositivos, crediticios, de extensión, etc.). También dieron sustento al marco de referencia y al relevamiento de información, el proyecto específico de INTA “**Economía de los sistemas de producción: caracterización y prospectiva**” (INTA AEES 1731, 2006) y de la RIAN (Red de Información Agropecuaria Nacional) del INTA.

IV. Metodología

En función de los objetivos planteados, la primera parte de este trabajo consistió en la búsqueda y relevamiento de información detallada de campo, con registros de operaciones sucesivas de cultivos. Estos registros conformaron rotaciones de 1 o más años, que incluyen, preferentemente, cultivos con destino agrícola. Dentro de las Subzonas Agroecológicas previamente descritas, se eligieron establecimientos agropecuarios/*sitios*, que respondieran a condiciones agroclimáticas contrastantes, las que se describen más adelante.

La medición de la tasa de erosión promedio de una rotación se expresa como *toneladas de suelo por hectárea y por año (t/ha año)*, mientras que la de un cultivo individual (desde 1° labor a cosecha) se mide como *toneladas por hectárea por ciclo (t/ha ciclo)*. El N y P contenido en el volumen de suelo erosionado (“calidad” del suelo erosionado) será valuado en su equivalente nutriente de fertilizante e incorporado luego a los costos reales de producción. La metodología utilizada en esta primera parte está desarrollada en los puntos IV.1; IV.2 y IV.3, que se desarrollan a continuación.

IV.1. Cuantificación de la erosión eólica

La predicción en la tasa de erosión eólica está basada en la ecuación de erosión eólica denominada *WEQ*, en sus siglas en inglés (Wind Erosion Equation) desarrollado por **Woodruff y Siddoway (1965)**⁵. Es un modelo empírico diseñado para estimar la tasa de erosión eólica actual en tierras cultivadas, con diferentes condiciones climáticas y propiedades edáficas y establece que:

$$E = f(I, C, K, L, V)$$

Donde:

E = tasa de erosión eólica (tn/ha año⁻¹)

I = erodabilidad potencial del suelo.

C = factor climático.

K = factor rugosidad del suelo,

L = longitud del terreno y

V = cobertura vegetal.

Este modelo fue ajustado y calibrado para la RSP mediante experimentaciones durante campañas con condiciones agroclimáticas contrastantes, cultivos de invierno y verano y diferentes condiciones de manejo (**Buschiazzo, D. y col. 2006**). La versión en castellano se identifica con las siglas *EWEQ* y permite estimar pérdidas de suelo por erosión eólica, expresadas en toneladas por hectárea (t/ha). Utiliza como soporte una planilla electrónica en cuya hoja principal se cargan los datos generales del establecimiento, ubicación, las dimensiones de un potrero modal, su proporcionalidad largo/ancho. También la orientación del mismo y la dirección predominante de las labranzas. Requiere la carga de las siguientes variables:

⁵ La versión en planilla de cálculo electrónica, fue desarrollada por el Ing. Agr. Tom Keepe de la Northern Plains Regional Office Staff, USDA, USA. La hoja “ingresos de datos” fue luego desarrollada por Mike Sporcic, NM State Agronomist y el Ing. Agr. Leigh Nelson, del Central Basin Team, WA, USA. Gary Tibke, colaborador científico en KSU y el mencionado Mike Sporcic, actualizaron las hojas y agregaron operaciones y cultivos.

- Fecha de la operación realizada;
- Cultivo: destino agrícola o ganadero (base de datos provista por le modelo);
- Operación: labranzas, siembras, protección, crecimientos del cultivo (base de datos provista por le modelo);
- Residuos yacentes: Estimación expresada en %;
- Ajustes de rendimientos: el modelo estima un rendimiento, cuyo valor puede ajustarse (%), si se cuenta con datos reales.

La hoja principal requiere, principalmente, los factores “I” y “C”. La estimación del factor “I” esta relacionado al tamaño de agregados mayores a 0,84 mm y requiere conocer, en primer lugar, el % de arena y arcilla y el contenido total de materia orgánica (% M.O.). A partir de estos datos básicos, el modelo calcula la fracción erosionable (FE), la cual define el grupo de erodabilidad por viento (GEE), al que pertenece el suelo bajo estudio. Finalmente, este valor se corresponde a un factor “I” acorde a sus características texturales. El **Cuadro 2** presenta un resumen adaptado de este procedimiento, desarrollado en una de las hojas del modelo.

Cuadro 2: Grupos de erodabilidad por viento (GEE) e Índices de erodabilidad de los suelos (I) (Anexo N° 1 del Manual Nacional de Agronomía de E.E.U.U.,(NAM) 190-ECS Circular 2, 6/97)

%Arena	70
%Arcilla	8
%Materia orgánica	1,3
(F.E.) Fracción erosionable (%)*	81

F.E. (%)	Grupo de Erodabilidad Eólica (GEE)	I (t/ha año ⁻¹)	Clase textural predominante de la superficie
>=88	1	695	Arenosa.
<=87	1	560	
<=86	1	493	
<=84	1	404	
<=82	1	359	
<=79	2	300	Arenosa franca, materiales orgánicos sápricos y todos los horizontes que reúnan propiedades ándicas.
<=70			
<=64	3	193	Franco arenosa con 30-50% de arena muy fina y menos de 10% de arcilla.
<=64	4	193	Arcillosa, arcillo limosa, franco arcillosa o franco arcillo limosa, con más de 35% de arcilla.
<=64	4L	193	Calcáreos (reacción violenta al HCl): franca o franco limosa, franco arcillosa o franco arcillo limosa.
<=49	5	126	Franca o franco limosa, con más de 20% de arcilla (no más de 35%), franco arcillo arenosa, arcillo arenosa y materiales órgano férricos.
<=44	6	108	Franco o franco limoso con más de 20% de arcilla, arcillo franco con menos de 35% de arcilla, franco arcilloso limoso con menos de 35% de arcilla.
<=39	7	85	Limosa y con material orgánico fibrico.
<=29	8	47	Suelos no susceptibles a la erosión eólica debido a humedad o a rocas.
<=19		27	

El modelo cuenta con una serie agroclimática completa, que brinda un listado de localidades con sus respectivos índices del Factor Climático “C”. El factor esta tabulado

y mapeado como: “Factor bajo”; “Factor normal” y “Factor alto”. Pruebas experimentales del modelo aconsejan utilizar los valores “normales”, cuyos resultados promedio se consideran apropiados para rotaciones relativamente prolongadas. La investigación realizada por **Panebianco y Buschiazzo (2007)** permite calcular este índice en forma específica para un año o serie de años y para localizaciones específicas. Para este estudio fue posible contar con estadísticas climáticas (viento y precipitaciones) que permitió generar nuevos factores “C” específicos para el caso de los Sitios “Anguil” y Pico Sur”. El factor “C” promedio para la serie 1973-2005 fue de 9,64, el cual se juzgó adecuado para aplicar en las rotaciones de ambos sitios.

En función de estos datos, el modelo cuantifica cobertura del material vegetal (verde y seco) y residuos de cosecha. Se puede cargar un plazo máximo de 20 años, dando como resultado general la erosión potencial por año y la total. ***Debido a que el modelo devuelve la tasa de erosión en un período comprendido entre dos operaciones, fue posible recuperar la erosión total para el ciclo productivo de cada cultivo (campana), mediante la suma de los valores parciales entre la primer labor (mecánica o tratamiento químico) y la fecha de cosecha (t/ha ciclo).***

IV.2. Selección de sitios y sistemas productivos a cargar en el EWEQ

Con el objeto de contemplar la variabilidad de suelos y clima, dentro de las subzonas agroecológicas y en función de la disponibilidad de información, se relevó información en tres sitios de la Subzona “Castex” (II-B); dos sitios de la Subzona “Pico” (V-E) y un sexto sitio de la Subzona “Guatrache” (II-C). En la **Figura 6** se puede observar la distribución geográfica de los sitios y la denominación a utilizar en adelante.

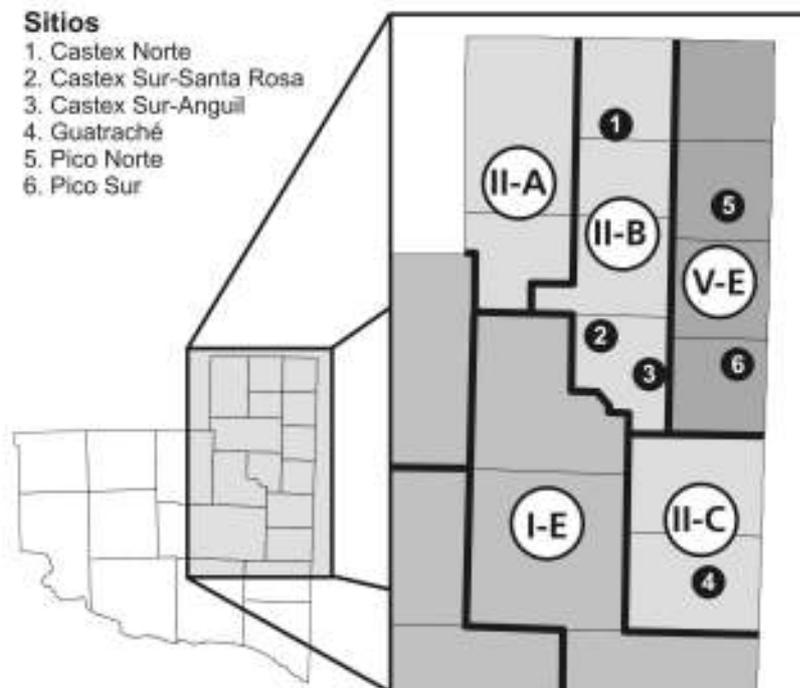


Figura 6: Sitios de aplicación del modelo EWEQ

1. Sitio Castex Norte: Sistema mixto, ganadería ciclo completo con invernada de propia producción. Sistema de siembra convencional con incorporación de siembra directa en soja de 2°.

Localidad/es de referencia: Embajador Martini; Ing, Luiggi.

Suelo: Textura franco-arenosa, profundidad entre 80 a 100 cm, con limitante de tosca en sectores.

Cultivos predominantes en la rotación: pasturas perennes (30%) con tres años de duración; predominancia de trigo (40%), soja 1°, soja 2°, maíz doble propósito, verdeos de invierno (40%).

2. Sitio Castex Sur-Santa Rosa: Sistema mixto, con ganadería ciclo completo con invernada de propia producción.

Suelo: Textura franca, profundidad variable del perfil con áreas entre 60-80 cm, con limitante de tosca. Suelos cultivados con transición hacia pastizales naturales (caldenal). Predomina el sistema de siembra convencional.

Cultivos predominantes en la rotación: pasturas perennes base alfalfa de corta duración con dificultades para su desarrollo. Maíz para cosecha, girasol, trigo, verdeos de invierno (avena y centeno) y maíz doble propósito.

3. Sitio Castex Sur-Anguil: Sistema mixto, con ganadería bovina de invernada de compra.

Suelo: Textura arenoso-franco, profundidad del perfil mayor a 1 m con presencia de tosca ocasional. Áreas de relieve ondulado con textura medanosa y mayor riesgo de erosión eólica en función del manejo. Experiencia de 5 años con siembra directa.

Cultivos predominantes en la rotación: Maíz para cosecha y doble propósito, girasol, trigo, soja y verdeos de invierno (avena y centeno).

4. Sitio Guatraché: Sistema Mixto. Ciclo completo con recría.

Localidad/es de referencia: Gral. Campos; Colonia Santa Teresa y Guatraché.

Suelo: textura franco. Serias limitantes de profundidad del perfil (30-60 cm). Evolución del sistema convencional a la siembra directa.

Cultivos predominantes en la rotación: alta proporción de verdeos, solos o en mezclas con vicia; predominancia de trigo en situaciones de monocultivo por varias campañas; verdeos de verano (maíz para forraje o doble propósito) escasa proporción de soja y/o girasol.

5. Sitio Pico Norte: Sistema mixto. Invernada predominante.

Suelo: textura arenosa y arenosa-franca. Sin límite de profundidad.

Localidad/es de referencia: Trebolares; Gral. Pico.

Cultivos predominantes en la rotación: pasturas perennes consociadas base alfalfa con 4 años de duración, verdeo de invierno, soja de 1°, doble cultivo de maíz para cosecha, doble cultivo de girasol, trigo y soja de 2°. Siembra directa incorporada los últimos años.

6. Sitio Pico Sur: Sistema Mixto. Invernada predominante.

Localidad/es de referencia: Catrilo.

Suelo: textura arenosa y arenosa-franca. Sin límite de profundidad. Avance de la Siembra directa en cultivos agrícolas.

Cultivos predominantes en la rotación: pasturas perennes coasociadas base alfalfa con 4 años de duración, verdeo de invierno, girasol como cultivo de verano predominante, maíz para cosecha y con doble propósito. Siembra directa incorporada en los últimas campañas.

Las empresas agropecuarias seleccionadas cuentan con registros detallados de fechas, cultivos y prácticas realizadas. Se intentó elegir series de tiempo lo suficientemente prolongada (3 a 10 años) que permitieran contar con cantidad y variedad de cultivos agrícolas. Al mismo tiempo se descartó cargar la totalidad de años con pasturas perennes, excepto en su función de cultivo antecesor o cuando fueran de corta duración. Las series prolongadas permitieron detectar cambios en el sistema de siembra, sustitución temporal de cultivos, efectos del pastoreo con distinta intensidad y frecuencia y prácticas como la fertilización, que al ser analizados en distintas rotaciones, mostraran comportamientos diferenciales respecto a la tasa de erosión.

De cada uno de los 6 sitios y dependiendo de los datos disponibles, se cargaron en el modelo EWEQ una o más rotaciones. De cada rotación se seleccionaron los cultivos agrícolas para los cálculos posteriores. El **Cuadro 3** resume el origen y la cantidad de información disponible.

Cuadro 3: Información disponible cargada en el modelo EWEQ

Sitio	Cantidad de Rotaciones	Cantidad de cultivos			
		Trigo	Girasol	Soja	Maíz
1. "Castex Norte"	11	7	7	5	7
2. "Castex Sur Santa Rosa"	1	1	2	---	1
3. "Castex Sur Anguil"	2	2	2	---	5
4. "Guatraché"	1	5	---	---	---
5. "Pico Norte"	1	---	2	1	2
6. "Pico Sur"	2	2	8	2	2
Total	18	17	21	8	17

Del Cuadro anterior surge que de las 18 rotaciones se analizaron un total de 63 lotes o registros de los cultivos agrícolas principales. También se cargaron, en forma completa, los verdeos de invierno y verano con sus eventuales aprovechamientos forrajeros. En el **Anexo 2.1 al 2.6**, se muestra una rotación por cada sitio y a modo de ejemplo, se han remarcado los períodos de ocupación de los cultivo, desde la primer labor hasta la cosecha. Entre otros datos, se informa la erosión total de la rotación como también la tasa anual (t/ha año).

IV.3. Cuantificación y valoración económica de N y P

En el **Cuadro 4** se presentan los valores promedio del contenido de N y P en material se suelo erosionado, expresados en % y mg/kg de suelo, respectivamente. Esta información es producto de numerosas experiencias llevadas a cabo por **Aimar (2002)**; **Aimar y col. (2002)**; **Buschiazzo y col. (2004 y 2006c)** en los tipos de suelos

predominantes de la RSP. Para el presente trabajo se utilizaron los promedios correspondientes al suelo Haplustol.

Cuadro 4: Composición de N y P en el material erosionado por el viento.

Haplustol		Ustipsamente	
P (mg/kg)	N (%)	P (mg/kg)	N (%)
465,00	0,15	518,00	0,09
601,00	0,10	646,00	0,12
768,00	0,15	652,00	0,09
367,00	0,13	378,00	0,09
355,00	0,13	355,00	0,08
465,00	0,21	404,00	0,07
416,00	0,19	418,00	0,11
	0,18		
	0,12		
	0,18		
	0,11		
	0,15		
	0,17		
	0,13		
	0,16		
	0,22		
Prom.	491,00	481,57	0,09

Obtenido a partir del EWEQ la cantidad de suelo erosionado para cada cultivo, se estimó la composición de cada macronutriente en dicho material. El siguiente es un ejemplo para el caso del P:

$$\boxed{mgP_{erosionado} / ha = mgP / kg \text{ suelo erosionado} \times Q}$$

$Q = \text{cantidad suelo erosionado (kg/ha)}$

Dado el escaso material recolectado en las experiencias experimentales y las dificultades para realizar los análisis de laboratorio, una alternativa es utilizar el índice de enriquecimiento. Este índice consiste en la relación entre la cantidad del nutriente en el material erosionado, y la concentración del mismo en la capa superficial del suelo:

$$\boxed{Enriq. = \frac{gP / kg \text{ de sedimento}}{gP / kg \text{ suelo superficial}}}$$

Para calcular la “calidad” del material erosionado, para un sitio de condiciones edáficas y climáticas similares, se multiplica el contenido actual de cada macronutriente por el índice de enriquecimiento específico.

Para valorar el N y P así determinados, se procedió a calcular su costo en equivalente fertilizante; según la composición de cada nutrientes en las fuentes más utilizadas del mercado y el precio unitario promedio de cada nutriente (**Cuadro 5**).

Cuadro 5: Costo promedio de N y P según tipo de fertilizante

Contenido de nutrientes c/100 kg

Fertilizante	% N	kg de N	% P	kg de P	\$/kg fert.	\$/kg N	\$/kg P
UREA	46%	46	-	-	1,68	3,65	
UAN	32%	32	-	-	1,47	4,61	
CAN	23%	23	-	-	1,19	5,17	
FDA	18%	18	46%	20	2,92		14,58
MAP		11		23	2,92		12,68
SFT	-	-	46%	20	2,47		12,36
Promedio						4,48	13,21

Con los registros provistos por el productor, de cada cultivo y dentro de cada rotación, fue posible estimar los CD privados de: *trigo, soja, girasol y maíz de cosecha*. Las labores de protección, en su mayoría no fueron cargadas en el modelo EWEQ porque no tiene efectos directos en el proceso erosivo, pero son vitales para los cálculos económicos previstos.

La serie de precios utilizada para insumos y productos fue la de **Febrero 2008 (Revista Márgenes Agropecuarios, 2008)**. En el caso de los productos, los precios corresponden a las cotizaciones del disponible.

El IB se obtuvo a partir de rendimientos reales o estimados por el modelo. Para calcular el IN, se descontó del IB los gastos de comercialización según el siguiente procedimiento: al IB se le descuentan los gastos comisión y fletes (corto y largo); al subtotal obtenido se le descuentan las alícuotas de Ley de sellos, derechos de registro y el impuesto a los ingresos brutos. El siguiente esquema, ilustra sobre los ítems considerados:

- Comisión= 3%
- Flete corto (40 km)
- Flete largo para trigo Bahía Blanca (350 km)
- Flete largo para soja/maíz y girasol, Rosario (700 km)
- 0,2% Ley de sellos
- 0,1 % Derecho de registro
- 0,5% Ingresos brutos

El **Cuadro 6** muestra un ejemplo del cálculo de IN para trigo y la participación de cada uno de los gastos de comercialización mencionados.

Cuadro 6: Cálculo del ingreso neto en un cultivo de trigo

Rendimiento (t/ha)		2,00
Precio de mercado (\$/t)		580,00
Ingreso Bruto (\$/ha)		1160,00
Comisión	3,00 %	34,80
Flete corto (\$/t)	22,84	44,00
Flete largo (\$/t)	57,65	176,00
Subtotal (\$/ha)		905,20
Ley de sellos	0,20 %	1,81
Derecho de registro	0,10 %	0,91
Imp. Ing. Brutos	5,00 %	45,26

Cosecha (%/IB)	5,85%	67,86
Ingreso Neto (\$/ha)		798,36

En el caso de girasol, al precio de mercado se le suma una bonificación del 8 o 9%, por mayor contenido de aceite.

Para calcular los costos de labranzas, protección y cosecha se utilizaron las especificaciones técnicas y consumos de la maquinaria informada por cada uno de los productores en cada sitio estudiado. De esta forma se tiene en cuenta costos reales, influenciados por el tipo de maquinaria y de las propiedades del suelo del sitio en particular, permitiendo un cálculo más exacto de los costos y la diferenciación ulterior del componente ambiental. También se evita utilizar series de precios publicados o tarifas contratista del mercado local, que uniformen costos, frente a condiciones de sitio distintas. En todos los casos se relevó la siguiente información:

- Potencia del tractor y datos generales;
- Tipo de maquinaria y ancho de labor;
- Velocidad de trabajo, según el tractor utilizado y
- Consumo de combustible.

El costo final de cada labor esta integrado por:

Tractor: gastos de combustible + cuota de amortización + lubricantes + CGCR (coeficiente de gastos de conservación y reparaciones) (**adaptado de Frank, 1977**).

Implemento: amortización + CGCR

Para el tipo de explotaciones que proveen esta información, la mano de obra que opera la maquinaria propia **corresponde a personal** permanente, que desarrolla tareas en todas las actividades productivas y por lo tanto, su salario es un costo fijo para toda la empresa e indirecto para cada actividad. Sin embargo, se le suele pagar un “plus” sobre dicho salario y es esta fracción la que está considerada como costo directo y sumada al costo del equipo. En los **Anexos 3.1 al 3.4** se presenta detallado el cálculo de los costos de equipos propios. Cuando la cosecha es contratada, la misma se estima como una proporción del IB. Para las labores contratadas, se intento averiguar el costo real pagado por el productor

El primer cálculo económico consiste en incorporar, a los CD privados de cada cultivo, el costo de reemplazo del N y P, al que denominó como **Indicador Ambiental (IA)**. Se calculó el efecto porcentual de este último, en los costos totales resultantes. Cuando al IN se le descuenta este nuevo CD total, se obtiene el *MB neto del IA*, sobre el cual se calcula su reducción respecto al *MB inicial*. Finalmente, y como información complementaria, se calculó la *contribución bruta inicial y neta de IA*. Se define como el cociente entre el MB y los CD y expresa la ganancia bruta por hectárea obtenida por cada peso invertido. Este índice permite medir el resultado económico alcanzado, independientemente de los valores absolutos de ingresos y costos, y además, comparar cultivos entre si.

En el **Anexo 4** se muestra un único ejemplo para el Sitio Castex Norte, aunque este procedimiento se repitió para los 63 lotes disponibles en este trabajo. El anexo incluye los registros recolectados a campo, la tasa de erosión del ciclo y los cálculos de incidencia económica.

IV.4. Estructura de la Matriz de Programación Lineal (PL)

El modelo de **Programación Lineal (PL)** propuesto consiste, básicamente, en una técnica de resolución de problemas y en la optimización de resultados. Combina actividades productivas con resultados previamente calculados y cuya combinación final (solución) tiene en cuenta una serie de restricciones (**Pena de Ladaga y col. 2006**). El **Cuadro 7** muestra el esquema de una matriz de PL con sus variables y la simbología utilizada:

Cuadro 7: Esquema de una matriz de PL (Adaptado de Pena de Ladaga y col. 2006)

<u>MBT (\$)</u>	Actividades				Uso		Cant.
	P ₁	P ₂	...	P _n			<u>Dispon.</u>
Función Objetivo	C ₁	C ₂	...	C _n			
Dimensión	X ₁	X ₂	...	X _n			
Restricciones:			...				
Restricción 1	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}		≤	b ₁
Restricción 2	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}		≤	b ₂
...							
Restricción m	a _{m1}	a _{m21}		a _{mn}		≤	b _n

Coefficientes:

P_n: en forma vertical están ordenadas las actividades que se integran en un sistema productivo: trigo; girasol, soja, invernada, rollos, suplementación, aquileres, etc.

C_n: coeficientes de la función objetivo de las actividades. Según la estructura de la matriz, aquellas que generan ingresos tienen signo positivo y en este caso están representadas por su Margen Bruto (MB) Ejemplo: trigo, soja, cesión en alquiler, intereses, etc. Con signo negativo, aquellas que generan erogaciones a través de sus costos directos (CD). Ejemplo: siembra de verdeos, confección de rollos, suplementación, arrendamiento, etc.

X_n: dimensión que tomarán las actividades en la solución final, una vez resuelta la matriz. Valores que cambian cada vez que se resuelve la misma. Ejemplo: hectáreas de un cultivo, cabezas de ganado o cantidades de rollos.

a_{1n}: usos o aportes de cada recurso por parte de las actividad. En términos matemáticos representa la matriz de insumo-producto (horas tractor/ha; raciones/ha; rollos/cab.; capital operativo/ha, etc.)

Las restricciones en general se pueden considerar recursos necesarios para llevar adelante las actividades y que no fueron incluidas en los costos del coeficiente “C_n”. Los requerimientos definen coeficientes **positivos**, mientras que las actividades que generan aportes (oferta forrajera) les corresponde coeficientes **negativos**. Restricciones lineales significan que, entre si y en su relación con cada actividad, cumplen con las propiedades de *aditividad y proporcionalidad*.

b_n : disponibilidad de cada recurso, que a su vez lo transforma en una restricción. La columna “uso” indicará cuanto de la disponibilidad del recurso se utilizará en la solución, sujeta a las condiciones: =; <= (mínimo) o >= (máximo).

La medida “funcional” de eficiencia del problema se denomina **función objetivo** (Z), que en este caso se expresa como maximización de beneficios y que esta integrado por el producto de la contribución marginal de cada actividad (MB) por la cantidad que cada una de ellas adopta en la solución final:

$$Z = c_1 \cdot X_1 + c_2 \cdot X_2 + \dots + c_n \cdot X_n$$

Donde:

Z = función objetivo (maximizar beneficios)

c_n = ganancia o contribución marginal de cada actividad.

X_n = dimensión que adquiere la actividad.

Consideraciones sobre la formulación y resultados de la matriz de PL:

- Obtenida la resolución de la matriz de PL, entre los informes que brinda la solución se encuentran los costos de oportunidad o “precio sombra” (PS) y los costos de sustitución (CS). Los primeros están medidos sobre las restricciones e indican “...cuanto podría aumentar el MBT si se contara con una unidad más del recurso en cuestión...”. En términos económicos, representan la productividad marginal de aquellos recursos que se han utilizado en su totalidad en la solución. Económicamente, indica el costo interno del recurso y es una medida de comparación con los precios de mercado del mismo. Los CS son aplicables a las actividades y tienen particular interés para aquellas que no forman parte de la solución, debido a que no cumplen con la condición económica de: costo marginal= ingreso marginal. Este valor indica cual sería la disminución en el MBT, por la incorporación forzada de la actividad que no cumple con la mencionada condición. Expresado en términos relativos del coeficiente C_n , indica cuan sensible resultan las variaciones de precios, sobre el ingreso o costo de la actividad, para que la misma pudiera ingresar a la solución.
- La resolución de la matriz de PL se realiza mediante SOLVER, que es una herramienta de Excel Microsoft, desarrollado por Frontline Systems Inc. (www.solver.com) . Los resultados incluyen el informe de “sensibilidad”, que además de los CS y PS, se informa los rangos de aumento o disminución máxima de estos valores, dentro de la cual la solución no cambia.
- Restricciones técnico-empresariales: para modelar el uso de la tierra se definen “*periodos*”, en lo cuales hay iguales requerimientos de tierra por parte de los cultivos, tanto con destino agrícola como ganadero. Esta metodología hace al modelo más flexible y permite que las actividades no compitan por el uso del recurso. En igual sentido en *cultivos de segunda*, como el caso de trigo-soja de 2°, y debe cumplirse la siguiente restricción:

$$\text{Sup. soja de } 2^\circ \leq \text{sup. de trigo}$$

Igual concepto es aplicable al aprovechamiento de *rastrojos* cuyas superficies no puede superar el cultivo antecesor; *superficies mínimas* con pasturas perennes, verdes o cultivos agrícola considerados estratégicos; obtención de reservas forrajeras y/o suplementación con granos; etc. En esta matriz, trigo y soja de 2° se presentan como

actividades desagregadas, fundamentado en que “...se somete a la evaluación económica las alternativas, para hallar la más conveniente” (Frank, 1981).

- Restricciones ambientales: el eje central de la matriz es incluir indicadores agronómico-ambientales, en relación al uso de los SE que hacen las diversas actividades productivas propuestas:

Erosión eólica: En este caso se utiliza la información real disponible de los cultivos cargados en el modelo EWEQ, en la primer parte de este trabajo. La tasa de erosión de cada cultivo se expresa en t/ha y el coeficiente *bn* de la matriz representa un valor unitario elegido, multiplicado por la superficie total del establecimiento.

Balance de N y P: se realiza un balance simplificado de N y P, que en el caso de los cultivos de cosecha significa, por un lado, la extracción vía la producción de granos y la pérdida producida por la erosión eólica (este insumo también proviene de los resultados de la primera parte del trabajo). Por el lado de la reposición, se han considerado únicamente los aportes de la fertilización. La actividad ganadera contempla la extracción vía la producción de carne y la erosión eólica de forrajeras anuales y pasturas perennes.

Balance de carbono orgánico (CO): los aportes estuvieron conformados por los residuos vegetales de rastrojos de cosecha y aquellos de los recursos forrajeros, mientras que la extracción contempló los procesos de mineralización del suelo.

En aquellas alternativas donde no hubo registros reales disponibles en el EWEQ, fue necesario simular su desarrollo en el modelo. En los puntos subsiguientes, se describirá los fundamentos y criterios técnicos de los balances antes mencionados.

IV.5. Elección del ambiente y actividades productivas de la matriz de PL

Mientras que las evaluaciones de erosión eólica se realizaron en 6 sitios de la estepa pampeana, la construcción de la matriz de PL, en la segunda parte de este trabajo, se orientó hacia un único tipo de ambiente dentro de la Subzona “Castex”, fundamentado en la mayor cantidad de información disponible. La descripción general de la subzona se realizó anteriormente en el punto II.1. Dentro de la heterogeneidad intrazonal, fue necesario definir condiciones agroclimáticas y tipo de suelo específico, de tal forma que las actividades propuestas tuvieran iguales condiciones para su desarrollo y solo las prácticas tecnológicas y de manejo, modifiquen el resultado productivo final. En forma análoga a las evaluaciones de erosión eólica, la construcción de esta matriz se orientó a los principales cultivos agrícolas, factibles de cultivar en esta región: trigo, girasol, maíz y soja. Los planteos tecnológicos y rendimiento de las actividades productivas, determinan la presión de uso sobre los SE disponibles, el nivel de insumos a utilizar y los balances de nutrientes de cada actividad.

El trabajo realizado por **Caviglia y col. (2008)** confirma el predominio de los sistemas mixtos en la estepa pampeana y en particular en la Subzona “Castex” (52%). Por tal motivo se incluyó dentro de la matriz, una actividad de invernada de novillos en forma agregada y utilizando un planteo forrajero sencillo, en base a pasturas perennes y forrajeras anuales. Esta forma simplificada hace que la actividad invernada sea una columna más en la matriz, con su coeficiente de MB correspondiente.

De los datos de este último trabajo y dentro de los sistemas mixtos, se obtuvo una superficie promedio de **506 ha**, que fue la utilizada como disponibilidad máxima de tierra dentro de la matriz. Fueron eliminadas del cálculo las explotaciones menores a 50

ha y en el otro extremo, aquellas que por magnitud y tipo de organización se juzgaron poco representativas de las empresas de la Subzona. Se estimó suelos homogéneos para todo el establecimiento y similar altitud agrícola. Sus características agroambientales son representativas del *centro-norte de la Subzona "Castex"* (Departamentos Trenel-Realicó), con un tipo de suelo que potencialmente permita llevar adelante las principales actividades agrícolas. Se corresponde a un suelo de la "planicie con tosca", del tipo *Haplustol Entico*, cuya limitante principal es el manto de tosca. Profundidad del perfil de **100-120 cm**, de textura "fina", donde es posible desarrollar sistemas que integran cultivos de cosecha fina y gruesa, en rotación con una actividad ganadera de alta producción.

Si bien no es la región de máximo potencial productivo de la estepa pampeana, existe abundante información, producto de numerosos experimentos y red de ensayos, que dan sustento y dimensión a las actividades productivas que se proponen. El **Cuadro 8** muestra los valores promedio de las principales características físicas y química, producto de la información disponible de varios años de análisis de suelos (**Bono A., comun. personal, laboratorio de suelos, EEA INTA Anguil; Base de Datos de los Proyectos AgroRADAR y RIAP/RIAN 2000-2007**)

Cuadro 8: Características físicas y químicas del suelo

	DAP 0-20 cm	CC 0-20 cm (%)	PMP 0-20cm (%)	Ret. Agua hasta 1,2 m (mm)	AU (mm)
Prom.	1,13	15,16	8,18	188,91	88,78
DE	0,07	3,54	1,73	33,73	21,8

Rango de valores						
N-NO ₃ 0-60 cm (kg/ha)	N total 0-20 cm (%)	M.O. 0-20 cm (%)	P asim. 0-20 (ppm)	Textura (%)		
				Arena	Limo	Arcilla
35-70	0,09-0,15	1,3-1,7	10-18	55-75	20-30	7-10

En general, los valores disponibles de nitrógeno de nitratos (N-NO₃) corresponden a la profundidad 0-20 cm. Es posible estimar el valor a 0-60 cm utilizando la función lineal propuesta por **Bono y Alvarez (2007 d)**, que multiplica el valor original por 2,35 ($y = 2,35 x$).

Los valores del **Cuadro 9** son coincidentes con los rangos encontrados por **Bono y Alvarez (2006)** para las regiones *Semiárida y Subhúmeda Pampeana* (RSSP), en un estudio que incluyó a más de 80 ensayos de trigo, desde 1996 a 2004.

Cuadro 9: Características de suelo y precipitaciones promedio en ensayos de trigo para la RSSP.

	pH (0-20cm)	NO total	M.O. total	N-NO ₃ 0-60 cm (kg/ha)	P asim. 0-20 cm (ppm)	Humedad suelo 0-60 cm(%)		Precipitación siembra-cosecha
		0-20 cm (%)				Siembra (mm)	Macollaje (mm)	
MEDIA	6,2	0,10	1,75	55,3	17,60	237	80	398
D.E.	0,43	0,03	0,52	26,9	11,4	88	80,7	147
Rango	5,2-7,1	0,03-0,16	0,60-3,20	15,7-221	2,4-51,6	66-453	56,5-419	47,5-713

Donde:

DAP: densidad aparente (g/cm³; t/m³)

CC: capacidad de campo (%; mm)

PMP: punto de marchites permanente (%; mm)

AU: agua útil.

N-NO₃: nitrógeno de nitratos.(ppm; kg/ha)

N total: nitrógeno total (%; kg/ha)

M.O.= materia orgánica (%; kg/ha)

P asim.: fósforo asimilable (ppm)

pH: potencial hidrógeno.

Los valores CC y PMP son constantes físicas de un determinado suelo. La CC significa la cantidad máxima de agua que puede retener el suelo, luego de eliminada el agua excedente en forma gravitacional o por escurrimiento. El PMP indica el nivel mínimo de agua en el suelo al que pueden acceder los cultivos. Por debajo de este valor, el suelo retiene agua que no esta disponible por las plantas. La diferencia entre ambas constantes indica el AU o Capacidad de Retención de agua (CRA) del suelo:

$$AU = CC - PMP$$

El AU total del suelo estará condicionado por la profundidad del perfil, el cual puede tener un límite definitivo en el manto de tosca. En el suelo bajo estudio, se adopta un rango de **1,0 a 1,2 metros profundidad**.

Cuando se hace referencia al contenido de **humedad al barbecho; a la siembra o al macollaje**, y el suelo no se encuentra en su CC, indica que la humedad disponible es menor al AU. Es posible que en la descripción de las actividades, se haga mención a la **humedad total del perfil**. En este caso, el AU queda definida como:

$$AU = Humedad\ total - PMP$$

Estos datos dan sustento al nivel tecnológico factible de utilizar en las distintas alternativas productivas y la producción estimada de las mismas. De esta forma, todo el planteo tecnológico definido sirve de base para el cálculo económico de las actividades y el posterior balance de nutrientes.

En la estepa pampeana en general, los rendimientos finales están fuertemente condicionados por el contenido de humedad a la siembra. El AU en este momento, afecta la disponibilidad de nitratos y se modifica según el manejo previo del suelo, la duración del barbecho y sobre todo de la capacidad de retención de agua (CRA) de cada suelo (**Fernández y otros, 2005 b**). En este trabajo se utiliza una lámina de AU total o CRA entre 100 a 120 mm.

Las anteriores consideraciones dan sustento a los planteos tecnológicos y rendimientos de todas las actividades que forman parte de la matriz de PL. Como herramienta de apoyo, se utilizaron modelos desarrollados y/o ajustados regionalmente. Desde el punto de vista de los rendimientos, los mismos pueden ser: **Modelos Predictivos**, los cuales utilizan variables definidas a la siembra, en pre-emergencia o estados vegetativos tempranos. Por el contrario, los **Modelos Explicativos** hacen uso de variables que actúan durante el ciclo del cultivo, como ocurre con las lluvias. Los planteos con rendimientos objetivos y balances de masas de determinado nutriente, condicionan las necesidades y estrategias de fertilización.

Los resultados obtenidos con los modelos se usaron como orientativos, ya que también se contrastaron con datos reales de producción. Las variables edáficas y agroclimáticas utilizan valores promedio, por lo que las diferencias entre los rendimientos son producto del manejo y las prácticas tecnológicas elegidas.

Trigo: una de las herramientas utilizadas para definir las alternativas de este cultivo es el siguiente *modelo predictivo*, propuesto por **Bono y Alvarez (2006)**:

$$Rend. (kg/ha) = -2400 + 10,4 HS - 0,0114 HS^2 + 36000 NO - 139000 NO^2 + 9,03 NSF - 0,0204 NSF^2 + 534 P + 290 T - 686 SL$$

Donde:

HS: humedad de suelo a la siembra (mm)

NO: nitrógeno orgánico total (%)

NSF: nitrógeno mineral + N de fertilización a la siembra (kg/ha)

P: profundidad del perfil: > 60 cm = 1; < 60 cm = 0

T: Textura de suelo: > 70% arena = 1; < 70% arena = 0

SL: sistema de siembra: Siembra directa=SD = 0; siembra convencional=SC = 1.

En este mismo trabajo los autores generaron funciones de producción de rendimiento de trigo de acuerdo a la disponibilidad de nitrógeno en el suelo a la siembra (N-NO₃), más el agregado por fertilizantes (NSF). Este tipo de función, que relaciona rendimiento absoluto con la disponibilidad total de nitrógeno permite inferir, a través de su pendiente, la eficiencia agronómica (EAGR) de la fertilización (kg grano/kg nutriente). La **Figura 7** muestra la variación de la EAGR, para distintos niveles de disponibilidad de NSF. Se puede observar que la EAGR en la región, no superó el valor de 8,5.

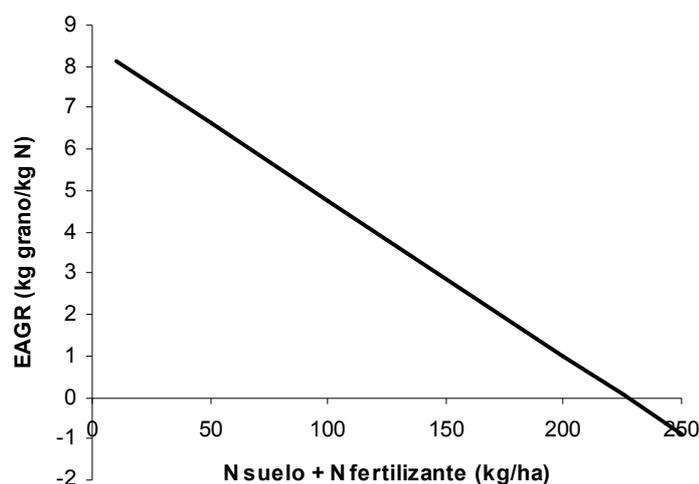


Figura 7: Eficiencia agronómica de trigo en función de disponibilidad de nitrógeno. Adaptado de Bono y Alvarez (2006).

Este tipo de función permite trabajar con los resultados económicos, teniendo en cuenta la relación de cambio (RC) entre fertilizante y grano, la cual debe ser menor a la EAGR, para que la fertilización sea rentable:

$$RC = \$/kg \text{ fertilizante} / \$/kg \text{ grano } (*)$$

(*) Valor neto de gastos de comercialización y costo de cosecha.

Para la fertilización nitrogenada y fijación de rendimiento objetivo (RO) se utilizó el *modelo de balance de masas* (Alvarez, 1999), desarrollado y adaptado para la Región Semiárida Pampeana por Bono y Alvarez (2007 a).

$$N \text{ cultivo} + N \text{ residual} = N \text{ siembra} + N \text{ fertilizante} + N \text{ descomposición} + N \text{ mineralización} \\ \text{“aparente”}$$

Como regla general, se indica como límite inferior de fertilización la aplicación de 40 kgN/ha y límite superior los 120-140 kgN/ha, como dosis de máxima respuesta, detectado en múltiples experimentos de la Pampa Ondulada (Alvarez, 2005 a).

Bono y Romano (2007) analizan los márgenes brutos acumulados en una rotación de cultivos en este tipo de suelo. Los mayores valores se detectaron para una fertilización de:

- 11kg P + 100 kg de N a macollaje;
- 11 kg de P + 50 kg de N a la siembra y
- 11 kg de P solo a la siembra.

Los autores aconsejan fertilizar con P para reponer la extracción de este nutriente y no superar 60 kg/ha de N. No se encontraron efectos en momento y dosis de N y P aplicados solos.

Se generaron 4 alternativas productivas de trigo y en todos los casos la siembra se realizó durante el mes Junio, adecuada para cultivares de ciclo intermedio- largo, con alto potencial de rendimiento para la región. El Cuadro 10 resume los criterios generales que definieron los planteos técnicos de las alternativas:

Cuadro 10: Parámetros tecnológicos para las alternativas de trigo.

Alternativa	Long. Barb. (días)	Humedad Siembra (mm)	Sistema de siembra	N-NO3 0-60 cm (kg/ha)	Fétil. (*)	Nivel Productivo
Trigo 1	Largo	270	SD	> 40	RO	Alto
Trigo 2	Largo	250	SC	70	MR	Alto
Trigo 3	Largo	250	SC	60	DEO	Medio
Trigo 4	Corto	120	SC	50	---	Bajo

(*) RO =Rendimiento Objetivo; MR=máximo rendimiento; DEO=dosis económica óptima.

Girasol: Los resultados productivos y la respuesta a la fertilización están relacionados a la humedad a la siembra, como también a las lluvias de los meses de verano. Previo a la siembra, gran parte de las lluvias caen durante el barbecho (invierno-primavera) pero más de la mitad de esta agua se evapora y no puede ser utilizada por el cultivo (Quiroga y col. 1997 a y b). La conservación del agua en el suelo depende de:

- Capacidad de retención de agua (CRA)
- Manejo (sistema labranza)
- Tipo de suelo

La presencia del manto de tosca es una limitante irreversible y fundamental para el almacenamiento y disponibilidad de agua y su efecto en el desarrollo de este tipo de cultivo. Aun con una profundidad del perfil de alrededor de 1 metro y texturas de drenaje moderado, la disponibilidad de agua esta limitada al efecto “maseta”, que determina el manto de tosca. En estas condiciones, si el cultivo agota la eventual reserva de humedad a la siembra, queda condicionado a la ocurrencia de precipitaciones durante el ciclo y a su correcta distribución. En contraposición, en sitios con suelos profundos, de textura mas gruesa y mejor drenados del este pampeano, una vez consumida el agua a una profundidad similar a la mencionada, las raíces de un cultivo como el girasol, pueden explorar a mayor profundidad (p.e. 2,00 m) y eventualmente, aprovechar el aporte de agua permanente que representa la napa freática. Frente a una situación de sequía equivalente en ambas zonas, los resultados pueden ser diametralmente opuestos.

La región propuesta para este estudio, se encuentra ubicada entre las isohietas de 700 a 800 mm, y le corresponde una precipitación media para los meses de invierno y primavera (Junio-Octubre), de 185 mm, mientras que para la estación de crecimiento Noviembre-Enero el cultivo podría contar con 290-300 mm de lluvias (**Casagrande y Vergara, 2004; Casagrande y col. 2006**). El tipo de antecesor juega un rol fundamental a la hora de almacenar agua. **Quiroga y col. (1997a)** encontraron que en suelos arenosos, profundos y con mayor CRA, el antecesor maíz puede almacenar hasta 65 mm más que un verdeo de invierno tradicional. La SD también puede almacenar hasta 80 mm más, comparado con labranzas con discos y hasta 1,4 m de profundidad. Cabe recordar que con una CRA baja, se relativiza el efecto del barbecho y las coberturas existentes y por ende se independiza del manejo realizado al suelo.

A diferencia de trigo, en girasol se hizo énfasis en el concepto de AU y cada alternativa hace referencia a la fracción de este valor máximo, disponible a la siembra. Según la caracterización del suelo, presentada anteriormente, la retención total promedio de agua es de 188 mm (CC a 1,2 m) y 88 mm de AU total.

Si bien fue desarrollado para suelos de textura más gruesa y mayor profundidad del perfil, resultó muy útil como referencia para estimar rendimiento, el siguiente modelo predictivo desarrollado por **Funaro y col. (2005)**, el cual se ajusto a la humedad disponible:

$$\boxed{\text{Rend.} = 1227 + 8,3 \text{ CRA}}$$

Para la región pampeana, los efectos de la fertilización nitrogenada y fosforada en este cultivo, son erráticos. La recopilación de información realizada por **Bono y Alvarez (2007 b)** en más de 130 ensayos durante los últimos 10 años, no permitió ajustar un modelo predictivo a la fertilización. Aun si, se detecto una respuesta promedio de 300 kg/ha para N y alrededor de 100 kg/ha para P. No hubo interacción entre estos dos minerales ni tampoco efectos por momento de aplicación y fuente de fertilizantes. No se detectó respuesta a la fertilización con azufre (S). La EAGR disminuyó desde 6,5 a 4,5 kg grano/kg N cuando se incrementaban las dosis de 40 a 80 kg N/ha. Otros autores han encontrado respuestas positivas a la fertilización nitrogenada con dosis de 40 a 80 kg/ha, e incrementos de rendimiento del orden de 400 kg/ha (**Diaz Zorita, 1996; Bono y col. 1999; Bono y col. 2003; Bono, 2005**). Para **Gutiérrez Boem (2005 a)**, la respuesta a la fertilización con N se expresa con mayor magnitud en SD, debido a la menor mineralización de este elemento. Este autor menciona que en ciclos

agrícolas cortos, hay reacción a la fertilización con contenidos menores a los 50 kg N/ha a la siembra, mientras que en ciclos más largos esa respuesta se produjo aún con valores superiores a 50 kg de N /ha.

En función de estos antecedentes, en el **Cuadro 11** se muestran los parámetros básicos usados en las 4 alternativas productivas propuestas para girasol:

Cuadro 11: Parámetros tecnológicos para las alternativas de girasol.

Alternativa	Long. Barb. (días)	Humedad Siembra (mm)	Sistema de siembra	N-NO3 0-60 cm (kg/ha)	Fertilización	Nivel Productivo
Girasol 1	Corto	45	SC	50	---	Bajo
Girasol 2	Corto	70	SC		---	Medio
Girasol 3	Largo	90	SD		Base	Medio-alto
Girasol 4	Largo	90	SD		DEO(*)	Alto

(*) Dosis Económica Óptima.

Soja: El cultivo de soja es relativamente nuevo en la provincia de La Pampa (1998-1999). En general no hay respuesta a la fertilización nitrogenada debido a que el cultivo sustituye el N proveniente de la FBN por el aportado por el fertilizante sin aumento de la asimilación neta (**Gutiérrez Boem, 2005 b**). En las alternativas planteadas se considera que se realiza una inoculación efectiva de la semilla, además de contar con una población naturalizada de rizobios en el suelo.

Respecto a la fertilización fosfatada, se estima que con disponibilidades medias entre 8 a 11 ppm se manifiesta el 95% del potencial de rinde del cultivo y por encima de este umbral la posibilidad de respuesta a la fertilización es baja (**Echeverría y García, 1998**). Para cultivos con alta tecnología se propone realizar una fertilización de “mantenimiento” es decir reponer el P que exporta el cultivo. Con un índice de cosecha para P de 85%, se exportan algo más de 6 kg/t de grano. Los planteos técnicos de las alternativas de soja se resumen en el **Cuadro 12**.

Cuadro 12: Parámetros tecnológicos para las alternativas de soja

Alternativa	Long. Barb. (días)	Humedad Siembra (mm)	Sistema de siembra	N-NO3 0-60 cm (kg/ha)	Fertilización	Nivel Productivo
Soja 1	Largo	220	SD	60	FDA(siembra)	Alto
Soja 2	Corto	150	SD	60	FDA(siembra)	Medio
Soja 3	Corto	50-60	SC	80	FDA(siembra)	Medio-bajo
Soja 4 (de 2°)	Corto	40	SD	50	FDA(siembra)	Bajo

La alternativa soja de 2° sobre trigo, planteada aquí en forma independiente, en la matriz ocupa el lugar de una unidad rotacional, con buenas posibilidades técnico-económicas en relación a la ocupación de tiempo y espacio. Para este doble cultivo, resulta crítica la fecha de siembra de la soja y el agua almacenada antes de emergencia. Se acorta el período de llenado de granos, con menores temperaturas medias y menor fotoperíodo. Se perjudican factores de producción como la cantidad de granos por unidad de superficie y el peso de los mismos. El menor desarrollo vegetativo impide una completa cobertura del cultivo por lo que se aconseja reducir distanciamiento de

hileras y aumentar densidad de siembra a los efectos de hacer más eficiente la intercepción de radiación (**Andrade y Calviño, 2004**).

Maíz: Consideraciones sobre el N: La disponibilidad de información local sobre maíz con destino a cosecha, es menor respecto a otros cultivos como trigo y girasol. Ya fue mencionado anteriormente en este trabajo que en la estepa pampeana en general y en esta zona en particular, el maíz se cultiva mayoritariamente como doble propósito o con destino forrajero de uso directo, diferido o para reserva como ensilado.

Dado que esta gramínea responde satisfactoriamente a la fertilización nitrogenada, como punto de partida para definir una primera alternativa de óptima producción, se propone un modelo de balance de masas de N, similar y adaptado al utilizado para trigo (**Alvarez, 1999**). El modelo requiere el ajuste de los coeficientes de extracción, requerimientos, mineralización y pérdidas. Es fundamental la predicción del rendimiento a obtener, para luego despejar las necesidades de fertilización. Como los rendimientos de maíz están fuertemente influenciados por las variables meteorológicas, no se logra un buen ajuste entre valores observados y estimados. Aunque los valores promedio pueden ser similares, poseen un bajo ajuste (R^2). El modelo simplificado propuesto es el siguiente (**Alvarez, 2005 b**):

$$N_{fertilizante} = N_{cultivo} / EREC_N - (N_{inicial} + N_{mineralizado} + N_{residuos}) \quad (2)$$

Donde:

$N_{cultivo}$ = extracción de 22 kg N /t grano (**Alvarez, 2005b**).

$EREC_N$ = eficiencia de recuperación de N. Considera pérdidas y el N residual no absorbido por el cultivo. Valores entre 0,6-0,8 (**Alvarez, 2005b**).

$N_{inicial}$ = N -NO₃ disponible en 0-60 cm .

$N_{mineralizado}$ = N orgánico (0.25) * 2,56 * N orgánico * 1,50 + N orgánico 50-100 * 1,18 (**Bono y Alvarez, 2007 a**).

$N_{residuos}$ = se estima en 5 kg de N /ha (**Bono y Alvarez, 2007 a**)

La EAGR que presenta el maíz en general (10-12 kg grano/kg N) resulta superior la relación de precios (RC) habitual en el cultivo, por lo que siempre daría como resultado que es económicamente aconsejable fertilizar (**Alvarez, 2005 b**).

Otro modelo utilizado es el que tiene en cuenta la interacción que existe entre el N disponible en el suelo y las precipitaciones, en relación con el rendimiento esperado de este cultivo. El siguiente modelo tiene en cuenta ambas variables (**Alvarez, 2005 b**):

$$Rend. = -15500 + 63 PPT - 0,040 PPT^2 + 0,021 PPT NSF$$

Donde:

Rend. = rendimiento en materia seca estimado (kg/ha)

PPT = precipitación de octubre a febrero (mm).

NSF = nitrógeno suelo + fertilizante (kg/ha).

Aunque este modelo fue desarrollado para otra zona de la Región Pampeana, se probó con las estadísticas de precipitaciones zonales; la disponibilidad media de N a la

siembra, más la fertilización a la siembra. Luego se contrastaron sus resultados con datos observados a campo y posibilidades de rendimientos objetivos máximos.

Un tercer modelo utilizado son las *curvas de respuesta a la disponibilidad de N* para rendimientos medios. Aunque no responde a condiciones climáticas sitio-específico, desde el punto de vista del objetivo de N a evaluar, es aconsejable utilizar la siguiente serie de precios y rendimientos medios:

	Relación de precios (kg fert./ kg grano)				
	8	9	10	11	12
Rend. Medio	180	150	140	120	110

La siguiente ecuación muestra los coeficientes de ajuste para una curva de respuesta media:

$$Rend. = a \times N^b$$

Donde:

a = 3200 kg/ha.

B = 0,186

Para modelos que ingresan el dato de N disponible a la siembra en 0-60 cm, se indican objetivos de N cercanos a los 140 kgN/ha, ajustados según la relación de precios mencionada. (Alvarez, 2005 b).

Consideraciones sobre el P: El trigo y el maíz tienen mayores requerimientos por hectárea que soja y girasol. Para estos últimos se detectó respuestas de 300-400 kg/ha con niveles de P iniciales menores a 10-12 ppm. También poseen mayores requerimientos umbrales medios de P (13-16 ppm) a partir de los cuales es menor la probabilidad de respuesta en rendimientos (Echeverría y García, 1998). El tipo de suelos considerados en este estudio presenta una importante variabilidad, pudiéndose encontrar valores inferiores a las 6 ppm y mayores a las 30 ppm. En general, los valores posibles de encontrar se encuentran en un rango entre 10 a 18 ppm, que lo ubicaría en categorías definidas como BAJA a MEDIA. La recomendación de fertilización final depende, entre otros factores, del conocimiento sobre profundidad del perfil, capas endurecidas y disponibilidad hídrica a la siembra.

En tal sentido, el diagnóstico de fertilización indicaría dosis de mantenimiento o nivel de suficiencia que se basa en recuperar el P extraído por los granos. Suelos con disponibilidad media de P se recomienda dosis de reposición del P extraído (3 kgP/kg de grano) Si los valores son menores se aconseja dosis mayores.

Ensayos de varias regiones estiman que con disponibilidades menores a 15 ppm es esperable respuestas de hasta 300 kg/ha.

El Cuadro 13 muestra las consideraciones técnicas generales que se consideraron para generar las tres alternativas de maíz con destino a cosecha:

Cuadro 13: Parámetros tecnológicos para las alternativas de maíz

Alternativa	Long. Barb. (días)	Humedad Siembra (mm)	Sistema de siembra	N-NO3 0-60 cm (kg/ha)	Fertilización	Nivel Productivo

Maíz 1	Largo	200	SD	50	FDA(siembra+enriquecimiento); 140 kg N/ha	Alto
Maíz 2	Corto	150	SD	50	FDA(siembra): hasta 100 kgN/ha	Medio
Maíz 3	Corto	120	SC	70	Sin fertilización	Bajo

Invernada de novillos: a los efectos de simplificar el planteo técnico de la actividad, se considera una invernada de machos de aproximadamente 15 meses de duración, que se inicia con un ternero de 180 kg hasta peso de faena en la categoría de 430-460 kg de PV.

La oferta forrajera se basa en el pastoreo directo de pasturas perennes base alfalfa, consociadas con gramíneas y con una duración de 4 años. A la pastura le sigue en la rotación, un verdeo de invierno (avena/centeno) y luego un verdeo de verano, tipo maíz, con posibilidades de ser consumido en forma diferida, en el otoño-invierno siguiente. Según este criterio, la rotación tendría una duración de 5 ha, por lo que en la restricción técnica “*uso del suelo*” de la matriz, le corresponde un coeficiente igual a 5 (5 ha).

La producción de carne se estimó para cada una de estas 5 unidades y con la venta del total se calculó el ingreso neto, con un costo de comercialización del 10%. Dentro de costos directos, se contempló:

- Renovación de pasturas: 1 ha/ año (25%);
- Mantenimiento de pasturas: 5,5% del costo de renovación.
- Verdeo de invierno (tipo avena): 1 ha
- Verdeo de verano: 1 ha
- Mano de obra: 1 empleado permanente.
- Sanidad

IV.6. Balance de nutrientes de las actividades productivas, en la matriz de PL

Nitrógeno y fósforo: Para el balance de N y P de los cultivos agrícolas, se utilizó la tasa de extracción que realiza el cultivo en el *producto final cosechado*, expresada como kg del elemento/ tonelada de grano. Frente a las múltiples fuentes de información, en este trabajo se utilizaron los valores del **Cuadro 14**, recopiladas por **García y Ciampitti (2007)**, y adaptado según información provista por IPNI e INTA.

Cuadro 14: Tasa de extracción de Nitrógeno y Fósforo

Producto	Nitrógeno	Fósforo
	IPNI e INTA (kg/t producto)	IPNI (kg/t producto)
Maíz	13,22	2,66
Soja	48,00	5,40
Trigo	20,55	3,99
Girasol	21,30	6,00
Carne	24,50	7,15

Las pérdidas por *volatilización* dependen del tipo de fertilizante, dosis utilizada, forma de aplicación y época del año. Es mayor en siembra directa y aplicaciones

superficiales. También adquiere valores mayores en cultivos de verano. El índice utilizado en este trabajo se corresponde a un estudio reciente de **Abascal y col. (2004)**, realizado en la región semiárida pampeana, en un suelo Haplustol, donde las pérdidas de urea por volatilización, aplicada al voleo, fue de casi un **5 % del fertilizante aplicado** (equivalente a 50 kg de N/ha de urea y FDA), en mediciones prolongadas y condiciones de baja humedad y alta temperatura. Los autores no encontraron diferencias entre sistemas de siembra ni época de aplicación. Para los cultivos sin fertilizar, se utiliza un valor estándar de 1 kg N/ha. Estos índices se aplicaron tanto a las actividades agrícolas como a la invernada de novillos.

Para las pérdidas de N y P, vía *erosión eólica*, de las actividades agrícolas incluidas en la matriz y realizadas en SC, se tomó el valor promedio de registros disponibles y cargados en el EWEQ, para el Sitio Castex Norte. Estos cultivos son: Trigo 2 (*TrSCDRM*), Trigo 3 (*TrSCDEO*), Trigo 4 (*TrSCBc*), Girasol 1 (*GiSCBase*), Girasol 2 (*GiSCPM*), Soja 3 (*SjSCPMB*), Maíz 4 (*MaSCPb*) y Soja de 2° (*SjSD2°*). Los valores de la actividad alquiler del campo (unidad trigo/soja de 2°) resultaron de la suma de los índices obtenidos para el Trigo 3 y la Soja de 2°.

En el caso del Trigo 4 (*TrSDDRO*), Girasol 3 (*GiSDFER*) y Girasol 4 (*GiSDAP*), la tasa de erosión utilizada correspondió al promedio de registros provenientes de los Sitios Castex Sur-Santa Rosa, Castex Sur-Anguil y Guatraché. Se tuvo especial cuidado que el manejo tecnológico fueran similares a las alternativas propuestas. Desde el punto de vista ambiental, todos estos Sitios, junto a Castex Norte, pertenecen a la gran "Planicie con Tosca".

Para las alternativas tecnológicamente mejoradas, de las cuales no se contaba con registros reales, se decidió simular en el EWEQ una rotación que incluyera el cultivo a estudiar, además de la elección y manejo del cultivo antecesor, períodos de pastoreo, longitud del barbecho, etc. Tomando como base los planteos técnicos definidos en el punto IV.5., las actividades en SD que fueron incluidas en este grupo son: Soja 1 (*SjSDAP*), Soja 2 (*Sj SD PM*), Maíz 1 (*Ma SD AP*) y Maíz 2 (*Ma SD PM*).

Los factores "C" e "I" del modelo, son los mismos que los utilizados para las rotaciones reales, relevadas en el Sitio Castex Norte. Para el maíz de alta producción (*Ma SD AP*) se elaboró una rotación de 1,5 años con antecesor girasol, cosechado a principios de Marzo. Al rastrojo se le realizó una pasada de rolo y en el mes de Mayo se realizó la primera pulverización del barbecho químico. Mediante las herramientas "crecimiento de malezas" y "quema baja" que provee el modelo EWEQ, se intentó mantener un alto nivel de cobertura del suelo (valor SGe "V" = 700-800 kg/ha) entre tratamientos. El maíz de producción media (*Ma SD PM*), incluía un barbecho más corto por efecto del pastoreo prolongado del verdeo de invierno. Para ello se realizó un aprovechamiento intenso de un verdeo de avena durante los meses de Junio y Julio. La cobertura se mantuvo en los 300 kg/ha y la única pulverización en el barbecho químico se realizó a principios de Octubre.

Para la soja de mayor producción (*Sj SD AP*) se eligió como antecesor un maíz cosechado en el mes de Junio, con la primera pulverización para barbecho químico en el mes de Agosto. Se mantuvo la cobertura (Sge "V") en los 500 kg/ha, hasta el segundo tratamiento en el mes de Octubre, 15-20 días antes de la siembra. En ambas aplicaciones durante el barbecho, se utilizó la opción "quema media". En la soja de producción media (*Sj SD PM*), también se usó la SD, pero con un barbecho más corto y un solo tratamiento químico. Como en caso de maíz, también se aprovecha un verdeo invernal, seguido de una "quema media" la primera quincena de Octubre. Una

adaptación de las planillas de ingreso de datos al modelo, la tasa de erosión promedio y el cálculo final del IA, se presenta en el **Anexo 2.7**.

En todos los casos, el valor de la tasa de erosión de suelo, expresada en t/ha/ciclo de cultivo, forma parte de la matriz, en la fila correspondiente a la restricción ambiental *erosión eólica* (**Anexos 5 y 6**).

Para obtener la tasa de erosión eólica y los correspondientes contenidos de N y P en el material erosionado de un *verdeo de invierno*, se seleccionó un verdeo de avena con dos cortes de pastoreo correspondiente a la Rotación 13 b del Sitio Castex Norte. En el caso del *verdeo de verano*, se simuló en el EWEQ un maíz con destino a forraje, con consumo directo diferido, a la entrada del invierno (Mayo-Junio).

Debido a que las rotaciones incluyen principalmente cultivos agrícolas y/o forrajeras anuales, fue necesario simular el desarrollo y pastoreo de una *pastura en producción*, para estimar tasa de erosión y pérdidas de N y P. La misma fue sometida a un primer corte de forraje en otoño (Marzo-Abril), un segundo corte en primavera-verano (Octubre-Noviembre) y un tercer corte en el mes de Diciembre. Dada la dificultad de simular la composición y desarrollo de una *pastura en implantación* en el modelo EWEQ, para el cálculo de pérdida de N y P se utilizó como equivalente, el valor promedio de lotes de verdeos de invierno, con aprovechamiento tardío y un único corte de pastoreo. La decisión adoptada se fundamenta en el hecho de que en la RSP las pasturas consociadas se siembran usualmente en otoño y en mezcla con un cultivo forrajero anual, en baja densidad. El lento crecimiento de las especies perennes durante la primera estación de crecimiento, determina que el único aprovechamiento forrajero posible durante el primer año de la pastura, sea el cultivo “acompañante”. El pastoreo se realiza con altas cargas, corto período y en forma tardía (primavera), para evitar dañar las plántulas de la nueva pastura.

Las tasas de erosión eólica y las pérdidas de N y P se los recursos forrajeros antes descritos y utilizados en la actividad invernada, se detallan en el **Anexo 2.8**.

Dentro de los aportes, se destaca el proceso de *fijación biológica de nitrógeno (FBN)*, que en este trabajo se produce a través de la **soja y las pasturas base alfalfa**. La soja cubre sus necesidades de N mediante la FBN y de la absorción del N inorgánico del suelo. Según la bibliografía, los aportes del N fijado biológicamente tiene un rango de variación muy amplio con valores máximos de hasta 450 kg deN/ha. Los estudios realizados desde la década del '90 en la región pampeana, indican aportes de N fijado entre 40 a 90 kg/ha y porcentajes entre el 25 al 41% de N acumulado en este cultivo (**Brenzoni, y col 1989; Piantanida y col. 1991 y Piantanida y col. 1992**).

Estos datos con coincidentes con los de **Alvarez (2005) y Peticari (2006)** en los que indica que la FBN cubre rangos desde un 30 al 80% del N requerido y estima un valor de 100 kg de N/ha/año para la región pampeana: Esto representa un 50% de los asimilados requerido por el cultivo. Es importante resaltar que si se calcula el balance de N de soja al sistema, resulta marcadamente negativo.

Para este trabajo, se considerará que el **50%** de los requerimientos de N son provistos por la FBN. Por ejemplo, un cultivo con un rendimiento de 3000 kg/ha y un requerimiento de 80 kg de N/t, representa 240 kg de N/ha, de los cuales 120 kg provendrían de la FBN (se considera un índice de cosecha de N del 75%). Para el rendimiento del ejemplo, implica una exportación de N de 180 kg en grano.

En numerosas experiencias de fertilización nitrogenada realizadas en soja en la Región Pampeana, no se observó un aumento de rendimiento, dentro de un amplio

rango de dosis y momentos. Frente a la fertilización, este cultivo sustituye la FBN por el N aportado por el fertilizante, sin aumento neto en la asimilación de N. Como el N asimilado por el cultivo proveniente de la fijación es menor al índice de cosecha de este elemento, el cultivo de soja presenta un balance negativo de N (**Gutiérrez Boem, 2005**).

Aunque es escasa la información para regiones de reciente introducción del cultivo, para **González (2006)** una estimación conservadora es considerar una tasa de aporte de la FBN equivalente al 50% del N total acumulado. Para rendimientos zonales, se estima que un 8% (80 kg de N total/kg grano producido) corresponde a kg de N en biomasa total, de los cuales el 75% se encuentra en el grano (**Gutiérrez Boem, 2005b**). Un cultivo con un rendimiento de 3.000 kg/ha, posee un requerimiento total de N de 240 kg. Considerando un índice de cosecha del 75%; representa 180 kg de N en grano. De los 240 kg de N totales, el 50% proveniente de la FBN, equivale a 120 kg N/ha. La proporción del N producto de la FBN quedaría expresada de la siguiente forma:

$$\boxed{\text{Kg N FBN (kg N /ha)} = \text{Rend. (t/ha)} \times 80 \text{ kgN/t grano} \times 0,5}$$

Para **pasturas base alfalfa**, los rangos de FBN son muy variables dependiendo, en un mismo sitio, de las condiciones de suelo y la producción de biomasa de la pastura. Estimaciones realizadas por **Racca (2001)** indican que una pastura de alfalfa pura sin condiciones de estrés, puede incorporar hasta 23 kg de N atmosférico, cada 1000 kg de MS (60,8% del total acumulado). En condiciones de estrés agroclimático estacional, como es de esperar para la estepa pampeana, este valor se reduce a 16 kg de N (42,7% del material acumulado). Además, en pasturas consociadas con gramíneas, como las consideradas en la actividad invernada, **West y Mallarino (1996)** señalan entre un 37 a 74% de lo fijado en pasturas puras. En este trabajo se utilizará un valor promedio del rango mencionado, equivalente al 55% y estimando una FBN positiva en las pasturas que cursan su segundo y tercer año de producción.

El aporte de estos nutrientes a través de la *fertilización* se ve reflejado en el balance de acuerdo a los criterios establecidos para cada alternativa en el punto IV.5 a estrategia de fertilización desarrollada en detalle, para cada alternativa,. La fertilización en la invernada se realiza en las pasturas en implantación y una única fertilización del verdeo de verano, preferentemente maíz para consumo directo. En el caso particular de la reposición de P mediante fertilización, **Echeverría y García (1998)** proponen los siguientes criterios:

Nivel de suficiencia: es orientada al cultivo que implica reponer la exportación efectuada por el cultivo e incrementar los niveles hasta valores medios;

Reconstrucción y mantenimiento: implican altas dosis de aplicación para elevar rápidamente los bajos niveles y luego efectuar aplicaciones que cubran las exportaciones del cultivo. Apunta a altos rendimientos sin considerar aportes de las reservas minerales del suelo. Se destacan los requerimientos relativos elevados de las oleaginosas (**Cuadro 15**).

Cuadro 15: Requerimiento de P en grano, para los principales cultivos

Cultivo	Índice de cosecha de P	Kg de P/t grano
Trigo	0,80	3,85

Maíz	0,70	2,80
Girasol	0,81	4,20
Soja	0,78	5,50

Fuente: adaptado de Echeverría y García (1998)

Según el nivel de P de un suelo y para un correcto diagnóstico de fertilización, hay que tener en cuenta:

- Concentración Muy Alta : no se aconseja fertilizar
- Concentración Alta: nivel de mantenimiento y reponer lo exportado: con 3 t/ha de trigo = 3 t/ha x 3,8 kg P/t grano = 11,4 kg de P. ($P_{205} = P \times 2,3$ y $FDA/SFT (0:46:0) = P \times 5$).
- Concentración Baja: considerar “enriquecimiento”, es decir que además del mantenimiento, agregar cantidades crecientes según el P disponible.

Algunas alternativas que resultaron particularmente deficitarias en P, como el caso de girasol, y asumiendo para el sitio bajo estudio, niveles de P medios a bajos, se incrementó la fertilización de reposición, hasta un máximo de 4 kg/ha.

A los efectos de simplificar el cálculo del balance, no se ha tenido en cuenta el N ingresado por efecto de lluvias y egresos producidos por lixiviación y desnitrificación. El balance de N para las actividades agrícolas queda expresado de la siguiente forma:

$$\text{Balance de N (kg N/ha año)} = \{FBN + \text{fertilización}\} - \{\text{extracción de GRANOS} + \text{volatilización} + \text{erosión}\}$$

Donde:

FBN: de alternativas de soja;

Extracción de granos = rendimiento (tn grano/ha año) x extracción en granos (kgN/tn grano);

Volatilización = de fertilizantes aplicados según el siguiente criterio:

- 5% del fertilizante aplicado al voleo.
- 1 kg N/ha para cultivos sin fertilizar.

Erosión = suelo erosionado (tn/ha año) x concentración de N (kgN/tn suelo)

Para la actividad ganadera, el balance de N es el siguiente:

$$\text{Balance de N (kg N/ha año)} = \{FBN + \text{fertilización}\} - \{\text{extracción de CARNE} + \text{volatilización} + \text{erosión}\}$$

Donde:

FBN: de pasturas base alfalfa;

Fertilización: en pasturas en implantación y verdes;

Extracción de carne = producción (kg carne/ha año) x extracción en carne (g N/kg PV)

Volatilización = de fertilizantes aplicados a pastura en implantación y verdes;

Erosión: igual cálculo que actividades agrícolas, para pasturas y verdes

Excepto por lo aportes de la FBN, la ecuación del balance de P, tanto para los cultivos agrícolas como la actividad invernada, es similar a la planteada para N.

Carbono orgánico (CO): La MO esta relacionada con la capacidad de retención de agua, estabilidad y tendencia a la compactación de los suelos. Aunque a nivel regional no se ha establecido una relación directa entre MO y rendimientos, para la RSP, **Díaz Zorita y col. (1999)** encontraron una relación lineal entre contenido de carbono orgánico (TOC) y rendimiento de trigo, cuando el contenido de carbono es inferior a 17,5 g/kg suelo. Este valor representa un contenido de MO aproximado del 3 % y la relación encontrada implica una reducción de 40 kg de trigo por cada mg de pérdida de C orgánico del suelo.

El balance de CO (o su equivalente de MO/1,72) utilizado, se basa en la propuesta de **Alvarez (2008)** el cual tiene en cuenta, por el lado de los aportes, el que realizan los *residuos* de cosecha, más las raíces. Por el lado de las pérdidas, el dióxido de carbono (CO₂) producto de los procesos de respiración, descomposición de los residuos y mineralización del humus. El balance de CO quedaría planteado de la siguiente forma:

$$\text{Balance CO} = (R * CAH) - CO * CM$$

Donde:

R = rendimiento del cultivo (t/ha).

CAH = Coeficiente de aporte de humus

CO = Carbono orgánico (t/ha).

CM = Coeficiente de mineralización.

El CAH esta conformado por el índice de cosecha ajustado a 14% de humedad (aportes de rastrojos), sumado al aporte de raíces y la transformación a CO. El siguiente ejemplo en trigo ilustra sobre el aporte de CO:

Ejemplo: el trigo tiene una relación paja/trigo de 1,63 por lo que el rendimiento del cultivo multiplicado 1,63 nos da el aporte de MO de los residuos aéreos. Si consideramos un aporte de raíces del 20% de la biomasa aérea, el coeficiente final resultaría = 2,00 (1,63 * 1,20). De los residuos totales solo el 40% (0,4) corresponde a CO. El aporte de CO de los cultivos quedaría expresado:

CO del trigo = Rendimiento (t/ha) * 1,63 * 1,20 * 0,4

CO de soja y girasol =: Rendimiento (t/ha) * 1,84 * 0,4

CO de maíz = Rendimiento (t/ha) * 1,0 * 0,4

El coeficiente de mineralización (CM) se estima, para la región pampeana, en **5,7 % /año, del contenido de CO**. Para el cálculo de mineralización es necesario determinar el contenido de MO total (%) en la capa superficial del suelo. Este valor se divide por el índice 1,724 para transformarlo en CO. Con el dato de densidad aparente (t/m³), el resultado queda expresado en t/ha.

IV.7. Elección de escenarios de precios

Los cálculos para medir la incidencia económica de la erosión en los CD y MB, que se corresponden con la primera etapa del trabajo, se iniciaron a fines del primer trimestre de 2008. Hacia fines de Febrero, los precios de insumos y productos, liderados por la soja y otros commodities como el petróleo, alcanzaron máximos sin precedentes en el mercado internacional, con la consiguiente repercusión en el mercado local. En el Cuadro 16 se muestran los valores corrientes de los principales productos agrícolas, en 3 de los mercados que cotizan diariamente.

Cuadro 16: Precios de pizarra de los principales granos. 29/02/2008

Producto	Rosario	Bahía Blanca	Quequén
Girasol	1310,0	1.300,0	1,275,0
Maíz	499,8	525,0	
Soja	1.100,0	1.100,0	
Trigo			580,0
Sorgo	415,0		

Fuente: http://www.fyo.com/granos/cotizaciones/precios_camara.asp

Nota: los precios corrientes, también llamados precios de pizarra, son aquellos “...dados a conocer todos los días hábiles a las 11 hs. y se basan en las operaciones ocurridas dentro del recinto de las Bolsas durante el día hábil anterior. Las instituciones encargadas de determinarlos son: la Cámara Arbitral de Cereales de Rosario, la Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca, la Cámara de Cereales y Afines de Córdoba y la Bolsa de Cereales de Buenos Aires”. (<http://www.fyo.com/granos>).

Por otro lado, se analizó la evolución de los algunos precios agrícolas de los últimos 5 años. En el caso de la *soja*, cotizaciones que oscilaban entre los 500 y 600 \$/t hasta Abril de 2007, inician un incremento exponencial a partir de Agosto-Septiembre 2007, hasta alcanzar los valores por encima de los 1.100 \$/t (**Figura 8**).

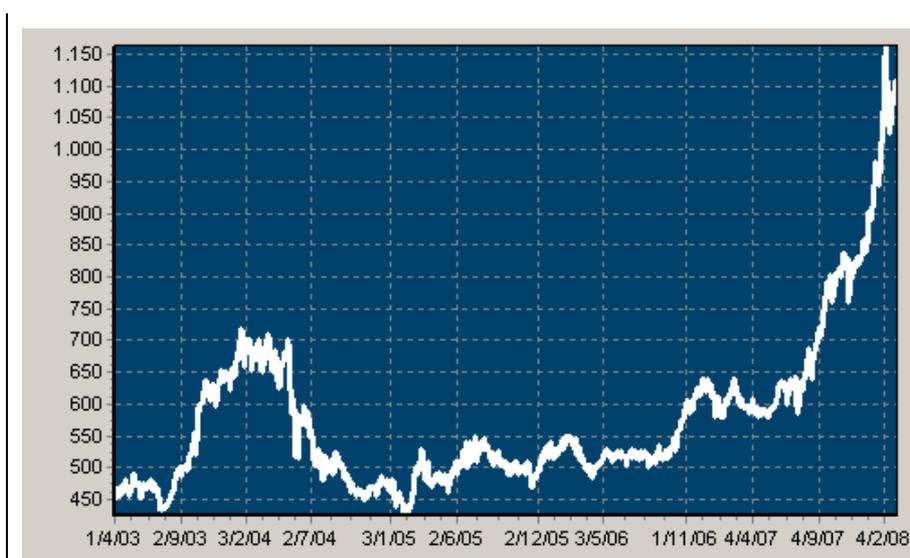


Figura 8: Cotización de SOJA. Bolsa de Cereales de Rosario. Período 2003-2008.

Similar situación ocurre con *girasol*, en donde el aumento comenzó a operar desde el primer semestre de 2007, partiendo de valores cercanos a los 600 \$/t, hasta alcanzar picos superiores a los 1400 \$/t, en Enero de 2008.

La **Figura 9** muestra como el trigo, al igual que la soja, aumentó en el segundo semestre de 2007 desde la banda de 350-400 \$/t, hasta superar los 600 \$/t, a principios de 2008.

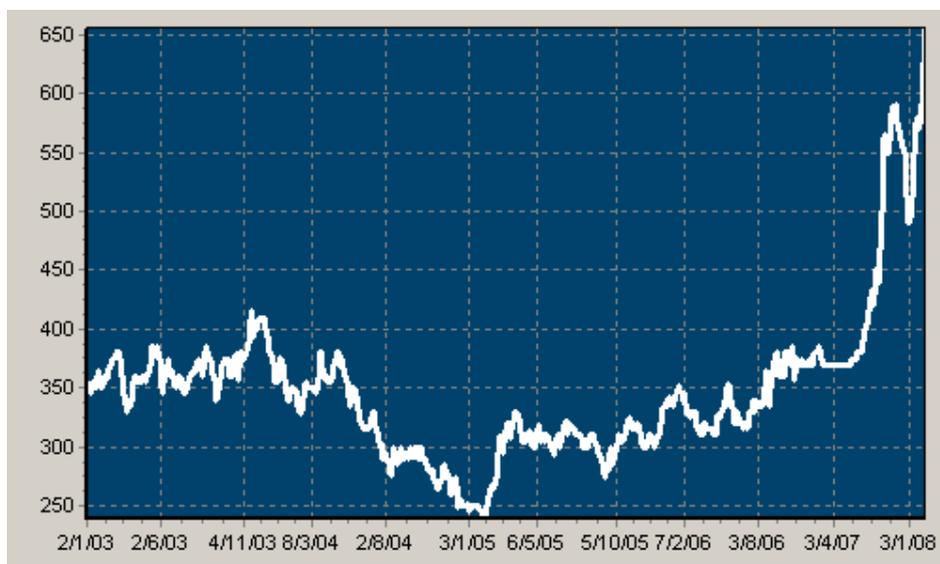


Figura 9: Cotización de TRIGO. B. de Cereales de Bahía Blanca. Período 2003-2008.

El maíz evoluciono desde los 250 \$/t a fines de 2006, hacia un primer escalón entre los 350 a 400 \$/t durante todo el 2007 y con fuerte variabilidad. Desde Noviembre de 2007 y siguiendo la tendencia de los demás productos, superó los 500 \$/t en Abril de 2008 (**Figura 10**).



Figura 10: Cotización de MAIZ. Bolsa de Cereales de Rosario. Período 2003-2008.

En el caso de estas gramíneas, los incrementos fueron más graduales y con mayor volatilidad interanual.

Como se observa en las figuras anteriores, la generación de esta “burbuja” en los precios, que alcanzó máximos a principios de 2008, derivó en medidas gubernamentales de modificar sustancialmente el esquema de régimen y de derechos de exportación (DEX) a partir de Marzo de 2008. Esta situación afectó la normal comercialización de productos agropecuarios y el funcionamiento de los mercados.

1. Dado que el objetivo de la primera etapa es evaluar la incidencia económica en términos de participación y variación porcentual en costos y margen bruto, respectivamente y a su vez hacerlo comparativo entre especies y campañas, se decidió utilizar los precios corrientes de *Febrero de 2008*. Al momento de realizar estos cálculos significó el escenario más actualizado y donde los insumos habían equiparado, razonablemente, el alza en los precios en los granos. Aun así, cierta ventaja de estos últimos tuvo efectos en el margen bruto de los cultivos, que se discute más adelante en los resultados.

2. En el caso de la matriz de PL, las restricciones ambientales deben interactuar con los resultados económicos de las actividades, al momento de “competir” por su participación de la solución final. Siendo estos resultados económicos (coeficientes de la función objetivo) determinantes en un esquema de corto plazo, propio de este plan de optimización, se juzgó oportuno utilizar un escenario de precios que no introdujera distorsiones de precios y que sesgaran el resultado final. Dada la volatilidad observada, también se evitó utilizar *promedios*, dado que generaría un escenario poco representativo e implicaba deflacionar precios de insumos y productos, previamente. Se busco entonces, un marco de relativa “normalidad” y validez en el largo plazo, donde los precios fueran:

- *Actuales* en relación a la serie de precios analizada,
- Con adecuado balance en los *precios relativos* de los productos y
- Que no hubiera fuertes desacoples en la relación *insumo-producto*.

En este contexto, se decidió utilizar un único escenario de precios, con un esquema que contempla un *análisis “expost”, con precios de insumos de 2006 y cotizaciones disponibles de productos de 2007 (Revista Márgenes Agropecuarios, 2006 y 2007)*.

La fecha de referencia para los *precios de insumos y costos de maquinarias*, utilizados en la siembra de trigo, pasturas y verdeo de invierno, fue la del mes de *Junio de 2006*, mientras que para los de cosecha gruesa y verdeos de verano, los del mes de *Octubre de 2006*. *Las cotizaciones disponibles significan los precios corrientes, efectivamente logrados, en época de cosecha*. En el caso del trigo se utilizó la cotización promedio en la Bolsa de Cereales de Bahía Blanca o Puerto de Quequén, desde el *15 de Diciembre de 2006 al 15 de Enero de 2007*, asignándosele un flete largo de 350 km. Se utilizó el promedio del mes de *Marzo para girasol, Abril para soja y Mayo para maíz y el kg vivo de carne*. Para los cultivos de cosecha gruesa se tomó como referencia la cotización de la Bolsa de Rosario, con un flete largo de 600 km.

Aunque no se presentan en este trabajo, también se probaron escenarios “*ex-ante*” mediante precios FUTUROS de los productos, es decir, cotizaciones en los granos esperables de obtener al momento de iniciarse la campaña, con las tareas de preparación y siembra. Se utilizó el mismo calendario que para el escenario anterior. Quedaron así definidos, otros tres escenarios adicionales:

- Precios de insumos 2006 y precios futuros de productos 2007;
- Precios de insumos 2007 y precios futuros de productos 2008;

- Precios de insumos 2007 y precios disponibles de productos 2008.

Es importante anticipar que, aún trabajando con estas series de precios, los resultados de la matriz no variaron sustancialmente. Se reiteran aquellas actividades consideradas tecnológicamente mejoradas, donde predomina la siembra directa, bajas tasas de erosión, buen manejo del agua y fertilización. Cabe mencionar que la ventaja en las cotizaciones de las oleaginosas durante 2008, hace que aparezca el cultivo de soja en la solución, situación que no ocurre en el escenario elegido (2006/2007). Más adelante se realiza una discusión más detallada sobre este punto

La matriz de PL se ejecuta sin limitantes de capital, para cada uno de los trimestres en que se dividió el uso del suelo. Las restricciones ambientales, que incluyen la tasa de erosión eólica y los balances de N, P y CO, son el componente principal para la ejecución de la matriz. Como constante, se establece que el balance de nutrientes sea igual o mayor a 0, mientras que se permite que la erosión eólica total se incremente, teniendo como límite el umbral estimado regionalmente de 8 t/ha. En este proceso se busca el máximo uso de la tierra disponible en cada trimestre, que maximice el **beneficio económico**, pero subordinado a la mejor solución **técnico-ambiental**.

Alcanzado la solución con el máximo MBT, se incrementó paulatinamente la erosión eólica total del modelo total y en sucesivas soluciones de la matriz, se analizó la evolución del MBT frente a estos cambios. Los cambios del MBT en función del aumento de la erosión eólica, permitió valorar la tonelada de suelo erosionado. Es decir, el coeficiente del modelo de regresión lineal estimó el costo de cada tonelada de suelo erosionado, en valores de MBT y solo valido para las condiciones del sitio elegido.

V. Resultados y discusión

El Cuadro 17 resume todas las rotaciones cargadas en el modelo EWEQ, la nomenclatura con la que se hará referencia en adelante y la secuencia de cultivos, en base a registros reales disponibles. Los cultivos subrayados en cada secuencia, son aquellos con destino a cosecha y que fueron incluidos en el análisis económico sobre la incidencia de la erosión eólica en sus márgenes brutos.

Al final del cuadro se muestra las actividades agrícolas, cuyos planteos técnicos se consideran alternativas superadoras tecnológicamente. El maíz y la soja de alta y media producción (*MaSDAP*, *MaSDPM*, *SjSDAP* y *SjSDPM*), fueron cargados en el modelo EWEQ para simular las tasas de erosión de cada ciclo y las pérdidas de N y P, involucrados en el proceso. En el modelo se utilizaron las condiciones agroclimáticas del Sitio Castex, sobre el cual se desarrolló la matriz de PL. El significado de las abreviaturas son las siguientes: SD = siembra directa; SC = siembra convencional; Tr = trigo; Ma = maíz; Sj = soja y Gi = girasol.

Cuadro 17: Información disponible cargada en el modelo EWEQ

Sitio	Denominación de la rotación	Duración (años)	Secuencia de cultivos (*)
1. "Castex Norte"	Rot 2	3,2	Avena forr. 03, 1 corte / <u>Ma SC 03-04</u> / past. rast. 04 / <u>Gi SC 04-05</u> / past. rast. 05 / <u>Sj SC 05-06</u>
	Rot 3	1,4	Pastoreo rastrojo de maíz 96 / <u>Ma SC 97-97</u> .
	Rot 4	4,4	Pastura / <u>Sj SC 97-98</u> / avena forr. 98 / <u>Ma SC 98-99</u> / past. rast. 99 / <u>Gi SC 99-00</u> / avena forr. 00 / <u>Sj SC 00-01</u> .
	Rot 6	2,2	Pastoreo rastrojo Ma 00 / <u>Sj SC 00-01</u> / avena forr. 01 / <u>SGi SC 01-02</u> .
	Rot 8	3,9	Avena forr. 01 / <u>Ma SC 01-02</u> / past. Rast. 02 / Tr SC 02-03 / <u>Sj SC 03/04</u> / Tr SC 03-04.
	Rot 10	1,4	Pastura / <u>Ma SC 02-03</u> .
	Rot 11a	1,9	Pastoreo rastrojo Ma 97 / <u>Sj SC 97-98</u> / <u>Tr SC 98-99</u> .
	Rot 11b	3,2	Pastura / <u>Ma SC 01-02</u> / avena forr. 02, 1 corte / Ma forr. 02-03 / <u>Gi SC 03-04</u> .
	Rot 12	3,2	Pastura / <u>Sj SC 99-00</u> / <u>Ma SC 00-01</u> / pastoreo rastrojo 01 / <u>Gi SC 01-02</u>
	Rot 13a	2,0	Pastura / <u>Tr SC 96-97</u> / <u>Gi 2da.SC 96-97</u> / <u>Tr SC 97-98</u> .
Rot 13 b	3,2	Rastrojo Tr 98-99 / avena forr 99, 2 cortes / <u>Gi SC 99-00</u> / <u>Tr SC 00-01</u> / Ma forr.01 / <u>Gi SC 01-02</u>	
2. "Castex Sur-Santa Rosa"	L 11	5,2	Rast. Maíz 02 / <u>Ma SC 02-03</u> / past. rast. 03 / <u>Gi SC 03-04</u> / <u>Tr SC 04-05</u> / avena forr. 05, 2 cortes / maíz forr. 05-06 / <u>Gi SD 06-07</u> .

3. “Castex Sur-Anguil”	SA1	6,4	Pastura / <u>Ma SC 97-98</u> / past.rast. 98 / <u>Ma SD 98-99</u> / past.rast. 99 / <u>Gi SC 99-00</u> / past. rast. 00 / <u>Tr SC 00-01</u> / avena forr. 01 / avena forr. 02 / <u>Ma SD 02-03</u> / past. rast. 03.
	SA2	4,2	Past. rast. Maíz 03 / <u>Tr SD 03-04</u> / past. rast. 04 / avena forr. 04, 1 corte / <u>Ma SD 04-05</u> / past. rast. 05 / <u>Sj SD 05-06</u> / <u>Gi SD 06-07</u> .
4. “Guatraché”	GD	3,0	Rastrojo 04 / <u>Tr SD 04-05</u> / <u>Tr SD 05-06</u> / <u>Tr SD 06-07</u>
	GD	4,0	Avena forr. 00 / <u>Tr SC 00-01</u> / avena SC 01-02 / avena forr. 02-03 , 3 cortes / <u>Tr SC 03-04</u>
5. “Pico Norte”	Tre	4,2	Pastura / avena forr., 1 corte / <u>Gi SD 04-05</u> / <u>Sj SD 05-06</u> / <u>Ma SD 06-07</u> / <u>Gi SD 07-08</u> .
6. “Pico Sur”	ET 3.1	4,2	Pastura / avena forr. 96 / <u>Gi SC 96-97</u> / past. rast. 97 / <u>Gi SC 07-98</u> / past. rast. 98 / <u>Tr SC 98-99</u> / avena forr. 99, 2 cortes / <u>Gi SC 99-00</u> .
	ET 3.2	2,2	Pastura / <u>Gi SD 05-06</u> / avena forr. 06, 1 corte / <u>Gi SD 06-07</u> .
	ET 2.1	3,2	Pastura / <u>Ma SC 94-95</u> / past. rast. / <u>Tr SC 95-96</u> / centeno forr. 96, 1 corte / <u>Gi SC 96-97</u> .
	ET 2.2	5,3	Pastura / centeno forr. 02, 1 corte / <u>Gi SC 02-03</u> / past. rast. 03 / <u>Ma SC 03-04</u> / past rast. 04 / <u>Sj SC 04-05</u> / past rast. 05 / <u>Gi SD 05-06</u> / avena forr. 06, 2 cortes / <u>Sj SD 06-07</u> .
Actividades de la matriz de PL (“Castex Norte”)	<i>Ma SD AP</i>	1,4	<i>Girasol / Maíz en SD Alta Producción (rendimiento = 8,6 t/ha)</i>
	<i>Ma SD PM</i>	1,4	<i>Avena forraje, 1 corte / Maíz en SD Producción Media (rendimiento = 6,9 t/ha)</i>
	<i>Sj SD AP</i>	1,3	<i>Maíz cosecha / Soja en SD Alta Producción (rendimiento = 3,0 t/ha)</i>
	<i>Sj SD PM</i>	1,3	<i>Avena forr. , 1 corte / Soja en SD Producción Media (rendimiento = 1,8 t/ha)</i>
	<i>Ma Forr. INV.</i>	1,5	<i>Avena forr. 1 corte / Maíz consumo diferido: MAYO-JUNIO</i>
	<i>Pastura INV</i>	1,0	<i>Alfalfa con 1° corte: MAR-ABR; 2° corte: OCT-NOV. y 3° corte: DIC.</i>

V.1. Pérdidas por erosión eólica e incidencia económica en los cultivos de cosecha

En aquellos Sitios donde se contó con suficiente cantidad de información, el análisis de los resultados se realizó por cultivo. Aun con variaciones en el momento de laboreos y fecha de siembra, se detectaron efectos estacionales, donde el factor climático es determinante en los resultados que arroja el modelo. Cuando la serie de tiempo es lo suficientemente prolongada (5 a 10 años), es posible diferenciar etapas en la tecnología utilizada, lo que enriquece el análisis de la erosión en general y el efecto del paquete tecnológico sobre los costos, en particular.

Sitio Castex Norte

Las 11 rotaciones cargadas en el modelo EWEQ pertenecen a establecimientos ubicados al norte de la provincia de La Pampa (Departamentos Trenel y Realicó). Con variabilidad en la longitud de las rotaciones, se incluyen cultivos desde la campaña 96/07 hasta la 04/05 y con predominio de la SC. En el **Cuadro 18** se resume la tasa de erosión producida en cada rotación y la duración que la misma abarca.

Cuadro 18: Tasa de erosión eólica en rotaciones del Sitio “Castex Norte”

Rotación N°	Erosión (t/ha año)	Duración (años)
Rot 2	12,4	3,2
Rot 3	11,2	1,4
Rot 4	9,4	4,4
Rot 6	11,4	2,2
Rot 8	7,6	3,9
Rot 10	9,6	1,4
Rot 11 a	9,4	1,9
Rot 11b	10,5	3,2
Rot 12	11,2	3,2
Rot 13 a	9,9	2,0
Rot 13 b	10,5	3,2

En las condiciones de manejo relevadas, la mayoría de las rotaciones supera el valor umbral, alcanzando la rotación 2 el nivel de severa (**Buschiazco y col., 2004**).

Aun con un uso general intensivo y variado de las maquinarias, estas tasas de erosión se explican por las mejores condiciones relativas de estos suelos, ya descriptas en detalle en el capítulo marco de referencia. Su textura franco y franco-arenosa; con un horizonte A bien provisto de materia orgánica y estructurado y un régimen ústico, son condiciones que influyen en una erosión potencial moderada.

En el caso de trigo, en el **Cuadro 19** se muestran cuatro rotaciones, que incluyen siete lotes, todos realizados en SC.

Cuadro 19: Tasa de erosión del cultivo de TRIGO (SC) y de cada rotación

Rotación	Cultivo/Campaña	Rend. (t/ha)	Erosión Rotación (t/ha año)	Erosión Cultivo (t/ha ciclo)
Rot 13 a	Tr SC 96-97	0,90	9,9	8,15
	Tr SC 97-98	2,00		7,54
Rot 8	Tr SC 04-05	2,60	7,6	4,73
	Tr SC 02-03	1,95		6,91
	Tr SC 03-04	1,95		3,12
Rot 11 a	Tr SC 98-99	2,70	9,4	4,13
Rot 13 b	Tr SC 00-01	2,30	10,5	7,13

En este cultivo se usó arado rastra (“rastrón”) hasta la campaña 1997, en dos pasadas y eventualmente acompañado por una pasada de cincel. El arado de reja está presente desde la campaña 1998 hasta la campaña 2003 (Rotaciones 8 y 11b). En estos

casos, es la única labor profunda, seguida por la siembra en tándem con **rastra doble acción (RDA)**. Aun con la utilización de ciclos largos, se estima que los efectos climáticos estacionales del sitio, influyen para que la tasa de erosión de cada cultivo sea, en todos los casos, menor que la tasa promedio anual de la rotación.

El **Cuadro 20** resume los resultados de rendimiento, costos de producción, costo de reemplazo al incluir el IA y los resultados y efectos en el MB. Los rendimientos remarcados, corresponden a datos reales de los registros disponibles y sobre los cuales se hace referencia en los resultados. El resto son aportados por el EWEQ y solo son indicativos.

Cuadro 20: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB. Cultivo de TRIGO (SC)

	Rotacion 13 a				Rotación 13b		Rotación 11a		Rotación 8					
	Tr SC 96-97	% Dist.	Tr SC 97-98	% Dist.	Tr SC 00-01	% Dist.	Tr SC 98-99	% Dist.	Tr SC 02-03	% Dist.	Tr SC 03-04	% Dist.	Tr SC 04-05	% Dist.
Rend.(t/ha)	0,88		1,95		2,40		2,70		1,95		1,95		2,60	
CD labores y protección	\$ 181,5	45%	\$ 48,5	19%	\$ 72,2	26%	\$ 73,6	31%	\$ 73,6	25%	\$ 73,6	30%	\$ 50,4	22%
CD de insumos	\$ 110,6	27%	\$ 110,6	42%	\$ 110,6	39%	\$ 110,6	46%	\$ 130,3	44%	\$ 130,3	53%	\$ 110,6	49%
Costo reemplazo (N y P)	\$ 111,2	28%	\$ 102,9	39%	\$ 97,3	35%	\$ 56,3	23%	\$ 94,3	32%	\$ 42,6	17%	\$ 64,5	29%
Costo total	\$ 403,3		\$ 262,1		\$ 280,1		\$ 240,6		\$ 298,3		\$ 246,6		\$ 225,5	
MB	\$ 71,1		\$ 650,2		\$ 813,4		\$ 936,4		\$ 605,4		\$ 605,4		\$ 918,1	
MB neto de IA	-\$ 40,1	-156%	\$ 547,3	-16%	\$ 716,1	-12%	\$ 880,1	-6%	\$ 511,1	-16%	\$ 562,8	-7%	\$ 853,6	-7%
Efecto en la Cont. Bruta		-141%		-49%		-43%		-28%		-42%		-35%		-41%

En el trigo de la campaña 96/97, al que se le realizaron 5 labores, que elevaron su costo de producción en forma inusitada y produjo una tasa de erosión superior a las 8 t/ha. El bajo rendimiento de 875 kg/ha, generó un MB de solo 71 \$/ha, que al incorporar los costos de reemplazo del IA, generó una reducción de más del 150% y por ende un quebranto en el *MB neto de IA*. La contribución bruta hace referencia a la ganancia obtenida, vía MB, por cada peso invertido en el cultivo. En este caso, este índice resultó casi neutro (0,24 \$/ha) en el MB inicial y negativo al incluir el IA. Esta situación particular de elevado costo relativo y bajo rendimiento, corrobora una de las hipótesis planteadas respecto a los resultados negativos que se obtienen al incluir el IA en los costos de producción.

El resto de los lotes de trigo se pueden considerar de bajo costo, sin la utilización de plaguicidas y fertilizantes y todos conducidos en SC. Aquellos con una tasa de erosión de 7 t/ha (97/98; 00/01 y 02/03), la incidencia del IA supera el 30% de los costos. Para rendimientos reales de 2,4 t/ha (02/03) y 2,6 t/ha (04/05), que se consideran elevados para esta región, el MB inicial se redujo en un 12% y 7%, pero con una reducción en la contribución bruta de 43% y 41%, respectivamente.

Con tasas entre 3 a 5 t/ha la influencia en los costos es menor al 30%. Con rendimientos cercanos a las 3 t/ha, la reducción en el MB no llega al 10%.

La información disponible de girasol, que se muestra en el **Cuadro 21**, incluye 7 cultivos, dentro de 6 rotaciones y todos conducidos en SC.

Cuadro 21: Tasa de erosión en los cultivos de GIRASOL (SC) y de cada rotación

	Rot. 2	Rot. 4	Rot. 6	Rot.11b	Rot.12	Rot.13b	
	Gi SC 04-05	Gi SC 99-00	Gi SC 01-02	Gi SC 03-04	Gi SC 01-02	Gi SC 99-00	Gi SC 01-02
Cultivo (t/ha ciclo)	8,11	12,00	8,60	6,79	10,88	9,27	10,18
Rotación (t/ha año)	12,4	9,4	11,4	10,50	11,2	10,5	

A diferencia del trigo, en este cultivo se ha utilizado en forma generalizada el cincel como labor primaria, seguido por una o dos pasadas de RDA. A partir de 2001 y a pesar del uso de SC, se comenzó con la aplicación de pulverizaciones a base de glifosato utilizados en pre-siembra u ocasionalmente en pre-emergencia (04/05). Excepto el cultivo de la campaña 03/04, en todos los casos se superó el umbral de 8 t/ha, tanto en los lotes individuales como en cada rotación. En el **Cuadro 22** se observa que la tasa de erosión de 6,79 t/ha ciclo, para esta última campaña, implica un 24% en los costos.

Cuadro 22: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB. Cultivo de GIRASOL (SC)

	Rotación 2		Rotación 4		Rotación 6		Rotación 11b		Rotación 12		Rotación 13b			
	Gi SC 04-05	% Dist.	Gi SC 99-00	% Dist.	Gi SC 01-02	% Dist.	Gi SC 03-04	% Dist.	Gi SC 01-02	% Dist.	Gi SC 99-00	% Dist.	Gi SC 01-02	% Dist.
Rendimiento (t/ha)	1,35		2,38		1,60		2,70		3,20		1,12		1,60	
CD labores y protección	\$ 124,6	23%	\$ 100,3	26%	\$ 100,3	29%	\$ 127,7	33%	\$ 93,0	19%	\$ 123,1	33%	\$ 107,6	24%
CD de insumos	\$ 307,6	57%	\$ 124,6	32%	\$ 124,6	36%	\$ 171,0	44%	\$ 246,9	51%	\$ 124,6	33%	\$ 204,1	45%
Costo reemplazo N y P	\$ 110,7	20%	\$ 163,7	42%	\$ 117,4	34%	\$ 92,7	24%	\$ 148,5	30%	\$ 126,5	34%	\$ 138,9	31%
Costo total	\$ 542,9		\$ 388,6		\$ 342,3		\$ 391,4		\$ 488,4		\$ 374,2		\$ 450,6	
Margen Bruto (MB)	\$ 1.043,9		\$ 2.297,9		\$ 1.495,6		\$ 2.572,2		\$ 3.064,8		\$ 957,7		\$ 1.411,7	
MB neto de IA	\$ 903,6	-11%	\$ 2.134,2	-7%	\$ 1.378,2	-8%	\$ 2.479,5	-4%	\$ 2.916,4	-5%	\$ 831,3	-13%	\$ 1.272,8	-10%
Efecto Cont. Bruta		-29%		-46%		-39%		-27%		-34%		-43%		-38%

Para el resto de los lotes, el costo de reemplazo supera el 30%. El máximo de 42% para el girasol 99/00, se corresponde también con la mayor tasa de erosión de 12,00 t/ha.

El elevado precio relativo del girasol en el disponible de Febrero 2008 y rendimientos por encima de las 2 t/ha, hacen que los efectos del IA, reduzcan el MB entre el 4 al 7%, en los cultivos 99/00 (R 4), 03/04 (R 11b) y 01/02 (R 12). Los valores de contribución bruta duplican a los de trigo, ubicándose inicialmente entre 8 a 9 \$, aunque la inclusión del costo de reemplazo los reduce en un 46%, 27% y 34%, respectivamente.

La información de los 5 lotes de soja disponibles y bajo SC, se muestra en el **Cuadro 23**. En todos los casos, las tasa de erosión de las rotaciones superan las 8 t/ha, alcanzando un máximo de 12,4 t/ha. Durante las campañas 97/98 y 99/00 se hace uso del arado de rejas como labor primaria seguida de una o dos pasadas de RDA como labor de repaso. La siembra siempre se realiza en tandem con RDA. En el cultivo de la Rot. 6 se alcanza las 5,82 t/ha que se estima fue producto del reemplazo del arado de rejas por el cincel, además de la RDA.

Cuadro 23: Tasa de erosión eólica y pérdida de N y P. Cultivo de SOJA (SC)

Rotación	Campaña	Erosión de Rotación (t/ha año)	Erosión del cultivo (t/ha ciclo)
Rot. 11a	97-98	9,40	7,97
Rot. 4	97-98	9,40	7,19
Rot. 12	99-00	11,20	8,67
Rot. 6	00-01	11,40	5,82
Rot. 2	05-06	12,40	11,78

El cultivo de la campaña 05/06 mostró la mayor tasa de erosión (11,78 t/ha). Aunque solo se realizaron 2 labores con discos antes de la siembra, se registró un prolongado período de barbecho y entre labores (principios de Julio-fin de Octubre). Desde finales del invierno e inicios de primavera, el modelo EWEQ informa tasas parciales elevadas y sensibles a procesos que modifiquen la cobertura vegetal. Esta situación se reitera en otros sitios y aun en planteos de SD. Los resultados económicos de este cultivo se muestran en el **Cuadro 24**.

Cuadro 24: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB. Cultivo de SOJA (SC)

	Rotación 2		Rotacion 11 a		Rotación 4		Rotación 6		Rotación 12	
	Sj SC 05-06	% Dist.	Sj SC 97-98	% Dist.	Sj SC 97-98	% Dist.	Sj SC 00-01	% Dist.	Sj SC 99-00	% Dist.
Rendimiento (t/ha)	3,00		2,43		2,28		2,00		2,50	
CD labores y protección	\$ 73,2	18%	\$ 143,9	27%	\$ 48,5	15%	\$ 122,2	28%	\$ 123,7	26%
CD de insumos	\$ 181,9	44%	\$ 272,7	52%	\$ 181,9	55%	\$ 235,2	53%	\$ 235,2	49%
Costo reemplazo N y P	\$ 160,7	39%	\$ 108,8	21%	\$ 98,2	30%	\$ 79,4	18%	\$ 118,3	25%
Costo total	\$ 415,8		\$ 525,4		\$ 328,6		\$ 436,7		\$ 477,1	
Margen Bruto (MB)	\$ 2.221,0		\$ 1.59,2		\$ 1.647,3		\$ 1.293,4		\$ 1.704,6	
MB neto de IA	\$ 2.060,3	-7%	\$ 1.486,4	-7%	\$ 1.549,1	-6%	\$ 1.214,0	-6%	\$ 1.586,3	-7%
Efecto Cont. Bruta		-43%		-26		-34%		-23		-30%

El menor costo de reposición de N y P en valores absolutos y relativos (18%) se corresponde también a la menor tasa de erosión, para la campaña 00/01 (Rot. 6). Este cultivo posee maíz de cosecha como antecesor y labores de discos en el mes de Octubre.

El 21 % de participación del IA en la campaña 97/98 (Rot.11a) se ve influenciado por mayores costos producto de la realización de 6 labores, que incluyen pulverizaciones en postemergencia y control de insectos. Para la misma campaña, con

similar tasa de erosión pero con un cultivo de menor costo en labores e insumos (Rot. 4), el efecto del indicador se elevó al **30 %**. En estos cultivos los trabajos de labranzas se inician en el mes de Septiembre.

En la campaña siguiente (99/00; Rot. 12), con labores realizadas en el mismo momento del año pero con una reja y una doble pasada de discos, se generó una tasa de erosión de 8,7 t/ha. Con escasa participación de insumos en el costo total, el efecto del indicador ambiental es del **25%**. Con un rendimiento elevado de 2,5 t/ha, el MB se afecta en un 6,9%.

Con rendimientos por encima de las 2 t/ha el MB se ve reducido en alrededor del 7% en todos los casos. En la campaña 05/06 se conjuga la mayor tasa de erosión (11,8 t/ha), el mayor efecto en los costos directos (39%) y la mayor caída relativa en la contribución bruta (43%) que inicialmente era de 8,71 \$.

Para el cultivo de maíz se dispone de 7 lotes con destino a cosecha y en sendas rotaciones. Las pérdidas de suelo, N y P por efecto de la erosión eólica se muestran en el **Cuadro 25**.

Cuadro 25: Tasa de erosión eólica y pérdida de N y P. Cultivo de MAIZ (SC)

Rotación	Campaña	Erosión de Rotación (t/ha año)	Erosión del cultivo (t/ha ciclo)
Rot. 3	96-97	11,20	8,38
Rot. 4	98-99	9,40	7,21
Rot. 12	00-01	11,20	7,76
Rot. 8	01-02	7,60	6,63
Rot. 11b	01-02	10,50	5,85
Rot. 10	02-03	9,60	8,54
Rot. 2	03-04	12,40	5,44

El cultivo de la campaña 03/04 presentó la menor tasa de erosión (5,44 t/ha), producto del aprovechamiento temprano del verdeo de invierno antecesor, descanso posterior con alta cobertura vegetal y que desembocó en un cincel en el mes de Octubre. La erosión resultante equivale a un 44% de las 12,4 t/ha de la rotación 2. Tasas reducidas de 5,85 y 6,63 t/ha, ambas de la campaña 01/02, responden a labores con discos y realizadas desde mediados de Octubre, aún cuando en la primera de ellas se inicia con un arado de rejas. La Rot. 8 incluye un disco en el mes de Mayo sobre verdeo de invierno.

En el resto de los lotes, la tasa de erosión se ubicó próxima o por debajo del valor umbral de 8 t/ha y en todos los casos fue inferior al promedio de la rotación. En orden creciente, la tasa de 7,21 t/ha de la campaña 98/99 se correspondió con trabajos de discos que se realizaron en el mes de Septiembre; en la campaña 00/01 se combinaron discos y cincel a partir del mes de Julio dando como resultado una erosión de 7,76 t/ha. Finalmente, la preparación del suelo durante la campaña 96/97 se realizó desde principios de Octubre, aunque concentraron 2 pasadas de cincel y 2 de RDA y que derivó en una tasa de erosión de 8,38 t/ha.

En forma similar a lo ocurrido en uno de los lotes de trigo, el maíz de la campaña 96/97, con un bajo rendimiento de 1,4 t/ha y en este escenario de precios, presentó un quebranto en el MB, que se duplicó con la incorporación del IA en los costos directos (20%). El costo total mostró una magnitud similar al resto de los lotes (Cuadro 26).

Cuadro 26: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB. Cultivo de MAIZ (SC)

	Rot. 3		Rot. 4		Rot. 12		Rot. 8		Rot. 11 b		Rot. 10		Rot. 2	
	Ma SC 96-97	% Dist.	Ma SC 98-99	% Dist.	Ma SC 00-01	% Dist.	Ma SC 01-02	% Dist.	Ma SC 01-02	% Dist.	Ma SC 02-03	% Dist.	Ma SC 03-04	% Dist.
Rend. (t/ha)	1,40		2,05		5,50		3,08		7,00		2,63		4,32	
CD labores y protección	\$ 127,9	22%	\$ 55,7	13%	\$ 100,3	17%	\$ 112,0	19%	\$ 106,2	18%	\$ 106,2	20%	\$ 119,8	24%
CD de insumos	\$ 330,0	58%	\$ 287,0	65%	\$ 382,1	65%	\$ 397,9	66%	\$ 414,2	69%	\$ 307,3	58%	\$ 312,4	62%
Costo de reemp.N y P	\$ 114,4	20%	\$ 98,3	22%	\$ 105,9	18%	\$ 90,5	15%	\$ 79,8	13%	\$ 116,5	22%	\$ 74,3	15%
Costo total	\$ 572,3		\$ 441,1		\$ 588,4		\$ 600,4		\$ 600,2		\$ 530,1		\$ 506,4	
Margen Bruto (MB)	-\$ 67,6		\$ 229,5		\$ 1054,9		\$ 351,8		\$ 1.436,3		\$ 322,3		\$ 776,0	
MB neto de IA	-\$ 180,9	172%	\$ 131,2	-43%	\$ 949,0	-10%	\$ 261,4	-26%	\$ 1.356,4	-6%	\$ 205,8	-36%	\$ 701,8	-10%
Efecto Cont. Bruta		118%		-56%		-26%		-37%		-18%		-50%		-23%

Las campañas 98/99; 01/02 (Rot.8) y 02/03 presentaron rindes entre 2 y 3 t/ha , cuya contribución bruta no alcanza a 1\$ por cada peso invertido. Incluido el IA en los costos, reduce dicha contribución entre un 40 al 60%. El efecto en los costos directos es del 22% para las rotaciones 4 y 10 y del 15% para la rotación 8.

Los cultivos de las campañas 00/01 (Rot 12) y 01/02 (Rot 11b) lograron rendimientos medios a altos, con 5,5 y 7,0 t/ha respectivamente. Siendo la erosión de este ultimo relativamente baja, su impacto en los CD fue de solo el 13%. De esta forma el MB se redujo en un 6% mientras que la contribución bruta lo hizo en un 18 %, superando los 2 \$. En el primer caso el efecto en los CD fue del 18%, afectado por una menor tasa de erosión aunque compensado por menores costos. La diferencia de 1.500 kg/ha entre ambos lotes, generó una reducción del 10% en el MB y del 2% en la contribución bruta.

Sitio Castex Sur-Santa Rosa

El establecimiento de donde provienen estos datos se ubica en el Departamento Capital, en un área de transición entre la estepa cultivable y el bosque de caldén. Son sistemas mixtos con predominancia de la ganadería en base a pasturas y verdeos. Suelos con alta proporción de materiales finos (limo), combinado con altas cargas ganaderas y escasez de forraje, producto de prolongadas sequías, reduce o elimina la cobertura vegetal de los suelos y aumenta la compactación de los mismos. Estas condiciones de manejo y tipo de suelo, predisponen al suelo a la erosión eólica y dificultan la implementación de prácticas como la SD.

El girasol de la campaña 06/07, es la primer experiencia para la empresa de un cultivo implantado en SD. La tasa de erosión de 5,85 t/ha significó una reducción de casi el 50% respecto a las **11,3 t/ha de la rotación (Rot 11) de 5,2 años** de duración, analizada en el EWEQ (**Cuadro 27**).

Cuadro 27: Tasa de erosión eólica y pérdida de N y P

Cultivo	Erosión del cultivo (t/ha ciclo)	Pérdida de N (kg/ha ciclo)	Pérdida de P (kg/ha ciclo)
Ma SC 02-03	10,19	16,31	5,00
Tri SC 04-05	9,91	15,85	4,87
Gi SC 03-04	9,82	15,71	4,82
Gi SD 06-07	5,85	5,31	1,63

En todos los cultivos conducidos en SC se realizaron dos trabajos con discos, previo a la siembra. La tasa de erosión promedio de la rotación es levemente superior e incluye el doble pastoreo de un verdeo de invierno de avena y del rastrojo de maíz de la campaña 02/03.

Comparando los costos de los dos cultivos de girasol disponibles, en el **Cuadro 28** se observa que en SD e influido por la menor tasa de erosión, la participación del IA como costo de reemplazo es del 14% mientras que en el cultivo en SC se eleva al 35%.

Cuadro 28: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB

	Ma SC 02-03	% Dist.	Tri SC 04-05	% Dist.	Gi SC 03-04	% Dist.	Gi SD 06-07	% Dist.
Rend. (t/ha)	2,93		2,34		1,10		1,57	
CD labores y protección	\$ 71,3	14%	\$ 57,6	18%	\$ 68,4	18%	\$ 54,6	17%
CD de insumos	\$ 287,0	58%	\$ 121,1	39%	\$ 183,4	48%	\$ 229,5	70%
Costo reemplazo N y P	\$ 139,1	28%	\$ 135,2	43%	\$ 134,0	35%	\$ 45,3	14%
Costo total	\$ 497,5		\$ 313,9		\$ 385,8		\$ 329,5	

Margen Bruto (MB)	\$ 459,2		\$ 792,5		\$ 918,1		\$ 1.566,4	
MB neto de IA	\$ 320,1	-30%	\$ 657,6	-17%	\$ 784,1	-15%	\$ 1.521,1	-3%
Efecto Cont. Bruta		-50%		-53%		-44%		-16%

Aunque en el girasol en SC, el rinde es un 30% menor, el efecto en la disminución el MB se quintuplica (-15% vs -3%).

El trigo 04/05, con una tasa de erosión de casi 10 t/ha, resultó la mayor participación del IA en los costos directos con el 43%. Sin embargo, Este índice es alto en maíz y girasol en valores absolutos y con tasas de erosión similares. Tanto en el trigo 04/05 como en el maíz 02/03, con rendimientos medios para la región, se destaca como la caída en el MB ejerce un efecto negativo en la contribución bruta superior al 50%.

El antecedente experimental de **Buschiazzi y col. (2000)**, fue realizado en girasol y en suelos similares y próximos a los de este último sitio. Las pérdidas de N + P medidas por estos autores, causaron reducciones en el MB de hasta un 27%, con rendimientos superiores a las 1,5 t/ha. Con un rendimiento de 1,6 t/ha, el girasol 01-02

del Sitio Castex Norte, produjo una disminución del 10% en el MB, mientras que el girasol 03-04 de Castex Sur-Santa Rosa, la pérdida fue del 15% pero con un rinde de 1,1 t/ha.

Considerado ambos sitios y a los cultivos en forma conjunta, cuando la erosión del ciclo se ubica entre 5 a 6 t/ha, en los cultivos de cosecha gruesa la influencia del IA en los CD se ubica alrededor del 15%. Cuando la tasa de erosión está cercana o supera el valor umbral de 8 t/ha, la participación del IA dentro de los costos de estos cultivos supera el 30%, alcanzando máximos del 42%. En el caso del trigo y debido a la propia estructura de costos, con tasas de erosión aún menor a las 5 t/ha, el efecto en los CD es mayor (17 -29%).

Sitio Castex Sur-Anguil

Los registros de este sitio provienen de explotaciones ubicadas 20 km al este del sitio Santa Rosa. El clima es similar aunque los suelos en general son de textura más arenosa y poseen limitantes en la profundidad del perfil. Las explotaciones son medianas a pequeñas, conducen sistemas mixtos con altas cargas bovinas y actividades agrícolas diversas. Se cargaron en EWEQ dos rotaciones:

- La rotación SA 1, con 6,4 años de duración y una tasa de erosión promedio de 12,3 t/ha año. Se inicia en el año 1997 con SC, se utiliza la SD en forma aislada en el girasol 99/00 y culmina con la introducción definitiva de la SD en el maíz de la campaña 02/03. Cabe aclarar que se cargo en el modelo el pastoreo de los cuatro rastrojos de maíz, un rastrojo de girasol y el doble aprovechamiento de un verdeo de avena.
- La rotación SA 2 resultó con una tasa de erosión de 9,7 t/ha año, en un período total de 4,2 años. Esta rotación se inicia en el año 2003 e incorpora la SD desde el trigo de la campaña 03/04.

Es importante señalar que el uso de un factor “C” standard, hubiera elevado la tasa de erosión de esta rotación a mas de 12 t/ha año. Aunque representa un aumento de solo un 20% en valores absolutos, significa el cambio de un grado moderado a severo de este proceso, en función de los criterios antes presentados.

En el **Cuadro 29** se evidencia el efecto de la incorporación de la SD en trigo, que permitió reducir la erosión desde niveles de severidad (> 12 t/ha), tanto en la rotación como en el cultivo de la SA 1, a 4,71 t/ha en el trigo 03/04 de la rotación SA 2.

Cuadro 29: Tasa de erosión eólica y pérdida de N y P en TRIGO

Rotación	Cultivo	Erosión del cultivo (t/ha ciclo)	Pérdida de N (kg/ha ciclo)	Pérdida de P (kg/ha ciclo)
SA 1	Tr SC 00-01	12,03	19,25	5,91
SA 2	Tr SD 03-04	4,71	7,53	2,31

Según se observa en el **Cuadro 30** las diferencias en el componente ambiental es el determinante en la influencia en los CD, siendo del 30% en SC y del 13% en SD. Aun cuando la SC logró un rendimiento de casi 4 t/ha la caída en el MB es similar en ambos lotes.

Cuadro 30: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB. Cultivo de TRIGO

Rotación	SA 1		SA 2	
Cultivo/campaña	Tr SC 00-01	% Dist.	Tr SD 03-04	% Dist.
Rendimiento (t/ha)	3,94		2,25	
CD labores y protección	\$ 67,3	12%	\$ 69,8	14%
CD de insumos	\$ 314,3	58%	\$ 355,8	73%
Costo reemplazo N y P	\$ 164,2	30%	\$ 64,2	13%
Costo total	\$ 545,8		\$ 489,8	
Margen Bruto (MB)	\$ 1.253,7		\$ 508,3	
MB neto de IA	\$ 1.089,5	-13%	\$ 444,1	-13%
Efecto Cont. Bruta		-39%		-24%

En girasol se cuenta también con 2 registros de sendas rotaciones, conducidos en SD, con un distancia de 6 años entre ambas campañas y donde ambos niveles de erosión son de grado leve (**Cuadro 31**).

Cuadro 31: Tasa de erosión eólica y pérdida de N y P en el GIRASOL

Rotación	Cultivo	Erosión del cultivo (t/ha ciclo)	Pérdida de N (kg/ha ciclo)	Pérdida de P (kg/ha ciclo)
SA 1	Gi SD 99-00	5,42	8,67	2,66
SA 2	Gi SD 06-07	4,11	6,57	2,02

La diferencia en la participación del costo de reemplazo, dentro de los CD, se debe al mayor uso de insumos en la campaña 06/07, principalmente en fertilizantes. El **Cuadro 32** muestra que los valores absolutos del MB neto y su reducción porcentual, fue similar en ambos cultivos. Sin embargo, el mayor rendimiento de este último lote, no logró mejorar la contribución bruta inicial de 3,1 \$/ha ,respecto a los 4,3 \$ logrados por peso invertido, en el girasol 99/00.

Cuadro 32: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB. Cultivo de GIRASOL

Rotación	SA 1		SA 2	
Cultivo/campaña	Gi SD 99-00	% Dist.	Gi SD 06-07	% Dist.
Rendimiento (t/ha)	2,31		2,45	
CD labores y protección	\$ 59,3	11%	\$ 66,3	10%
CD de insumos	\$ 398,0	75%	\$ 566,5	82%
Costo reemplazo N y P	\$ 73,9	14%	\$ 56,0	8%
Costo total	\$ 531,3		\$ 688,8	
Margen Bruto (MB)	\$ 2.000,6		\$ 1.969,7	
MB neto de IA	\$ 1.926,7	-4%	\$ 1.913,7	-3%
Efecto Cont. Bruta		-17%		-11%

El maíz realizado en SD (98/99) redujo la tasa de erosión en casi un 50% respecto a otro maíz antecesor, conducido en SC (**Cuadro 33**). El maíz de la campaña 02/03 representa un caso en que se reitera una SD con barbecho prolongado y una tasa de erosión severa, superior a las 14 t/ha. El primer barbecho químico se realiza en el mes de Junio sobre verdeo de avena. Sin evidencias de uso ganadero en el período subsiguiente, el modelo EWEQ redujo en forma abrupta la cobertura vegetal, situación que se reiteró en un segundo barbecho químico a principios de Octubre. En contraste, al maíz 04/05 se le realizó una única aplicación de glifosato a fines de Octubre, y la siembra fue a mediados de Noviembre.

Cuadro 33: Tasa de erosión eólica y pérdida de N y P en el cultivo de MAIZ

Rotación	Erosión Rotación. (t/ha año)	Duración Años	Cultivo	Erosión del cultivo (t/ha ciclo)	Pérdida de N (kg/ha ciclo)	Pérdida de P (kg/ha ciclo)
SA 1	12,30	6,40	Ma SC 97-98	7,04	11,27	3,46
			Ma SD 98-99	3,94	6,30	1,93
			Ma SD 02-03	14,62	23,39	7,18
SA 2	9,70	4,20	Ma SD 04-05	4,55	7,27	2,23

En el **Cuadro 34** se puede apreciar que, a pesar de las ventajosas condiciones respecto a la erosión del maíz 98/99 (3,94 t/ha), el alto costo incurrido en insumos (86%), sumado a un bajo rendimiento, genera un exiguo MB neto de IA (34 \$/ha), al considerar el costos de reemplazo de N y P. Esta situación se revierte en el maíz 04/05, que posee una estructura de costos similar pero con un rendimiento cercano a las 4 t/ha.

Cuadro 34: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB. Cultivo de MAIZ

Rotación	SA 1						SA 2	
	Ma SC 97-98	% Dist.	Ma SD 98-99	% Dist.	Ma SD 02-03	% Dist.	Ma SD 04-05	% Dist.
Rendimiento (t/ha)	4,42		2,63		4,10		3,88	
CD labores y protección	\$ 108,7	18%	\$ 44,2	6%	\$ 61,8	6%	\$ 44,0	5%
CD de insumos	\$ 387,0	65%	\$ 603,9	86%	\$ 799,3	75%	\$ 719,1	87%
Costo reemplazo N y P	\$ 96,1	16%	\$ 53,7	8%	\$ 199,5	19%	\$ 62,0	8%
Costo total	\$ 591,8		\$ 701,8		\$ 1.060,4		\$ 825,2	
Margen Bruto (MB)	\$ 739,2		\$ 87,8		\$ 283,8		\$ 320,0	
MB neto de IA	\$ 643,1	-13%	\$ 34,0	-61%	\$ 84,2	-70%	\$ 257,9	-19%
Efecto Cont. Bruta		-27%		-64%		-76%		-25%

Además de la doble tratamiento en el barbecho químico ya mencionados para el maíz 02/03, el cultivo incluye dos pulverizaciones en post-emergencia, además de la fertilización de FDA a la siembra y de urea en macollaje. El elevado costo en insumos relativiza el costo del IA (200 \$/ha), equivalente al 19% del costo total. El rendimiento moderado de 4,1 t/ha, se neutraliza el resultado, al reducirse el MB en un 76%.

En este sitio se relevó un solo cultivo de soja, realizado en SD y en la campaña 06/07. La tasa de erosión fue la más baja de este sitio con 2,77 t/ha, por lo que la inclusión del IA originó un efecto en los costos totales del 5,36%. También influye en

este índice, un alto nivel en el uso de insumos que genera un costo total de 704 \$/ha. El alto precio de la soja hizo que un rendimiento bajo de 1,5 t/ha generara un MB neto de IA de 534,3 \$/ha, aunque la contribución bruta final fue solo de 0,76 \$/\$ invertido.

Sitio Guatrache

Para correr el modelo EWEQ en este sitio, se utilizó un valor “C” medio de 16,7, correspondiente a la base climatológica de la EEA INTA Bordenave. El modelo calculó una fracción erosionable (FE) del 64%, a partir de los valores de las siguientes variables:

- Arcilla: 8%;
- Arena: 53 % y
- M.O. total: 1,77 %

La FE se corresponde con un Índice de erodabilidad (I) de 193, que se ajusta a este tipo de suelo de textura franco-arenosa.

Los registros de este sitio mostraban dos etapas contrastantes respecto al sistema de labranzas y tecnología utilizadas. Por esta razón se decidió cargar en el modelo EWEQ, una primera rotación (**GC**) de 4 años (2000-2004), que utilizó el sistema de SC. La misma incluye: dos cultivos de trigo para cosecha, una avena para cosecha y una avena con destino a forraje. En una segunda etapa (**GD**), la empresa decide incorporar la siembra directa (SD), en monocultivo de trigo. En este caso se registraron 3 cultivos con similares planteos tecnológicos. El siguiente esquema resume el período descrito:

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Av(forr)/Tr	Av(cos)/	Av(forr)	Tr	Tr/Tr	Tr/Tr	Tr/Tr	Tr/--

Los resultados del modelo EWEQ y el contraste entre ambas rotaciones se observa en la **Figura 11**. La erosión estimada para la rotación GC fue de **10,0 t/ha año**, influenciada por el pastoreo intensivo de verdes de invierno y un cultivo de avena con destino a cosecha. En la rotación GD, el monocultivo de trigo en SD redujo la tasa de erosión a **5,62 t/ha año**.

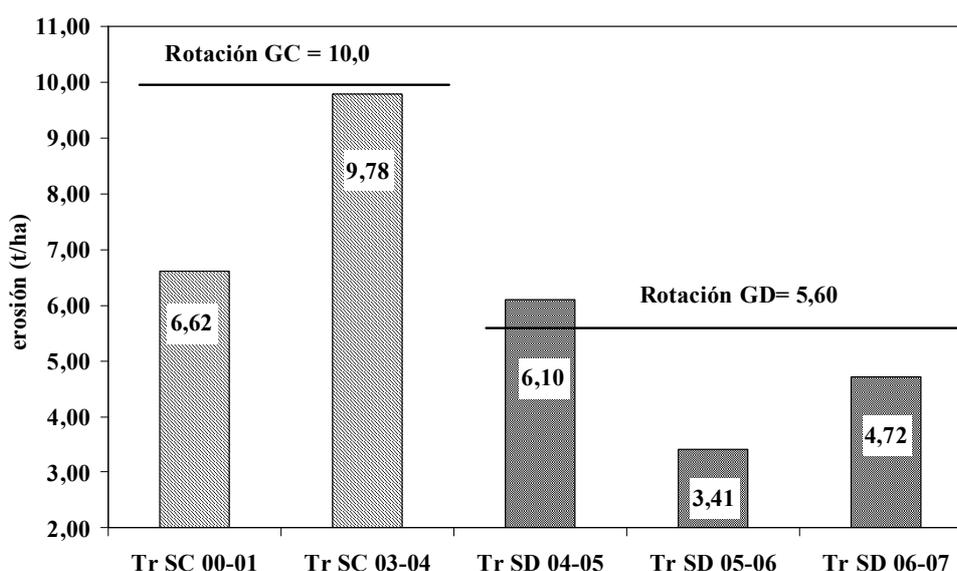


Figura 11: Tasas de erosión del Sitio Guatrache

El **Cuadro 35** resume los resultados productivos y económicos de los cinco cultivos de trigo registrados para este sitio.

Para los cultivos en el sistema convencional de las campañas 00-01 y 03-04, el costo de reemplazo de N y P resultó del 27% y 36% del costo total, respectivamente, siendo similares los costos de labores e insumos.

Cuadro 35: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB. Sitio Guatraché.

	Tr SC 00-01	% Dist.	Tr SC 03-04	% Dist.	Tr SD 04-05	% Dist.	Tr SD 05-06	% Dist.	Tr SD 06-07	% Dist.
Rendimiento (t/ha)	2,93		1,76		2,73		2,34		0,98	
CD labores y protección	\$ 109,9	33%	\$ 109,9	29%	\$ 70,8	14%	\$ 78,8	14%	\$ 62,8	12%
CD de insumos	\$ 132,7	40%	\$ 132,7	35%	\$ 360,1	70%	\$ 428,1	77%	\$ 380,9	75%
Costo reemplazo	\$ 90,3	27%	\$ 133,5	36%	\$ 83,2	16%	\$ 46,5	8%	\$ 64,4	13%
Costo total	\$ 332,8		\$ 376,0		\$ 514,2		\$ 553,4		\$ 508,0	
Margen Bruto (MB)	\$ 987,5		\$ 462,2		\$ 711,6		\$ 460,6		-\$ 89,1	
MB neto de IA	\$ 897,2	-9%	\$ 328,7	-29%	\$ 628,4	-12%	\$ 414,1	-10%	-\$ 153,4	-72%
Efecto Cont. Bruta		-34%		-54%		-26%		-18%		-50%

Con casi 3 t/ha de rendimiento, el primero de los lotes redujo su MB en solo un 9 % y alcanza finalmente una contribución bruta de 2,7 \$/\$ invertido. Por el contrario, con menor rinde y una tasa de erosión por encima del umbral (9,78 t/ha), hace que la disminución en la ganancia en el trigo 03/04 sea de un tercio y una contribución final casi nula (0,87 \$).

Si bien la SD determinó un incremento en la participación de los costos de insumos (>70%) y del costos directo total, la menor tasa de erosión hizo que la influencia del IA se ubique entre el 8 al 16%. Los rendimientos por encima de las 2 t/ha, para los lotes 04/05 y 05/06, se pueden considerar elevados en función del potencial productivo de esta zona. Sin embargo, con elevado nivel de costos la contribución bruta resulta de 1,2 y 0,7 \$ respectivamente, una vez incluido el costo del IA.

Como lo ocurrido en otros cultivos de trigo, el rendimiento inferior a 1 t/ha del trigo 06/07 produjo un quebranto de 89 \$/ha, resultado que se redujo un 72% al considerar el costo del IA.

Sitio Pico Norte

La rotación relevada en este sitio corresponde a una empresa que desarrolla la SD desde hace varios años y el sistema productivo esta orientado hacia la agricultura de alta tecnología. No se cuenta con el listado de maquinaria que permitiera calcular los costos de maquinaria propia, por lo que fueron estimados con tarifas de labores contratadas (**Márgenes Agropecuarios, 2008**). Si bien esta situación sobreestima los costos en relación a otras rotaciones presentadas, en este tipo de empresas predominan

las aplicaciones de agroquímicos con pulverizadora autopropulsada, contratadas a terceros.

En los **4,2 años** de rotación cargados en el modelo EWEQ, la tasa de erosión resultó de **11,0 t/ha año**. Además del potencial erosivo de estos suelos, con predominio de texturas arenosas, esta tasa esta influenciada por el uso de labranza convencional y de pastoreo intenso, al inicio de la rotación.

Las variables edáficas y agroclimáticas de este sitio, profundizan la sensibilidad del modelo EWEQ respecto a barbechos prolongados y la consecuente dificultad para definir las condiciones de cobertura del suelo. Conociendo los planteos actuales de la empresa sobre el manejo de la SD y el uso de cultivos de cobertura, se intentó adecuar los residuos de rastrojos, forrajeras y malezas, durante todo el período. Aún así, el modelo arroja valores parciales de erosión elevados y superiores al promedio de la rotación.

El **Cuadro 36** incluye la tasa de erosión eólica de cada cultivo. La fila correspondiente a rendimientos que se encuentra sombreada, indica que los valores son estimaciones del modelo EWEQ, por lo que no se analizarán los resultados económicos finales.

Cuadro 36: Efectos del indicador ambiental en los CD y MB

Cultivo	Ma SD 06-07	% Dist.	Sj SD 05-06	% Dist.	Gi SD 04-05	% Dist.	Gi SD 07-08	% Dist.
Tasa de erosión (t/ha)	14,39		10,18		6,86		13,04	
Rendimiento (t/ha)	6,10		2,96		1,68		2,24	
CD labores y protección	\$ 122,6	13%	\$ 209,6	21%	\$ 129,6	22%	\$ 208,2	26%
CD de insumos	\$ 631,7	66%	\$ 635,4	65%	\$ 363,8	62%	\$ 417,0	52%
Costo reemplazo N y P	\$ 196,4	21%	\$ 138,9	14%	\$ 93,6	16%	\$ 177,9	22%
Costo total	\$ 950,7		\$ 983,9		\$ 586,9		\$ 803,2	
Margen Bruto (MB)	\$ 950,1		\$ 1.596,0		\$ 1.314,8		\$ 1.756,3	
MB neto de IA	\$ 754,4	-21%	\$ 1.457,1	-9%	\$ 1.221,2	-7%	\$ 1.578,3	-10%
Efecto Cont. Bruta		-37%		-22%		-22%		-30%

En el caso del maíz 06/07, el girasol 07/08 y la soja 05/06 se realizan barbechos químicos prolongados que se inician en el mes de Abril, luego de la cosecha del cultivo de cosecha gruesa anterior.

Con costos totales elevados y fuerte influencia de los insumos, el costo de reemplazo del material erosionado es superior al 20% en el caso de maíz 06/07 y el girasol 07/08, cuyas tasas de erosión son de grado *severo*. En el caso de la soja 05/06, con una tasa de erosión *moderada* de 10 t/ha, la participación de este índice se reduce al 14%. Estos tres cultivos de verano han tenido barbechos químicos iniciados en el mes de Abril y con doble tratamiento. Las siembras para las tres especies se realizaron en la segunda quincena de Octubre.

Se destaca el girasol 04/05 que mostró una tasa de erosión de grado *ligera* y por debajo del valor umbral (6,86 t/ha). También se le realizaron dos aplicaciones de

barbecho químico, pero iniciado a fines de Agosto. El menor gasto en todos los rubros, comparado con el resto de los lotes, hace que el IA influya un 16% del total de los CD.

Sitio Pico Sur-Catriló

Al igual que el sitio anterior, las características edáficas de la Subzona “Pico” define suelos profundos, de textura arenosa y paisajes ondulados, susceptibles a la erosión eólica. Se contó con información de dos rotaciones con más de diez años de duración, lo que motivó subdividir las de acuerdo a etapas detectadas en el manejo tecnológico de los cultivos y ajustándolas a la capacidad de la planilla de carga del modelo EWEQ (**Cuadro 37**).

Cuadro 37: Tasa de erosión eólica de las rotaciones

Rotación	Erosión Rotación (t/ha año)	Duración (años)	Período
R 2.1	11,7	3,2	94-97
R 2.2	13,3	5,3	02-07
R 3.1.	15,4	4,2	96-00
R 3.2	9,7	2,2	05-07

Otra variable utilizada para dividir las rotaciones fueron los períodos con pasturas perennes base alfalfa (1998-2002 y 2001-2005), que no fueron cargadas en su totalidad. Para este sitio se contó con datos detallados de categorías, carga animal, duración y frecuencia de pastoreos sobre verdeos, pasturas y rastrojos. La SD y el uso reiterado de discos se redujeron en los últimos años. Sin embargo, no lograron reducirse las tasas de erosión promedio, a niveles moderados. Como se observa en el cuadro anterior, la R2.2 y R3.1 mostraron grados severos de la misma.

Dada la diferencia entre la cantidad de lotes disponibles de girasol y el resto de los cultivos y para simplificar el análisis, se agrupó en un mismo cuadro la información productiva; tasa de erosión y los resultados económicos.

En el caso de trigo, el paquete tecnológico de ambos casos se basó en barbechos cortos, con dos pasadas de discos y que dieron origen a tasas de erosión cercanas al umbral establecido (**Cuadro 38**).

Cuadro 38: Tasa de erosión, resultados productivos y económicos de TRIGO

Rotación	ET3.1		ET2.1	
Cultivo	Tr SC 98-99	% Dist.	Tr SC 95-96	% Dist.
Tasa de erosión (t/ha)	8,42		7,50	
Rendimiento (t/ha)	3,32		2,73	
CD labores y protección	\$ 95,5	21%	\$ 88,8	26%
CD de insumos	\$ 247,0	54%	\$ 150,1	44%
Costo reemplazo N y P	\$ 114,8	25%	\$ 102,4	30%
Costo total	\$ 457,3		\$ 341,3	

Margen Bruto (MB)	\$ 1033,4		\$ 894,2	
MB neto de IA	\$ 918,6	-11%	\$ 791,8	-11%
Efecto Cont. Bruta		-33%		-38%

Los mayores costos reducen la participación del IA al 25% en el trigo 98/99 aunque en valores absolutos resulte mayor al trigo 95/96. El mayor rinde del primero también hace que se iguales los efectos en la reducción del MB inicial (11%).

El **Cuadro 39** muestra una primera etapa en el cultivo de Girasol, donde predominó la SC, mientras que a continuación se presentan 4 cultivos en el período donde la SD fue incorporada en ambas rotaciones.

Cuadro 39: Tasa de erosión, resultados productivos y económicos de GIRASOL

Rotación	ET2.1		ET3.1					
	Gi SC 97-98	% Dist.	Gi SC 96-97	% Dist.	Gi SC 97-98	% Dist.	Gi SD 99-00	% Dist.
Tasa de erosión (t/ha)	7,93		11,02		15,98		6,14	
Rendimiento (t/ha)	2,02		1,46		1,68		1,79	
CD labores y proteccion	\$ 68,1	20%	\$ 111,3	25%	\$ 71,8	17%	\$ 59,3	11%
CD de insumos	\$ 165,4	48%	\$ 188,6	42%	\$ 132,6	31%	\$ 421,6	75%
Costo reemplazo N y P	\$ 108,2	32%	\$ 150,4	33%	\$ 218,0	52%	\$ 83,8	15%
Costo total	\$ 341,7		\$ 450,3		\$ 422,4		\$ 564,7	
Margen Bruto (MB)	\$ 1.936,3		\$ 1.267,2		\$ 1.603,7		\$ 1.447,8	
MB neto de IA	\$ 1.828,1	-6%	\$ 1.116,8	-12%	\$ 1.385,7	-14%	\$ 1.364,0	-6%
Efecto Cont. Bruta		-35%		-41%		-58%		-20%

En los cultivos de las campañas 96/07 y 97/08 era usual el uso de rastrón, RDA y cincel como primera labor profunda. Era generalizada la incorporación de herbicidas presiembra (tipo Trifluralina) y finalmente el escardillo en el estado vegetativo. El girasol 97/98 contó con un barbecho largo desde el mes de Mayo y al igual que lo ocurrido en el Sitio Pico Norte, la erosión superó las 15 t/ha. En este caso, la influencia del costo de reemplazo por efecto de la erosión eólica alcanzó el 52%.

La primera experiencia en SD de la campaña 99/00, también logro reducir la tasa de erosión a la mitad y a niveles moderados. Con un rendimiento similar a los otros cultivos, el MB se redujo solo un 6%.

Cuadro 39: (continuación)

Rotación	ET3.2				ET2.2			
	Gi SD 05-06	% Dist.	Gi SD 06-07	% Dist.	Gi SD 05-06	% Dist.	Gi SC 02-03	% Dist.
Tasa de erosión (t/ha)	6,45		4,23		5,90		4,76	
Rendimiento (t/ha)	2,02		1,40		2,20		2,24	
CD labores y protección	\$ 66,0	12%	\$ 79,6	13%	\$ 99,7	15%	\$ 54,2	14%

CD de insumos	\$ 401,6	72%	\$ 494,0	78%	\$ 522,1	76%	\$ 243,9	64%
Costo reemplazo N y P	\$ 88,1	16%	\$ 57,8	9%	\$ 65,0	9%	\$ 80,5	21%
Costo total	\$ 555,6		\$ 631,3		\$ 686,8		\$ 378,6	
Margen Bruto (MB)	\$ 1.702,3		\$ 931,9		\$ 1.715,1		\$ 2.083,4	
MB neto de IA	\$ 1.614,2	-5%	\$ 874,1	-6%	\$ 1.650,1	-4%	\$ 2.003,0	-4%
Efecto Cont. Bruta		-20%		-15%		-13%		-24%

Cabe aclarar que el girasol 02/03 tuvo un barbecho químico a base de glisofato + twin pack y paralelamente se le realizó una pasada de RDA en forma sectorizada, lo que derivó en su calificación como SC. Todos los lotes resultaron con tasas de erosión de grado ligera.

Con un costos total por encima de los 600 \$/ha una participación de insumos superior al 75%, los girasoles 05/06 (ET 2.2) y 06/07 (ET 3.2) poseen un costo de reemplazo del 9% de los CD. Aunque en valores absolutos similares, el costo de reemplazo se eleva al 16% y 21 % para el girasol 05/06 y 02/03 respectivamente, productos de costos totales menores.

Ambos sitios pertenecen a la Planicie Medanosa, con amplia experiencia en el cultivo de girasol. Los registros de este cultivo en SC, de fines de los '90, muestran una tasa de erosión promedio superior a las 11 t/ha, donde predominaba el "rastrón" y los discos de doble acción en las tareas de labranzas. Eventualmente, la primera labor profunda se realizaba con cincel. Además, se debe adicionar la incorporación del herbicida presiembra, con una pasada extra de rastra superficial. El lote 97/98 (ET3.1) presenta una tasa extrema de 15,98 t/ha, producto del girasol en monocultivo, lo que implica un barbecho prolongado y con mantenimiento realizado con discos. En esta condiciones el efecto del IA en los CD supera el 30%, excepto en el último caso mencionado que alcanza al 52%. En contraposición, en los registros de lotes en SD de las ultimas campañas, la tasa promedio de erosión se reduce a 5,3 t/ha, con una participación del costo de reemplazo entre el 9 al 16%. Cabe aclarar que en este sistema de siembra los costos aumentaron en promedio un 55%, especialmente influenciado por los insumos.

En el **Cuadro 40** se observa la reducción de la tasa de erosión en el lote de soja conducido en SD, respecto al de SC (6,0 vs 10,5 t/ha), aunque en este último el rendimiento fue la mitad del primero.

Cuadro 40: Tasa de erosión, resultados productivos y económicos de SOJA

Rotación	ET2.2			
Cultivo	Sj SC 04-05	% Dist.	Sj SD 06-07	% Dist.
Tasa de erosión (t/ha)	10,49		6,07	
Rendimiento (t/ha)	1,95		1,00	
CD labores y proteccion	\$ 72,4	14%	\$ 50,3	13%
CD de insumos	\$ 291,4	57%	\$ 259,4	66%
Costo reemplazo N y P	\$ 143,1	28%	\$ 82,8	21%

Costo total	\$ 506,9		\$ 392,5	
Margen Bruto (MB)	\$ 1.309,5		\$ 548,4	
MB neto de IA	\$ 1.166,4	-11%	\$ 465,6	-15%
Efecto Cont. Bruta		-36%		-33%

A pesar del bajo rendimiento, los menores costos de la SD hacen que el efecto en el MB sea del 15% respecto al 11% en la soja en SC y similar caída en la contribución bruta. Sin embargo, con casi 2 t/ha de rendimiento, este índice queda reducido a 2,3 \$/\$ invertido, que en SD resulta de 1,1 \$, con la mitad del rendimiento.

Aunque existe una diferencia de 10 años entre los cultivos de maíz que se presentan en el **Cuadro 41**, la principal diferencia tecnológica consistió en el uso de mayor cantidad de herbicidas pre-emergentes en el cultivo más reciente. Sumado a una menor tasa de erosión hizo que la participación del IA se ubique en el 16%. Los rendimientos obtenidos se consideran medios para el maíz con destino a cosecha en esta zona. Sin embargo, los actuales precios de cereal y los efectos erosivos incluidos, reducen el índice de contribución bruta a valores límites de 1,45 y 1,62 para el maíz 03/04 y 94/95 respectivamente.

Cuadro 41: Tasa de erosión, resultados productivos y económicos de MAIZ

Rotación	ET 2.2		ET 2.1	
Cultivo	Ma SC 03-04	% Dist.	Ma SC 94-95	% Dist.
Tasa de erosión (t/ha)	6,99		7,68	
Rendimiento (t/ha)	5,19		5,00	
CD labores y protección	\$ 86,8	15%	\$ 84,5	16%
CD de insumos	\$ 410,8	69%	\$ 343,8	64%
Costo reemplazo N y P	\$ 95,4	16%	\$ 104,8	20%
Costo total	\$ 593,0		\$ 533,1	
Margen Bruto (MB)	\$ 952,3		\$ 969,3	
MB neto Ind.Ambiental	\$ 856,9	-10%	\$ 864,5	-11%
Efecto Cont. Bruta		-24%		-28%

V.2. Actividades productivas de la Matriz de PL y balance de nutrientes

TRIGO 1: en SD, fertilizado con Rendimiento Objetivo (TrSDRO) : corresponde a la alternativa con mayor desarrollo tecnológico. El uso de la SD permite acumular mayor cantidad de agua a la siembra, además de reducir los efectos de la erosión eólica. Con esta práctica, se reestablece la fertilidad química y física de los suelos, que sumado a una adecuada estrategia de fertilización y protección, es posible obtener rendimientos estables y elevados en el largo plazo.

Se eligió un RO de **3,5 t/ha** como valor factible de lograrse regionalmente. El dato fue cargado en el **Cuadro 42**, que muestra el esquema de balance de masas de N (**Alvarez, 2005a**). La tasa de mineralización y descomposición de residuos son fuentes que aportan N, sumados al N mineral en el suelo disponible a la siembra. Aplicando una tasa de extracción de N en el grano a cosechar y estimando el N-residual al final del

ciclo, es posible despejar el componente N-fertilizante del modelo. El valor de N-residual fue estimado como el 30% del N disponible a la siembra.

Cuadro 42: Modelo de Balance de masas para trigo (Alvarez, 2005a)

1	Fuente de N	kg N/ha	Requerim. (kg/t grano)	Rend. (kg/ha)	Req. Total (kg N/ha)		
	N cultivo:	105,00	30	3500	105		
2	N residual (*)	12,55	% del N a la siembra	(kN/ha)			
			30%	12,55			
3	N siembra (0-60):	41,82	Profundidad (m)	Densidad (t/m3)	NO3 (0-20) (ppm)	N-NO3 (0-20) (ppm)	N-NO3 (0-60) (kg/ha)
			0,20	1,13	35	8	42
4	N Fertilizacion:	21,01	Equiv. UREA:	46	kg/ha		
5	N Descomp.(**):	10					
6	N Mineralización:	44,71	Profund.	Kg N/ha	% Miner.	kg N miner./ha	
			0-25	2700	0,87%	23,49	
			25-50	2200	0,51%	11,22	
			50-100	2500	0,40%	10,00	
			Total			44,71	

(*) El valor del 30% de N residual se eligió a partir del rango de 25 al 30% propuesto por Alvarez (2005a).

(**) En experimentos alcanzo los 14 kg/ha.

$$\text{N Fertilización (4)} = (1+2) - 3 - 5 - 6 = \mathbf{21,01 \text{ kg/ha}}$$

El planteo técnico final del Trigo 1 se muestra en el **Cuadro 43**. Esta alternativa de alta producción mostró fuertes déficit de P y N que se juzgó a priori, afectarían al cultivo en general en la solución de la matriz de PL. Aprovechando la estrategia de fertilización, además de reponer el P extraído en grano (mantenimiento o suficiencia), se decidió elevar la dosis en 4 kg/ha, equivalente a una dosis de reposición rápida, aconsejada para suelos con disponibilidades bajas de P (**Echeverría y García, 1998**). Por el lado del N, en este primer caso se elevó la cantidad a 45kg/ha, de tal forma que además de mejorar el balance represente una dosis del fertilizante formulado, operativamente factible de aplicar en una única dosis o en forma fraccionada. Esta situación también se contemplo para el Trigo 2 (TrSCMR).

Cuadro 43: Planteo técnico del Trigo 1 (Tr SD DRO)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho LARGO			Sobre GIRASOL ?
		MARZO	1°: 3 l glif + 0,3 2,4 D + 1 S.A.
		MAYO	2°: 2 l glif + 0,25 2,4 D + 1 SA
Humedad total a la siembra:	270 mm		
Sistema de siembra: DIRECTA		20/06	90 kg semilla + 0,3 kg curasemilla

N-NO3 siembra 0-60 cm:	42 kg /ha		35 ppm, NO3 a 0-20
Fertilización:	N: 66,01 kg/ha		45 kg extras para balancear el N a la siembra o fraccionado.
	Urea: 143,51 kg/ha		
	FDA = 81,50 kg /ha		(Echeverría y Garcia 1998) rinde objetivo
	P= 16,27 kg/ha		3,49 kg P/t = 12,27 kg P/ha
	N del FDA = 14,67 kg/ha		Elevar nivel P = 4,00 kg P/ha
	Total N S + F = 122,51		
Pulverizaciones:		Ago	3° 0,10 l MISIL I
Rendimiento:	3,52 t/ha	15/12	
Ocupacion:		MAR-15/DIC	

La factibilidad de alcanzar el rendimiento objetivo elegido, se comparó con el resultado del siguiente modelo predictivo propuesto por **Bono y Alvarez (2007a)**:

$$\text{Rend. (kg/ha)} = -2400 + 10,4 \text{ HS} - 0,0114 \text{ HS}^2 + 36000 \text{ NO} - 139000 \text{ NO}^2 + 9,03 \text{ NSF} - 0,0204 \text{ NSF}^2 + 534 \text{ P} + 290 \text{ T} - 686 \text{ SL}$$

Donde:

HS =	270 mm
NO =	0,14 %
NSF =	122,51 kg/ha
P =	1 0 < 60 cm ; 1 > 60 cm
T =	1 0 > 70%arena; 1 < 70% arena
SL =	0 0 = SD ; 1 = SC

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = 3517$$

TRIGO 2: en SC; fertilizado con N de Máxima Respuesta (Tr SC DMR): se utilizaron las *curvas de respuesta* propuestas por **Bono y Alvarez (2007 a)**. Las mismas fueron elaboradas para distintos niveles de N orgánico (NO) y humedad acumulada a la siembra (HS). Las máximas repuestas de rendimientos se logran con aproximadamente **200 kg/ha** de N inicial en el suelo (N suelo + N fertilizante).

El planteo técnico del **Cuadro 44** incluye un barbecho largo, similar a la primera alternativa, pero asumiendo que en siembra convencional (SC) se logra una menor *humedad total* (250 mm). Mayor disponibilidad de N-NO3 a la siembra (70 kg) y se fertiliza hasta que el N alcance valores entre 140-150 kg/ha (**Álvarez, 2005a**).

Cuadro 44: Planteo técnico del Trigo 2 (Tr SC DMR)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho LARGO	2 Discos		1° labor profunda: discos s/rastrojo de girasol/soja. 2° labor: repaso con discos.
Humedad total a la siembra: MEDIA	250 mm		
Sistema de siembra:		20/06	RDA + sembradora

CONVENCIONAL			90 kg semilla + 0,3 kg curasemilla
N-NO3 a la siembra 0-60 :	50 kg/ha		45 ppm de NO3 a 0-20. Mayor que en SD.
Fertilización:	N = 100,00 kg/ha		Máxima respuesta kg N/ha: 150
	UREA = 217,39 kg/ha		
	FDA = 69,44 kg/ha		
	P = 13,86 kg/ha		3,49 kg P/t = 9,86 kg P/ha
	N de FDA = 12,50 kg/ha		Elevar nivel P = 4,00 kg P/ha
	Total N siembta+ fertil. = 162,50		
Pulverizaciones:		Agosto	0,10 l MISIL I
Rendimiento:	2,83 t/ha		
Ocupacion:		MAR-15/12	

En este caso, no se tiene en cuenta el factor económico a la hora fertilizar, tratado de alcanzar los 150 kg de N/ha, como límite máximo de respuesta a este nutriente. La fertilización con P sigue las mismas pautas que la alternativa anterior. El modelo predictivo permitió inferir un rendimiento de 2,83 t/ha, según se muestra en el siguiente esquema:

HS =	250 mm
NO =	0,15 %
NSF =	162,50 kg/ha
P =	1 0 < 60 cm ; 1 > 60 cm
T =	1 0 > 70% arena; 1 < 70% arena
SL =	1 0 = SD ; 1 = SC

Rendimiento (kg/ha) =	2827
-----------------------	------

TRIGO 3: en SC con fertilización en Dosis Económicamente Optima (DEO) (TrSCDEO): el nivel de fertilización de N para una propuesta de DEO, implica que la RC debe ser menor o igual a la EAGR. La relación de precios utilizada en este trabajo ubica a la RC en un valor superior a 10. En estas condiciones y para esta región, no sería aconsejable realizar una fertilización económica con N. Aún así, y solo a modo de prueba se consideró una RC histórica entre 6 y 7.

El **Cuadro 45** muestra el planteo técnico resultante, cuyos parámetros alimentan el modelo predictivo y definen el rendimiento. La longitud del barbecho y la humedad total a la siembra (HS) son iguales a la alternativa anterior.

Cuadro 45: Planteo técnico del Trigo 3 (Tr SC DEO)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho LARGO	2 discos		1° labor profunda: discos s/rastrojo de girasol/soja.
Humedad a la siembra: MEDIA	250 mm		2° labor: repaso con discos.
Ocupación:		ABR-15/DIC	

Sistema de siembra: CONVENCIONAL		10-15 JUN	90 kg semilla + 0,3 kg curasemilla
N-NO3 a la siembra 0-60:	50 kg/ha		45 ppm de NO3 a 0-20. Mayor que en SD.
Fertilización:	EAGR = 6-7		Por tabla corresponde (kgN/ha): 20
	Kg N/Ha = 20,00 kg/ha		
	Kg Urea/ha = 43,48 kg/ha		
	Kg FDA = 64,46 kg/ha		
	P = 12,87 kg/ha		3,49 kg P/t = 8,87 kg /ha
	Ndel FDA = 11,60 kg/ha		Elevar nivel P = 4,00 kg /ha
	Total N S+F = 81,60		
Pulverizaciones:		Agosto	0,10 l MISIL I
Rendimiento:	2,54 t/ha		

Con una disponibilidad inicial de N en el suelo de 60 kg/ha, la función desarrollada por **Bono y Alvarez (2007a)** indica que es posible fertilizar económicamente con 20 kg N /ha.

HS =	250 mm
NO =	0,14 %
NSF =	81,60 kg/ha
P =	1 0 < 60 cm ; 1 > 60 cm
T =	1 0 > 70%arena; 1 < 70% arena
SL =	1 0 = SD ; 1 = SC

Rendimiento (kg/ha) = **2542**

TRIGO 4: en SC y sin fertilización y barbecho corto (TrSCBcorto): esta alternativa se ajusta a prácticas de uso común en la región, donde el uso forrajero de rastrojos y/o pasturas degradadas reduce sensiblemente el período del barbecho (*barbecho corto*). Se realiza una única labor profunda con rastra doble acción, unos 30 días antes de la siembra. El trabajo de siembra se lleva adelante en “tandem” de rastra de discos + sembradora. (**Cuadro 46**).

Cuadro 46: Planteo técnico del Trigo 4 (Tr SC Bcorto)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho CORTO	30 días		1 disco profundo sobre rastrojos pastoreados
Humedad total a la siembra:	120 mm		
Ocupacion:		JUN-15/DIC	
Sistema de siembra: CONV.		15-jun	RDA + sembradora
N-NO3 a la siembra 0-60:	50 kg /ha		
Fertilización:			Por tabla corresponde a 14 kgN/ha
	Kg N/Ha = 0,00 kg/ha		
	Kg Urea/ha = 0,00 kg/ha		

	Kg FDA = 0,00 kg/ha		
	P = 0,00 kg/ha		3,49 kgP/t = 0,00 kg P/ha
	Ndel FDA = 0,00 kg/ha		
	Total N S+F = 50,00		
Pulverizaciones:		Agosto	Pulverización de: 0,3 l 2,4 D + 0,15 l Banvel
Fertilización	----		
Rendimiento:	1,50 t/ha		

La variable más severamente afectada es la reserva de agua en el suelo, producto del barbecho corto y las labranzas. Debido a la menor expectativa productiva y económica de esta alternativa no se incluye la fertilización, aunque se ha tenido en cuenta el control de malezas mediante productos tradicionales del tipo hormonales. El modelo predictivo indica un rendimiento de 1,5 t/ha.

HS =	120 mm
NO =	0,11 %
NSF =	50,00 kg/ha
P =	1 0 < 60 cm ; 1 > 60 cm
T =	1 0 > 70%arena; 1 < 70% arena
SL =	1 0 = SD ; 1 = SC

Rendimiento (kg/ha) = 1500

Girasol 1: en SC y Rendimiento Base (GiSCRBase): esta primera alternativa pretende establecer un planteo base, de mínimo rendimiento y con barbecho corto. En los sistemas productivos de esta zona, un barbecho corto de 30 a 40 días, esta vinculado al uso tardío de verdes invernales, pasturas degradadas o que terminan la rotación. Con este barbecho y los posibles antecesores se estableció una humedad disponible a la siembra de 45 mm (50% del AU). El girasol tiene un uso consuntivo promedio de 400 mm, por lo que asumiendo una eficiencia media en la captación de la lluvia del período Noviembre-Enero, la situación planteada solo cubriría un 50% de los requerimientos totales.

Además del modelo de **Funaro y col. (2005)**, el rendimiento final de las dos primeras alternativas se definió comparando con datos reales de lotes cargados en el modelo EWEQ. En el nivel tecnológico de estos lotes, se detectó la aplicación de herbicidas pre-emergentes en el 50% de los casos y el eventual control de sorgo de alepo.

Se inicia el barbecho con un cincel y rastra a principios de Octubre, seguida por una labor de repaso con discos, pocos días antes de la siembra. La siembra se realiza los primeros días de Noviembre. Se aplica un herbicida preemergente y no hay fertilización. El rendimiento supera levemente la tonelada/ha (**Cuadro 47**).

Cuadro 47: Planteo técnico del Girasol 1 (Gi SC Base)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
--	----------	-------	---------------

Barbecho CORTO	30 días	01-oct 25-oct	Cinzel + RDA liviana RDA repaso
Humedad a la siembra:	45 mm		50% del AU
Ocupacion:		OCT-FEB	
Sistema de siembra: CONV.		05-nov	
N-NO3 a la siembra 0-60:	80,00 kg /ha		
Fertilización:	N = 0,0 kg/ha		
	Urea = 0,0 kg/ha		
	FDA = 0,0 kg/ha		
	P = 0,0 kg/ha		4,2 kg P/t= Kg P
	N = 0,0 kg/ha		
	N Siembra + N fertiliz. = 80,00 kg/ha		
Pulverización:			Escardillo Pulverización preem.: 1,7 l Twin Pack + 0,1 l cipermetrina.
Rendimiento:	1,09 t/ha		

Girasol 2: en SC, sin fertilización y Producción Media (Gi SC PM): la principal modificación en esta alternativa es en la longitud del barbecho (sobre rastrojo de maíz/sorgo), que hace más eficiente el almacenamiento de agua. La lámina obtenida a la siembra alcanza los 70 mm, que representa alrededor del 75% del AU. Este valor es producto de la mayor captación de agua por el barbecho y fue ajustado en función de resultados obtenidos por **Quiroga y col. (1997a)**, en suelos de la planicie medanosa. El esquema de labranzas es igual al planteo anterior, con el agregado de una pasada de escardillo para control mecánico de malezas. Igualmente se realiza una aplicación de herbicidas pre-emergentes y no hay fertilización. El rendimiento estimado es de **1,63 t/ha (Cuadro 48)**.

Cuadro 48: Planteo técnico del Girasol 2 (Gi SC PM)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho CORTO		AGO SEP	1 cinzel + RDA liviana 1 RDA profunda 1 escardillo
Humedad a la siembra:	70 mm		Aproximadamente 75% del AU.
Ocupación:		AGO-FEB	80 -90 días barbecho
Sistema de siembra: CONVENCIONAL		20-25/OCT	
N-NO3 a la siembra 0-60:	80,00 kg/ha		
Fertilización	N = kg/ha		
	Urea = 0,0 kg/ha		

	FDA =	0,0 kg/ha		Mantenimiento del nivel de P:
	P =	0,0	kg/ha	4,2 kg P/t grano=
	N =	0,0	kg/ha	
	N Siembra + N fertiliz. =	80,00	kg/ha	
Pulverización:				Pre-emergente: 1,7 l Twin Pack + 0,1 ciper Aérea: 0,10 beta baytroid + aceite
Rendimiento:		1,63	t/ha	

En las siguientes alternativas mejoran los rendimientos, basadas en la longitud del barbecho (antecesores), uso de la SD y el consiguiente aumento en la humedad a la siembra. También se sumaron estrategias de fertilización, de acuerdo a límites agronómicos y económicos, planteados por la bibliografía.

GIRASOL 3: en SD, con fertilización básica y Alta Producción (GiSDAP): se incluye la SD en un barbecho largo, de casi 3 meses (80-90 días), con el objetivo de alcanzar el nivel de AU con aproximadamente 90 mm. Un barbecho prolongado y abundante humedad a la siembra, generan una influencia positiva en el contenido de N disponible a la siembra (**Fernández y otros, 2005**). La combinación de SD y un correcto antecesor lleva la lámina total de agua a casi 190 mm, que representa un 70% de las precipitaciones del período de barbecho. Se aplican dos pulverizaciones para el barbecho químico y la siembra se realiza a fines de Octubre. La SD conlleva una fertilización con P para reponer la extracción del grano. Se realiza un control pre-emergente de malezas y una aplicación aérea para el control de oruga. El rendimiento logrado es de **2,37 t/ha (Cuadro 49)**.

Cuadro 49: Planteo técnico del Girasol 3 (Gi SD AP)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho LARGO	2 aplic. Barb. Quimico		1° 2,5 l glif + 0,4 l 2,4 D + 1 l SA 2° 2,0 l glif. + 0,025 l karate + 1 l SA
Humedad a la siembra:	90 mm		100% del AU. Suelo en CC
Ocupacion:		AGO-FEB	
Sistema de siembra: DIRECTA		20-25/OCT	80 -90 dias barbecho
N-NO3 a la siembra 0-60:	60,00 kg /ha		
Fertilización	N = 50,00 kg/ha Urea = 108,70 kg/ha		50 kg N/ha para mejorar el BALANCE
	FDA = 69,87 kg/ha P = 13,95 kg/ha N = 12,58 kg/ha N Siembra + N fertiliz. = 122,58 kg/ha		4,2 kg P/t= 9,9 kg P/ha Elevar nivel P = 4,00 kg P/ha
Pulverización:			3° preem.: 1,7 l Twin Pack + 0,1 ciper 4° Aérea: 0,10 beta baytroid + aceite

Rendimiento:	2,37 t/ha	29-feb	
--------------	------------------	--------	--

De igual forma que en los trigos 1, 2 y 3 en esta alternativa y en le Girasol 4, también se ajustó el nivel de P para mejorar sus balances. En el caso del N se fertiliza con 50 kg de N/ha, siendo la dosis mínima que operativamente se aconseja utilizar y que justifica los costos de aplicación.

GIRASOL 4: en SD, con fertilización de máxima respuesta (Gi SD FER): el esquema técnico de esta alternativa es similar a la anterior, con la diferencia en la propuesta de fertilización nitrogenada, equivalente a 70 kg N/ha totales, que incluye el aporte de N del FDA. Esta dosis de N se corresponde con una EAGR de 5, y una respuesta promedio de 400 kg/ha (respecto de la alternativa anterior). El rendimiento final se ajustó con resultados reales de producción, para este tipo de suelo y en las condiciones de manejo propuestas (**Bono, 2005; Bono y Romano, 2007**). En estas circunstancias, si la lluvia caída entre Noviembre a Enero en esta zona, es de alrededor de 300 mm; considerando una eficiencia en su aprovechamiento del 70% y sumado a los 90 mm almacenados antes de la siembra, se estaría cubriendo 75% del uso consuntivo de este cultivo. Según se observa en el **Cuadro 50** el rendimiento estimado fue de **2,77 t/ha**.

Cuadro 50: Planteo técnico del Girasol 4 (Gi SD FER)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho LARGO	2 aplic. Barb. Químico		1° 2,5 l glif + 0,4 l 2,4 D + 1 l SA 2° 2,0 l glif. + 0,025 l karate + 1 l SA
Humedad a la siembra:	90 mm		100% del AU. Suelo en CC
Ocupación:		AGO-FEB	
Sistema de siembra: DIRECTA		20-25/OCT	80 -90 días barbecho
N-NO3 a la siembra 0-60:	60,00 kg N/ha		
Fertilización			Para una EAGR = 5 > R.C. promedio = 4-4,5. Dosis de N: 70 kg/ha
N =	55,91 kg/ha		
Urea =	121,54 kg/ha		
FDA =	78,29 kg/ha		
P =	15,63 kg/ha		4,2 kg P/t= 11,6 kg P/ha
N =	14,09 kg/ha		Elevar nivel P = 4,00 kg P/ha
N Siembra + N fertiliz. =	130,00 kg/ha		
Pulverización:			3° preem.: 1,7 l Twin Pack + 0,1 ciper 4° Aérea: 0,10 beta baytroid + aceite
Rendimiento:	2,77 t/ha	29-feb	Respuesta de 300- 400 kg/ha.

SOJA 1: en SD, con Alta Producción (Sj SD AP): esta alternativa se basó en los mejores resultados de experiencias regionales (**Ormeño, O. AACREA, com. personal**), donde antecesor como maíz o sorgo permiten realizar barbechos largos, con alta cobertura y máxima acumulación de agua a la siembra. Requiere de doble tratamiento para barbecho químico y siembra temprana. Control de malezas con

productos específicos con la eventual división de las dosis en pre-siembra y pre-emergencia. Tratamientos de malezas en post-emergencia y controles específicos de plagas como arañuela y chiche (**Cuadro 51**)

Cuadro 51: Planteo técnico de la Soja 1 (Sj SD AP)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho LARGO		1-5 AGO	maíz como mejor antecesor. ALTA COBERTURA
		15-oct	1° aplicación: 2,5 l glifosato + 0,06 l SUMISOYA + 1,5 l S.A. 2° aplicación: 3 l glifosato+ 0,025 Karate + 1,5 S.A.
Sistema de siembra: DIRECTA			
Siembra: TEMPRANA		30 de OCT	
Humedad a la siembra: ALTA	220 mm		90-100 días de barbecho
N-NO3 a la siembra 0-60:	60,00 kg/ha	0-60	
Fertilización:	FDA= 108 kg/ha P= 21,5 kg/ha N = 19,4 kg/ha		A 6,5 kg P /t de grano = 21,5 kg + 2 kg P para aumentar nivel (a la siembra).
Pulverizaciones:		NOV. DIC ENE-FEB	3° aplicación: 3 l Glifosato + 1 l pivot + 1,5 S.A. 4° aplicación: Tucura en V3-V5: 0,8 l Lorsban/0,02 Clapp. 5° aplicación: Chinche: 0,6 l de Lorsban + 0,2 l Cipermetrina No se incluye Arañuela (solo en sequía DIC-ENE).
Cosecha:		20-30/ABR	
Rendimiento:	3,00 t/ha		Rango: 2,8-3,2
Ocupación:		AGO-ABR	

SOJA 2: en SD, con Producción Media (Sj SD PM): la reducción en el potencial productivo de esta alternativa se basa en la menor acumulación de agua a la siembra. La longitud del barbecho esta condicionado por la prolongación en el uso de forrajeras invernales, en sistemas mixtos tradicionales. Como se puede observa en el **Cuadro 52**, se produce un atraso en la fecha de siembra aunque el resto del planteo tecnológico guarda similitud con el anterior.

Cuadro 52: Planteo técnico de la Soja 2 (Sj SD PM)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho CORTO	30 días		Antecesor verdeo de invierno
		30-sep 10-oct	Fin pastoreo Unico aplicación barbecho químico: 3,5 l glifosato + 0,06 l SUMISOYA + 1,5 l Sulfato de amonio
Sistema de siembra: DIRECTA			
Fecha de Siembra: INTERMEDIA		1-5 NOV	
Humedad a la siembra: MEDIA	150 mm		

N-NO3 a la siembra 0-60:	60,00	kg/ha	
Fertilización:	FDA=	88	kg/ha
	P=	17,6	kg/ha
	N =	15,9	kg/ha
Pulverizaciones:			NOV. DIC ENE-FEB
Cosecha:			30-abr
Rendimiento:	2,40	t/ha	Rango: 2,2-2,6
Ocupación:			OCT-ABR

A 6,5 kg P /t de grano = 17,6 kg solo reposición.

2° aplicación: 3 l Glifosato + 1 l pivot + 1,5 S.A.
3° aplicación: Tucura en V3-V5: 0,5 l Lorsban/0,02 Clapp.
4° aplicación: Chinche: 0,6 l de Lorsban + 0,2 l Cipermetrina
No se incluye Arañuela (solo en sequía DIC-ENE).

SOJA 3: en SC, con Producción Media Baja (Sj SC PMB): el principal componente de esta alternativa es el uso de la siembra convencional, la cual es usada por una importante proporción en los sistemas productivos locales. Se estima que el contenido de N-NO3 a la siembra, es más elevado que con SD, aunque el barbecho es corto y se producen atrasos en la fecha de siembra. El cultivo no recibe ningún tipo de fertilización (**Cuadro 53**).

Cuadro 53: Planteo técnico de la Soja 3 (Sj SC PMB)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho CORTO	45 días	1-10/SEP	Antecesor VERDEO/PASTURA
Sistema de siembra: CONV.		30-sep	Se saca animales del verdeo
Fecha de Siembra: TARDIA		15-oct	RDA + CINCEL
Humedad a la siembra: MEDIA	50-60 mm		RDA repaso
N-NO3 a la siembra 0-60:	80,00	1-10/NOV	
Fertilización	FDA=		
	P=		
	N =		
Pulverizaciones:		DIC	3 l Glifosato + 1 l pivot + 1,5 S.A.
		ENE	2 l Glifosato + 1,5 S.A.
		FEB	Chinche: 0,6 l de Lorsban + 0,2 l Cipermetrina
Cosecha:		25/ABR-10/MAY	
Rendimiento:	2,00		Rango: 1,8-2,2
Ocupación:		OCT-ABR	

Equivale a 14 ppm de NO3 a 0-20.

6,50 kg P/t = 13,00 kg P/ha
Eleva nivel P = 4,00 kg P/ha

SOJA 4: soja de 2°, en SD (Sj 2° SD): realizada sobre trigo, el cual se cosecha durante los primeros 10 días de Diciembre. No es conveniente atrasar la siembra, para

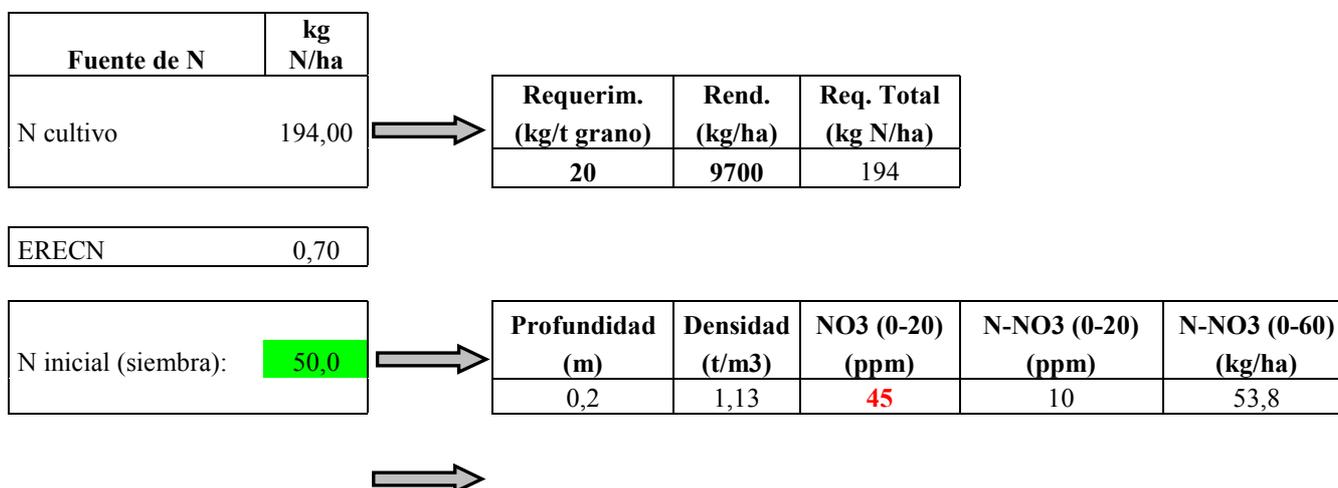
así aprovechar la lluvia acumulada de Noviembre. Se realiza una fertilización fosforada para reposición de nutrientes, que se considera standard para un cultivo en SD. El rendimiento estimado es bajo en relación a la potencialidad de la soja de 2° de otras zonas de la Región Pampeana. Finalmente, se incluye un doble control de malezas en post-emergencia y un único control de plagas (**Cuadro 54**).

Cuadro 54: Planteo técnico de la Soja 4 (Sj 2° SD)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho: SIN BARBECHO		1-10/DIC	Sobre rastrojo de Trigo
Sistema de siembra: DIRECTA			
Fechas de siembra:		20-25/DIC	No atrasar más allá del 25/12.
Humedad a la siembra: BAJA	40 mm		50% de los años llueve > 70 mm.
N-NO3 a la siembra 0-60:	50,00 kg/ha		
Fertilización: FDA=	60 kg/ha		Sin fertilización: se aprovecha N del trigo
P=	12,1 kg/ha		kg/ha 11,05 kg P/ha
N =	10,9 kg/ha		kg/ha 1,00 kg P/ha
Pulverizaciones:	1° Pulv. Post-emerg. 2° Pulv. c/Chinche	ENE FEB/MAR 30-abr	Glifosato: 3l + Sulf. amonio: 1,5 l Lorsban: 0,6 l + Cipermetrina: 0,2 l
Cosecha:			
Rendimiento:	1,70 t/ha	1,5-2,0	
Ocupación:		15/DIC-ABR	

MAIZ 1: En SD, con fertilización y Alta Producción (Ma SD AP): los resultados de maíz se testearon con los 3 modelos descriptos. En el **Cuadro 55** se presenta el modelo (1) de balance de masas para N, en el cual se estimó una disponibilidad total de N en el suelo de 140 kg y un rendimiento objetivo de 9,7 t/ha.

Cuadro 55: Modelo 1. Balance de masas para maíz



N Fertilización:	85,5
Total N S + F:	135,5

Equiv. UREA:	186	kg/ha
--------------	------------	-------

N Desc. residuos (*):	10
-----------------------	----

N Mineralización:	131,62
-------------------	--------

prof.	kg N/ha	% Miner.	kg N miner./ha
0-25	2700	2,56%	69,12
25-50	2200	1,50%	33,00
50-100	2500	1,18%	29,50
Total			131,62

En el modelo (2) (Alvarez, 2005b) se tuvo en cuenta la reciente actualización del régimen térmico y pluviométrico que indica para la región, precipitaciones alrededor de los 500 mm para el período Octubre –Febrero (Casagrande y Vergara, 2004). Con niveles de N de medios a bajos (50-70 kg N/ha en 0-60 cm) y en función de experiencias en el oeste de B.A. en suelos similares, se espera una respuesta a la aplicación de N + P en la interacción de estos elementos (Bono y Barraco, 2005):

Modelo 2 $\text{Rend.} = -15.500 + 63 \times \text{PPT} - 0,040 \times \text{PPT}^2 + 0,021 \times \text{PPT} \times \text{NSF}$

Datos: N-NO₃ S + F = 135,5 kg N/ha
PPT (O-F) = 510 mm

$\text{Rend.} = 7677$

En el modelo (3) se aplica la función de respuesta media (Alvarez, 2005b). Teniendo el maíz una RC promedio de 10, permite adoptar un nivel de N de 140 kg/ha, sumando los aportes del suelo y fertilizante:

Modelo 3: $\text{Rend.} = a \times N^b$

a = 3200

b = 0,186

N = 135,5 kg NSF/ha

$\text{Rend.} = 7975$ kg/ha

Esta alternativa de máxima respuesta, implica la utilización de SD; con barbecho largo; sobre rastrojos de cultivos de cosecha gruesa como soja o girasol. El barbecho químico requiere de, al menos, dos controles de malezas de amplio espectro. La fecha de siembra óptima es hacia fines de Octubre, apuntando a lograr rendimientos máximos. Atrasos en esta fecha produce reducciones en la producción del orden de 140 kg/día (Funaro y Pérez Fernández, 2005).

Considerando niveles de P medios a bajos, se espera respuesta a la aplicación de dosis de reposición de aproximadamente 20-25 kg P/ha, que incluye 2 kg de P/ha para enriquecimiento de este elemento en el suelo (Echeverría y García, 1998).

El Cuadro 56 presenta el esquema general de esta alternativa de máxima producción, cuyo rendimiento es un promedio de las estimaciones de los modelos considerados.

Cuadro 56: Planteo técnico del Maíz 1 (Ma SD AP)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho LARGO			Antecesor SOJA/GIRASOL. Cosecha de soja: 15/4. Glifosato: 2,5 l + Metsulfuron: 5 g + Sulf.amonio: 1,5 l
	1° pulv. Barb.	1-10 JUNIO	Glifosato: 2 l + 2,4 D 0,5 l + Sulf. amonio: 1,5 l
	2° pulv. Barb.	1 de OCT.	(15 días antes de la siembra)
Sistema de siembra: DIRECTA Siembra: TEMPRANA		15-20 de OCT	
Humedad TOTAL a la siembra: ALTA	200 mm		100 días de barbecho desde 1° pulv.
N-NO3 a la siembra 0-60 cm:	50 kg N/ha		
Fertilización FDA=	142,53 kg/ha	siembra	Dosis para reponer extracción de P
P=	28,62 kg/ha		3,15 kg P/t = 26,6 kg P/ha
N =	25,66 kg/ha		Elevar nivel P = 2,00 kg P/ha
N =	64,34 kg/ha	siembra	N-suelo + N-fert.(kg/ha)= 140,00
UREA =	139,88 kg/ha		
Total N S+F	140,00 kg/ha		
Pulverizaciones:		30 OCT. NOV.DIC.	Atrazina: 2,5 l + Guardian: 1,5 l Glifosato: 2 l + Karate: 0,1 l + Sulf. amonio: 1,5 l
Cosecha:		30/4 a-10/5	
Rendimiento: promedio modelos 1-2-3	8,45 t/ha		
Ocupación:		JUN-15MAY	

MAIZ 2: en SD, con fertilización mínima y Producción Media (Ma SD PM): Esta alternativa también se realiza en SD aunque con barbecho más corto, que reduce el agua acumulada llegando a la siembra con el 50% del AU. La siembra se atrasa 15 días (fines de Octubre). Solo se fertiliza con FDA a la siembra para reponer el P extraído y una fertilización nitrogenada cuyo objetivo es no superar los 100 kg N/ha. Registros utilizados en el EWEQ muestran que es usual una fertilización postergada (v4-v5) con urea a razón de 60-80 kg/ha. Según se observa en el **Cuadro 57** las restantes prácticas tecnológicas son iguales al Maíz 1 y en ambos casos se asume que la semilla utilizada es de última generación.

Cuadro 57: Planteo técnico del Maíz 2 (Ma SD PM)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho: CORTO	60 días	25/AGOS.	Pastoreo de verdeo/rastrojo maíz/sorgo/soja.
	1° pulv. Barb.	30-ago	Glifosato: 3 l + Metsulfuron: 5g + Sulf.amonio: 1,5 l
	2° pulv. Barb.	25/OCT.	Glifosato: 2 l +

Sistema de siembra: DIRECTA			Sulf. amonio: 1,5 l
Fecha de siembra: INTERMEDIA		30-oct	
Humedad TOTAL a la siembra: MEDIA	150 mm		
N-NO3 a la siembra 0-60 cm:	50 kg/ha		
Fertilización:	FDA= 101,22 kg/ha P= 20,32 kg/ha N = 18,2 kg/ha	siembra	Dosis para reponer extracción de P 3,15 kg P/t = 18,3 kg P/ha Eleva nivel P = 2,00 kg P/ha
	N = 35,0 kg/ha UREA = 76,1 kg/ha Total N S+F = 103,2 kg/ha	siembra	N-suelo + N-fert. (kg/ha)=
Pulverizaciones:		30 OCT.	Atrazina: 2,5 l + Guardian: 1,5 l + Karate: 0,1 l
Cosecha:		15/MAY.	
Rendimiento: promedio modelos 2 y 3	5,82 t/ha		
Ocupación:		SEP-15-MAY	

Modelo 2 $\text{Rend.} = -15.500 + 63 \times \text{PPT} - 0,040 \times \text{PPT}^2 + 0,021 \times \text{PPT} \times \text{NSF}$

Datos: N-NO3 S + F = 100,0 kg N/ha
PPT (O-F) = 460 mm

$\text{Rend.} = 5982$

Modelo 3 $\text{Rend.} = a \times N^b$

a = 2400
b = 0,186

$\text{Rend.} = 5652$

Comparado con el Maíz 1, la respuesta a la fertilización nitrogenada es superior a los 2500 kg, coincidente con datos observados en años de buenas condiciones climáticas y experimentos regionales (Bono y Romano, 2007; García, 2007). El rendimiento promedio de los modelos utilizados fue de 5,82 t/ha.

MAIZ 3: en SC, sin fertilización y Producción Baja (Ma SC PB): se corresponde a un cultivo realizado en sistema convencional, con barbecho relativamente corto, sobre rastrojo de maíz pastoreado, verdes o pasturas degradadas. Primera labranza con disco profundo (se suele usar reja) y una segunda de repaso previo a la siembra. El nivel de nitratos a la siembra se incrementa respecto a la SD (70-80 kg/ha) aunque se reduce la humedad disponible producto del laboreo del suelo. Se realizan los tratamientos de herbicidas pre-emergentes y control preventivo de plagas (Cuadro 58).

Cuadro 58: Planteo técnico del Maíz 3 (Ma SC PB)

	Cantidad	Fecha	Observaciones
Barbecho: CORTO	1° labor	JUL/AGO	Pastoreo de verdeso/rastrojos/pasturas .
	2° labor	AGO 30/SEPT.	Disco doble/reja profunda Disco doble superficial.
Sistema de siembra: CONVENCIONAL			
Fecha de siembra: INTERMEDIA		30-oct	
Humedad TOTAL a la siembra: MEDIA	120 mm		90 días de barbecho desde 1° aplicación.
N-NO3 a la siembra 0-60 cm:	70 kg/ha		10 ppm llevado a 0-60 cm
Fertilización	FDA= 0,00 kg/ha P= 0,00 kg/ha N = 0,0 kg/ha	siembra	Dosis para reponer extracción de P 3,15 kg P/t = <input type="text"/> kg P/ha Eleva nivel P = <input type="text"/> kg P/ha
	N = <input type="text"/> kg/ha UREA = 0,0 kg/ha Total N S+F = 70,0 kg/ha	siembra	N-suelo + N-fert. =
Pulverizaciones:	3° labor protección Pulv. Pre-emerg.	NOV. 30 OCT.	Escardillo Atrazina: 3 l + Acetoclor: 1 l + Cipermetrina: 0,2 l
Cosecha:		10-20 MAY	
Rendimiento:	3,75 t/ha		
Ocupacion:		AGO-MAYO	

El rendimiento estimado de 3,75 t/ha se baso datos reales recolectados en forma regional, donde se presentan amplios rangos de rendimientos que oscilan entre 2,9 a 6 t/ha, tanto para sistemas en SD como en SC. También se probó un ajuste sobre los modelos (2) y (3), los que sobrestimaban los rendimientos, para un nivel tecnológico como el propuesto.

A continuación se presentan los resultados del balance de nutrientes para las actividades agrícolas. Los datos de extracción de N y P, producto de la erosión eólica, provienen de las rotaciones reales cargadas en EWEQ para el Sitio Castex Norte y en su mayoría, utilizadas en la primera parte de este trabajo.

En el Cuadro 59 se resume la información sobre tasa erosión eólica y pérdida de nutrientes para los cultivos de trigo conducidos en SC, para el Sitio Castex Norte. Los valores promedio de 9,5 kg de N/ha y 2,92 kg de P/ha, son componentes de extracción en el balance de nutrientes para las alternativas trigo. La tasa de erosión promedio de 5,96 t/ha ciclo, se utilizó como índice de la restricción ambiental erosión eólica, en las alternativas Trigo 1 (*TrSCBc*), Trigo 2 (*TrSCDEO*) y Trigo 3 (*TrSCDMR*).

Cuadro 59: Tasa de erosión y pérdida de nutrientes de TRIGO en SC

Rotación	Campaña	Tasa de Erosión (t/ha ciclo)	Pérdida de N (kg/ha ciclo)	Pérdida de P (kg/ha ciclo)
Rot. 13a	96-97	8,15	13,04	4,00
Rot. 13a	97-98	7,54	12,07	3,70
Rot. 8	04-05	4,73	7,56	2,32
Rot. 8	02-03	6,91	11,06	3,39
Rot. 8	03-04	3,12	4,99	1,53
Rot. 11a	98-99	4,13	6,60	2,03
Rot. 13b	00-01	7,13	11,41	3,50
Promedio		5,96	9,53	2,92
DS		1,94	3,10	0,95
CV		32%		

La tasa de erosión promedio de girasol conducido en SC y la extracción de nutrientes, resultante de este fenómeno, se puede observar en el **Cuadro 60**. La tasa de 9,40 t/ha ciclo fue aplicada, dentro de la matriz, a las alternativas girasol en SC, rendimiento base (Girasol 1 = *GiSCbase*) y el girasol en SC, producción media (Girasol 2 = *GiSCPM*). Todos los lotes disponibles corresponden al Sitio Castex Norte.

Cuadro 60: Tasa de erosión y pérdida de nutrientes de GIRASOL en SC

Rotación	Campaña	Tasa de Erosión (t/ha ciclo)	Pérdida de N (kg/ha ciclo)	Pérdida de P (kg/ha)
Rot. 13b	99-00	9,27	14,83	4,55
Rot. 13b	01-02	10,18	16,28	5,00
Rot. 2	04-05	8,11	12,97	3,98
Rot. 4	99-00	12,00	19,19	5,89
Rot. 11b	03-04	6,79	10,87	3,34
Rot. 12	01-02	10,88	17,41	5,34
Rot. 6	01-02	8,60	13,76	4,22
Promedio		9,40	15,04	4,62
DS		1,77	2,82	0,86
CV		19%		

Dentro actividades agrícolas de la matriz de PL, se incluyó una sola alternativa de soja conducida en SC. Los datos del **Cuadro 61** muestran los índices promedio de 5 lotes de soja, disponibles en el Sitio Castex Norte y cargados en EWEQ. La tasa de erosión de 8,29 t/ha ciclo fue incluida como restricción ambiental de la matriz, en la alternativa soja en SC, producción media (Soja 2 = *SjSCPM*).

Cuadro 61: Tasa de erosión y pérdida de nutrientes de SOJA en SC

Rotación	Campaña	Tasa de Erosión (t/ha)	Pérdida de N (kg/ha)	Pérdida de P (kg/ha)
----------	---------	------------------------	----------------------	----------------------

Rot.6	00-01	5,82	9,31	2,86
Rot. 12	99-00	8,67	13,87	4,26
Rot. 11 ^a	97-98	7,97	12,76	3,91
Rot. 4	97-98	7,19	11,51	3,53
Rot. 2	05-06	11,78	18,84	5,78
Promedio		8,29	13,26	4,07
DS		2,22	3,55	1,09
CV		27%		

Los índices utilizados en la soja de 2° (*Sj SD 2°*) provienen de 3 registros del Sitio Castex Norte. Dos de ellos cargados en la Rotación 8, con antecesor trigo y el restante, sobre un cultivo de avena, en la Rotación 4. La tasa de erosión promedio de ciclo fue de 1,5 t/ha, mientras que las pérdidas de N y P fueron de 2,67 kg/ha y 0,90 kg/ha, respectivamente.

El maíz en SC, producción baja (Maíz 3 = *MaSCP*) es la única alternativa que incluye la SC y para la cual se utilizó una tasa de erosión promedio de 7,12 t/ha ciclo, como restricción ambiental de la matriz. El valor proviene de 7 cultivos de maíz con destino a cosecha cuyos resultados se muestran en el **Cuadro 62**.

Cuadro 62: Tasa de erosión y pérdida de nutrientes de MAIZ en SC

Rotación	Campaña	Tasa de Erosión (t/ha)	Pérdida de N (kg/ha)	Pérdida de P (kg/ha)
Rot. 12	00-01	7,76	12,42	3,81
Rot. 11b	01-02	5,85	9,36	2,87
Rot. 10	02/03	8,54	13,66	4,19
Rot. 8	01-02	6,63	10,61	3,25
Rot. 4	98-99	7,21	11,53	3,54
Rot. 3	96-97	8,38	13,41	4,12
Rot. 2	03-04	5,44	8,71	2,67
Promedio		7,12	11,39	3,49
DS		1,20	1,92	0,59
CV		17%		

La pérdida promedio de suelo de 4,74 t/ha ciclo que se muestra en el **Cuadro 63** fue aplicable la restricción ambiental de la alternativa Trigo 4 (*TrSDDRO*), mientras que las 4,28 t/ha ciclo, del **Cuadro 64**, le correspondió a los Girasoles 3 y 4 (*GiSDAP* y *GiSDFER*).

Cuadro 63: Tasa de erosión y pérdida de nutrientes de TRIGO en SD

Rotación/Sitio	Campaña	Rendimiento (t/ha)	Tasa de Erosión (t/ha ciclo)	Pérdida de N (kg/ha ciclo)	Pérdida de P (kg/ha ciclo)
SA.2 / Castex Sur-Anguil	03-04	2,25	4,71	7,63	2,31
GD / Guatraché	04-05	2,70	6,10	9,76	3,00
GD/ Guatraché	05-06	2,34	3,41	5,46	1,67

GD / Guatraché	06-07	0,90	4,72	7,55	2,32
Promedio			4,74	7,60	2,33
DS			0,95	1,52	0,47
CV			20%		

Cuadro 64: Tasa de erosión y pérdida de nutrientes de GIRASOL en SD

Rotación/Sitio	Campaña	Rendimiento (t/ha)	Tasa de Erosión (t/ha)	Pérdida de N (kg/ha)	Pérdida de P (kg/ha)
Castex Sur-Santa Rosa	06-07	1,57	3,32	5,31	1,63
SA.1 / Castex Sur-Anguila	99-00	2,31	5,42	8,67	2,66
SA.2 / Castex Sur-Anguila	06-07	2,45	4,11	6,57	2,02
Promedio			4,28	6,85	2,10
DS			1,06	1,70	0,52
CV			25%		

En el **Cuadro 65** se muestran los resultados las tasas de erosión y las pérdidas de N y P de las 4 alternativas de cultivos de verano con tecnologías mejoradas. Las planillas que dieron origen a estos resultados se muestran en el **Anexo 2.7**. En todos los casos los registros superan el período de un año, debido la carga de la rotación en el EWEQ se inicia el 1° de Enero del verano precedente y se prolonga hasta la cosecha del cultivo de referencia, en el verano-otoño siguiente.

Cuadro 65: Tasas de erosión y pérdida de nutrientes en maíz y soja en SD

Cultivo	Duración rotación (años)	Erosión de la rotación (t/ha año)	Erosión del cultivo (t/ha ciclo)	Pérdida de N (kg/ha ciclo)	Pérdida de P (kg/ha ciclo)
Ma SD AP	1,4	3,4	4,79	7,66	2,35
Ma SD PM	1,4	7,0	6,32	10,11	3,10
Sj SD AP	1,3	5,1	6,05	9,68	2,97
Sj SD PM	1,3	6,7	4,38	7,01	2,15

Siguiendo las especificaciones técnicas planteadas oportunamente, se puso especial énfasis en el tipo de antecesor elegido, la longitud de los barbechos y la cantidad y tipo de tratamientos y/o labores durante el barbecho químico. En este contexto, el maíz y la soja de alta producción (*Ma SD AP* y *Sj SD AP*) obtuvieron una tasa de erosión durante sus respectivos ciclos, superior al promedio anual de todo el período.

En los **Cuadros 66 y 67** se resume el balance de N y P de todas las actividades agrícolas que integran la matriz de PL. Los datos de rendimiento y fertilización provienen de los planteos técnicos presentados previamente.

Cuadro 66: Balance de nitrógeno en las actividades agrícolas

Actividades	TrSCBc.	TrSCDEO	TrSCDMR	TrSDDRO	GiSCBase	GiSCPM	GiSDAP	GiSDFER
Rendimiento (t/ha)	1,50	2,54	2,83	3,52	1,09	1,63	2,37	2,77
Extracción total (kg/ha)	30,83	52,22	58,07	72,25	23,13	34,69	50,46	58,98
Erosión (kg/ha)	9,53	9,53	9,53	7,60	15,04	15,04	6,85	6,85
Volatilización (kg/ha)	1,00	1,58	5,62	4,03	1,00	1,00	3,13	3,50

FBN (kg/ha año)	---	---	---	---	---	---	---	---
Fertilización (kg/ha):								
de Urea	0,00	20,00	100,00	66,01	0,00	0,00	50,00	55,91
de FDA	0,00	11,60	12,50	14,67	0,00	0,00	12,58	14,09
Balance (kg/ha)	-41,37	-31,73	39,27	-3,20	-39,17	-50,73	2,14	0,67

Cuadro 66 (continuación): Balance de nitrógeno en las actividades agrícolas

Actividades	SjSDAP	SjSDPM	SjSCPMB	SjSD 2°	MaSDAP	MaSDPM	MaSCPb	Alquiler
								TrDMR/Sj2°
Rendimiento (t/ha)	3,00	2,40	2,00	1,70	8,45	5,82	3,75	
Extracción total (kg/ha)	144,00	115,20	96,00	81,60	111,72	76,90	49,51	139,67
Erosión (kg/ha)	9,68	7,01	13,26	2,67	7,66	10,11	11,39	12,20
Volatilización (kg/ha)	1,00	1,00	1,00	1,00	4,50	2,66	1,00	6,62
FBN (kg/ha año)	120,00	96,00	80,00	68,00	---	---	---	68,00
Fertilización (kg/ha):								
de Urea					64,34	35,00	0,00	100,00
de FDA	19,38	15,87	15,33	10,86	25,66	18,22	0,00	23,36
Balance (kg/ha)	-15,30	-11,34	-14,93	-6,41	-33,88	-36,45	-61,90	32,86

Nota: las siguientes abreviaturas con válidas para los Cuadros 67 y 68

TrSCBc: trigo en siembra convencional y barbecho corto.

TrSCDEO: trigo en siembra convencional, con fertilización en dosis econonómicamente óptima.

TrSCDMR: trigo en siembra directa, con nitrógeno de máximo respuesta.

TrSDDRO: trigo en siembra directa, fertilizado con rendimiento objetivo.

GiSCBase: girasol en siembra convencional y rendimiento base.

GiSCPM: girasol en siembra convencional y producción media.

GiSDAP: girasol en siembra directa y alta producción.

GiSDFER: girasol en siembra directa, con fertilización de máxima respuesta.

SjSDAP: soja en siembra directa, con alta producción.

SjSDPM: soja en siembra directa, con producción media.

SjSDPMB: soja en siembra directa, con producción media-baja.

Sj2°SD: soja de 2° en siembra directa.

MaSDAP: maíz en siembra directa, con fertilización y alta producción.

MaSDPM: maíz en siembra directa, con fertilización mínima y producción media.

MaSCPb: maíz en siembra convencional, sin fertilización y producción baja.

Cuadro 67: Balance de fósforo en las actividades agrícolas

Actividades	TrSCBc.	TrSCDEO	TrSCDMR	TrSDDRO	GiSCBase	GiSCPM	GiSDAP	GiSDFER
Rendimiento (t/ha)	1,50	2,54	2,83	3,52	1,09	1,63	2,37	2,77
Extracción total (kg/ha)	5,99	10,14	11,28	14,03	6,51	9,77	14,21	16,61
Erosión (kg/ha)	2,92	2,92	2,92	2,33	4,62	4,62	2,10	2,10
Fertilización (kg/ha): FDA		12,87	13,86	16,27	0,00	0,00	13,95	15,63
Balance (kg/ha)	-8,91	-0,19	-0,34	-0,08	-11,13	-14,39	-2,37	-3,09

Cuadro 67 (continuación): Balance de fósforo en las actividades agrícolas

Actividades	SjSDAP	SjSDPM	SjSCPMB	SjSD 2°	MaSDAP	MaSDPM	MaSCPB	Alquiler
								TrDMR/Sj2°
Rendimiento (t/ha)	3,00	2,40	2,00	1,70	8,45	5,82	3,75	
Extracción total (kg/ha)	16,20	14,86	12,38	10,52	22,48	15,47	9,96	21,80
Erosión (kg/ha)	2,97	2,15	4,07	0,90	2,35	3,10	3,49	3,82
Fertilización (kg/ha): FDA	21,50	17,60	17,00	12,05	28,62	20,32	0,00	25,91
Balance (kg/ha)	2,33	0,59	0,55	0,63	3,79	1,75	-13,46	0,29

El **Cuadro 68** resume el balance de carbono orgánico (CO) de las actividades agrícolas. Además de los parámetros definidos previamente en la metodología, este cálculo requiere la definición de las siguientes constantes edáficas:

- Contenido de materia orgánica total : 1,34 %
- Densidad aparente: 1,13 t/m3.

Cuadro 68: Balance de carbono orgánico en las actividades agrícolas

Actividades	TrSCBc.	TrSCDEO	TrSCDMR	TrSDDRO	GiSCBase	GiSCPM	GiSDAP	GiSDFER
Rendimiento (t/ha)	1,50	2,83	2,54	3,52	1,09	1,63	2,37	2,77
Coef. aporte de humus (CAH)	0,400	0,400	0,400	0,400	0,374	0,374	0,374	0,374
Contenido MO % (0-20 cm)	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
Densidad aparente (t/m3)	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
CO (t/ha)	17,59	17,59	17,59	17,59	17,59	17,59	17,59	17,59
Coef. de mineralización	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
Balance (t/ha)	-0,40	0,13	0,01	0,40	-0,60	-0,39	-0,12	0,03

Cuadro 68 (continuación): Balance de carbono orgánico en las actividades agrícolas

Actividades	SjSDAP	SjSDPM	SjSCPMB	SjSD 2°	MaSDAP	MaSDPM	MaSCPB	Alquiler
								TrDMR/Sj2°
Rendimiento (t/ha)	3,00	2,40	2,00	1,70	8,45	5,82	3,75	
Coef. aporte de humus (CAH)	0,374	0,374	0,374	0,374	0,200	0,200	0,200	
Contenido MO % (0-20 cm)	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	
Densidad aparente (t/m3)	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	
CO (t/ha)	17,59	17,59	17,59	17,59	17,59	17,59	17,59	
Coef. de mineralización	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	
Balance (t/ha)	0,12	-0,11	-0,25	-0,37	0,69	0,16	-0,25	-0,35

Los resultados del balance de los cuadros precedentes, conforman las filas de restricciones ambientales dentro de la matriz de PL (**Anexos 5 y 6**).

Invernada: en función de la duración propuesta para la invernada y los pesos de compra y de venta, se obtuvo un aumento diario del peso vivo (ADPV) superior a los 600 g/día. En el **Cuadro 69** se muestra la evolución del peso vivo mensual y el

promedio trimestral, cuya transformación en equivalente vaca (EV/ha) determinan la demanda de forraje del sistema.

Cuadro 69: Evolución mensual de la invernada

Meses	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	Promedio
ADPV (g/día)	500	500	500	700	700	700	600	600	600	500	500	500	700	700	700	607,14
Peso vivo (kg/cab)	180	195	210	231	252	273	291	309	327	342	357	372	393	414	435	
Peso vivo prom. estacional	195			252			309			357			414			
EV/cab prom	0,68			0,85			0,92			0,95			1,12			0,90

En el **Cuadro 70** se muestra la cantidad de MS ofrecida por cada uno de los recursos forrajeros y los días por año durante los cuales se puede hacer uso de los mismos. La demanda estacional del cuadro anterior sirvió de base para ajustar la demanda de forraje según recursos (columna 7) y los ADPV finales (columna 9). El valor de 1255 kg de producción de carne totales por año, permite calcular los ingresos económicos de la actividad, como también la extracción de N y P en el balance de nutrientes, que se analiza más adelante. La carga promedio anual del sistema, resultó de 1,1 cab/ha.

Cuadro 70: Oferta forrajera y producción de carne de la invernada

ha	Cultivo	Oferta (kg MS/ha)	Días de uso	Oferta		Demanda Ajustada (EV/cab)	Carga (2) (cab/ha)	ADPV (kg/cab/día)	Prod.carne (kg/ha)	Carga anual (cab/ha)
				rac/ha(1)	rac/día					
1	Past. Imp.	4110	90	246,6	2,74	0,90	3,04	0,70	191,80	0,75
2	Past. 2° año	6850	275	411	1,49	0,80	1,87	0,60	308,25	1,41
3	Past. 3° año	6850	275	411	1,49	0,80	1,87	0,60	308,25	1,41
4	Past. 4° año	4110	220	246,6	1,12	0,80	1,40	0,50	154,13	0,84
5	V.I. + maíz	5850	135	351	2,60	0,90	2,89	0,75	292,50	1,07
Total		27770							1255	1,10
Forraje consumido (kg MS/ha)		16662								
Oferta promedio (rac/ha/día)		0,91								

(1): aprovechamiento del 60% de la oferta. 10 kg MS/ración.

(2): rac/ha día/EV/cab = cab/ha.

En el **Cuadro 71** se observa el aporte de 128,70 kg N /ha que realizan las pasturas base alfalfa de 2° y 3° año, vía la FBN. Otro aporte de N y P lo constituye la fertilización estratégica realizada con 44 kg de fosfato monoamónico (MAP) a la pastura en implantación y al verdeo de verano.

Cuadro 71: Aporte de N de las pasturas a través de la FBN

Recurso	Oferta (t MS/ha)	Contenido proteína	Total prot. (kg/t MS)	Total N (/6,25)	Aporte FBN (%)	Ajuste Past. Consoc.	Aporte (kg N/ha)
Past. Prod. 2° y 3° año	13,70	25%	3425	548	42,7%	55,0%	128,70

El objetivo de utilizar MAP en lugar del clásico fosfato diamónico (FDA) fue el mayor contenido de P del primero, que era el nutriente con mayor riesgo de déficit de la actividad. Con este recurso, fue posible reducir la dosis y al mismo tiempo el costo de la práctica. Entre ambas aplicaciones significó mejorar el balance de N y P en 9,6 y 20 kg/ha año, respectivamente.

Las *pérdidas* de N y P por efecto de la erosión eólica de cada uno de los recursos forrajeros y cuyo detalle se muestra en el **Anexo 2.8**, se resumen en el **Cuadro 72**.

Cuadro 72.: Tasa de erosión y pérdida de N y P de los recursos forrajeros

Recurso	ha	Tasa de Erosión (t)	Pérdida de N (kg)	Pérdida de P (kg)
Pastura implantación	1	4,41	7,05	2,16
Pastura en producción	3	9,84	15,75	4,83
Verdeo de invierno	0,5	2,42	3,88	1,19
Verdeo de verano	0,5	3,52	5,64	1,73
Total	5	20,19	32,31	9,91

Los valores unitarios de extracción en cada recurso fueron ajustados de acuerdo al uso del suelo que cada recurso utiliza hasta alcanzar las 5 ha de toda la actividad.

Los aportes de CO de la actividad se dividen en aquellos provenientes de la biomasa de forrajeras anuales y perennes, como también del estiércol bovino. Para ambos verdeos (**Cuadro 73**), se simuló un rendimiento en grano para un cultivo con destino a forraje o doble propósito y en el caso de la avena se le asignó el coeficiente paja/grano del trigo. Debido al efecto del pastoreo se consideró un remanente de residuos del 30% y del 70% para la avena y el maíz, respectivamente

Cuadro 73: Aporte de CO de las forrajeras anuales

Cultivo	Rendimiento (t/ha)	Relación paja/grano	Residuo reman.	Aporte raíces	Aporte total (t/ha)	Aporte De CO (t/ha)
V. de invierno (avena)	1,50	1,63	30%	20%	1,22	0,49
V. de verano (maíz)	4,50	0,86	70%	20%	3,48	1,39
Total = (0,5 ha de V.I. y 0,5 ha de V.V.)						0,94

El mayor aporte de CO se logra al final de la vida útil de las pasturas, al elevar el contenido de M.O. de los suelos. Del trabajo de **Romero y Ruiz (2001)**, se estimó en un 0,33% el incremento de M.O. total en pasturas base alfalfa, sometidas a cortes de forraje durante los 4 años de vida útil. Con el dato de densidad aparente del suelo y el factor 0,4 para transformar el residuo en su componente de CO, se puede estimar la cantidad de CO aportado la pastura (**Cuadro 74**).

Cuadro 74: Aporte de CO de las pasturas consociadas

Cultivo	Aporte neto MO 0-20(%)	Densidad suelo (t/m3)	Aporte neto MO (t/ha/año)	Aporte CO (t/ha/año)
Past. 3º año	0,33	1,13	7,46	4,33

Past. 2° año	0,25	1,13	5,65	3,28
Past. 1° año	0,17	1,13	3,84	2,23
Past. en imp.	0,08	1,13	1,81	1,05
Total				10,88

Al total de MS del forraje consumido, que se [presentó en el Cuadro 70](#), se le aplicó una digestibilidad promedio del 60%. Esto significa que solo una fracción del forraje es convertida en producto (leche, carne) y el 40% de la MS restante, es eliminado en las heces y vuelve al suelo como estiércol. En definitiva, el forraje que vuelve al suelo como heces puede ser del 20 al 30% de la disponibilidad inicial. El aporte de CO se produce según la siguiente relación:

Forraje consumido (t MS/ha)	Digestibilidad Promedio	Aporte de estiércol (t MS/ha)	Aporte de CO (t/ha)
16,66	60%	6,66	2,67

Este componente también restituye importantes cantidades de N, P, potasio, calcio y magnesio (**De la Vega Lozano, 2008**). Utilizando el coeficiente 0,4 para transformar la M.O. en CO y un índice de humificación de 0,5 (el mismo utilizado para los residuos de cultivos agrícolas), es posible calcular el aporte de CO humificado en forma directa, mediante la siguiente relación:

$$t \text{ CO humificado} = \text{Estiercol (t MS/ha)} * 0,1398$$

Las tres fuentes de aporte de CO suman un total de 14,49 t/ha que con un coeficiente de humificación de 0,50 resulta en un aporte de CO de 7,24 t/ha. El **Cuadro 75** muestra los resultados del balance de N, P y CO involucrados en la actividad invernada.

Cuadro 75: Balance de nutrientes de la actividad invernada

Nitrogeno (N)	kg/ha
Producción carne (kg/ha)	1255
Extracción (g/kg PV)	24,50
Extracción total (kg N/ha)	30,75
Erosión (kg/ha)	32,31
Volatilización (kg/ha)	0,48
FBN (kg/ha año)	128,70
Fertilización del MAP (kg/ha)	9,57
Balance (kg/ha)	74,73
Fósforo (P)	
	kg/ha
Producción carne (kg/ha)	1255
Extracción (g/kg PV) (*)	7,15
Extracción total (kg N/ha)	8,97
Erosión (kg/ha)	9,91
Fertilización del MAP (kg/ha)	20,00
Balance (kg/ha)	1,12
Carbono orgánico (CO)	
	t/ha
Aporte CO forrajes. (t/ha)	11,82
Aporte CO estiércol (t/ha)	2,67
Coeficiente de humificación	0,50

Total Aportes (t/ha)	7,24
Contenido de MO % (0-20 cm)	1,34
Densidad aparente (t/m ³)	1,13
CO 0-20 cm (t/ha)	17,59
Coefficiente de mineralización	0,057
Total extracción (5 ha)	5,01
Balance (t/ha)	2,23

V.3. Resolución de la Matriz de PL y valorización del suelo erosionado

La información del **Anexo 1** indica que en toda la estepa pampeana predominan los sistemas mixtos y dentro de ellos aquellos que poseen ciclo completo en la actividad ganadera bovina. Debido a que el presente trabajo tiene un fuerte componente agrícola y para reducir la complejidad que implica incluir un ciclo completo, con todos sus componentes desagregados, en este estudio se consideró una actividad de invernada. De esta forma, su coeficiente objetivo es el MB, con una estructura de cálculo similar a las demás actividades agrícolas.

La superficie total de la EAP utilizada en la matriz, resulta del promedio de aquellas clasificadas como Sistemas Mixtos en la Subzona "Castex". Según la base de datos provista por **Caviglia y col. (2008)** esta superficie es de **506 ha**, sobre una población de 901 EAPs, de las que se excluyeron aquellas inferiores a 50 ha y superiores a 2000 ha. En el primer caso, se consideraron emprendimientos no comerciales y/o con pocas posibilidades de diversificar sus actividades productivas. En el extremo superior, además de estar poco representadas en número, se corresponde a empresas agropecuarias de donde su organización de gestión, escala productiva y paquetes tecnológicos, no son los predominantes regionalmente, o responden a estrategias empresariales de integración vertical u horizontal.

Los precios de productos de la serie correspondieron a cotizaciones del disponible 2007, lo que se corresponde con resultados "ex post", para las actividades que integran la matriz. El **Anexo 6** presenta la serie de precios utilizada para las actividades de la matriz.

El precio final utilizado, por producto, es un promedio diario según el siguiente calendario:

- Trigo: desde el 15 de Diciembre al 15 de Enero;
- Girasol: promedio del mes de Marzo;
- Soja: promedio del mes de Abril;
- Maíz: promedio del mes de Mayo y
- Carne: también el mes de mayo, considerado el mes que concentra la mayor parte de las ventas y sobre la base de una duración de 15 meses de la invernada.

Estas cotizaciones confirman la tendencia de los futuros 2007 del año anterior. El **Cuadro 76** compara ambos escenarios, destacándose la mayor recuperación del maíz y la carne, lo que posiciona mejor a estas actividades a la hora de competir en la solución final.

Cuadro 76: Comparación del mercado de futuros y disponible de 2007

	Futuro 07	Disponible 07	Variación
Trigo	360,44	372,44	+3%
Soja	524,47	590,14	+13%

Maíz	292,03	365,50	+25%
Girasol	568,78	628,45	+10%
Carne	2,36	2,70	+15%

Fuente: precios de insumos Márgenes Agropecuarios y fyo.com

En este escenario las oleaginosas se ubican en la banda de 190 a 200 US\$/t, con una brecha de 70 a 80 u\$/t con las gramíneas. La relación de precios se modificará sustancialmente con los valores de 2008, ampliando la brecha a favor de las oleaginosas frente a las gramíneas y con un retraso manifiesto del valor de la carne.

La RC (*costo del kg fertilizante/ cotización del kg grano de trigo*) es desfavorable para la fertilización a nivel de Dosis Económica Óptima (DEO). Cabe recordar que solo conviene fertilizar cuando la RC se ubica entre 6 y 7 (**Bono y Alvarez, 2006**). Para alcanzar este índice la relación de precios cereal/fertilizante debe modificarse en un 35%.

La fecha de referencia para los insumos de trigo, pasturas y verdes fue el de Junio de 2006, con un tipo de cambio de 3,10. Para la cosecha gruesa y verdeo de verano se utilizaron los de Octubre del mismo año, con un tipo de cambio de 3,12\$/U\$.

A partir de las especificaciones técnicas de cada alternativa, desarrolladas en el apartado V.2 se calcularon los MB de todas las actividades que integran la matriz y que se resume en el **Cuadro 77**. Los valores de MB calculados son los coeficientes objetivos dentro de la matriz (**Anexos 5 y 6**).

Cuadro 77: Resultados económicos de las actividades productivas

Actividades	Tr SC Bc	Tr SC DEO	Tr SC DMR	Tr SD DRO	Gi SC Base	Gi SC PM	Gi SD AP	Gi SD FER	
	Unidades								
Rendimiento		1,50	2,54	2,83	3,52	1,09	1,63	2,37	2,77
Ingreso bruto (IB)	\$/ha	559,12	946,88	1053,08	1310,20	682,31	1023,46	1488,67	1740,05
Comercialización:									
Bonificación						61,41	92,11	119,09	139,20
Comisión	\$/ha	16,77	28,41	31,59	39,31	20,47	30,70	44,66	52,20
Flete corto	\$/ha	24,39	41,31	45,94	57,16	16,34	24,50	35,64	41,66
Flete largo	\$/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	82,30	123,45	179,56	209,88
Sellos+registro+I.B.	\$/ha	4,14	7,02	7,80	9,71	4,51	6,76	9,83	11,49
Cosecha	\$/ha	46,24	78,31	87,09	108,35	54,58	81,88	119,09	139,20
Costos Impl. Y Protección	\$/ha	196,23	336,12	526,52	598,48	266,07	302,79	467,01	605,92
Margen Bruto (MB)	\$/ha	271	456	354	497	299	545	752	819
Precio neto de comerc. y cosecha	\$/t	311,63	311,63	311,63	311,63	520,88	520,88	514,60	514,60
Fracción del precio pizarra		84%	84%	84%	84%	83%	83%	82%	82%

Cuadro 77 (continuación): Resultados económicos de las actividades productivas

Actividades		Sj SD AP	Sj SD PM	Sj SC PMB	Sj2°SD	Ma SD AP	Ma SD PM	Ma SC PB	Inv.
Rendimiento	Unidades	3,00	2,40	2,00	1,70	8,45	5,82	3,75	
Ingreso bruto (IB)	\$/ha	1770,42	1416,34	1180,28	1003,24	3088,71	2126,14	1368,90	
Comercialización:									
Bonificación									
Comisión	\$/ha	53,11	42,49	35,41	30,10	92,66	63,78	41,07	
Flete corto	\$/ha	25,36	20,29	16,91	14,37	71,43	49,17	31,66	
Flete largo	\$/ha	169,70	135,76	113,14	96,17	478,04	329,06	211,86	
Sellos+registro+I.B.	\$/ha	12,18	9,74	8,12	6,90	19,57	13,47	8,67	
Cosecha	\$/ha	141,63	113,31	94,42	80,26	247,10	170,09	109,51	
Costos Impl. Y Protección	\$/ha	805,80	676,79	678,29	410,92	997,31	781,98	317,28	1056,91
Margen Bruto (MB)	\$/ha	563	418	234	365	1183	719	649	1992
Precio neto de comerc. y cosecha	\$/t	456,14	456,14	456,14	456,14	257,96	257,96	257,96	
Fracción del precio pizarra		77 %	77 %	77 %	77 %	71 %	71 %	71 %	

En el **Anexo 5** se muestra la estructura final de la Matriz de PL, conformada por las 15 actividades productivas. Se le agregó la actividad “alquiler”, con el objeto de que ésta compita con el resto de las actividades, y a modo de costo de oportunidad o “precio sombra” (PS), en el uso de la tierra. Define la conveniencia o no de llevar adelante las actividades por administración y supone ceder todo el establecimiento a terceros, por lapso de un año, para la siembra de trigo, de alto nivel productivo y tecnológico. Se espera que la estrategia de fertilización de este cultivo tenga un efecto residual en una soja de 2°, cuyo planteo técnico ya fuera descrito en forma individual. El coeficiente objetivo de esta actividad consiste en el ingreso que recibe el productor, a razón de 1,0 t/ha de soja, que para el escenario de precios utilizado equivale a 559,12 \$/ha. Dentro de las restricciones de esta actividad, la tasa de erosión y el balance de nutrientes se corresponden con la suma del trigo 3 (*TrSCDMR*) y la soja de 2° (*Sj 2° SD*). El Anexo también muestra los resultados de la mejor solución lograda, que se discutirán más adelante.

El tiempo de ocupación de los cultivos y los planteos técnicos detallados, también permitieron definir los *períodos de uso del suelo*, dentro de las restricciones técnicas. El tratamiento de estos períodos fue simplificado al dividirse en trimestres y el objetivo fue detectar la intensidad en el uso del suelo, según distintas soluciones, y los costos de oportunidad de la tierra derivados de dichos usos.

El *capital* de trabajo necesario para hacer frente a los costos de las actividades también se distribuyó en forma trimestral. Se partió bajo el supuesto de que no hay limitantes de capital para hacer frente a las actividades, asignándose un monto anual de 370.000 \$. Se complementa la restricción con una actividad de transferencia, la cual aplica una tasa de interés del 2% trimestral (8% anual) a los saldos de cada trimestre,

que a su vez son capitalizados para las erogaciones del siguiente. El objetivo de la restricción es solo mejorar, en términos absolutos, el objetivo de la matriz de *maximizar ingreso*. Ambas restricciones de tipo técnico-económicas, solo permiten enriquecer la estructura de la matriz, debido a que el eje central de su ejecución radica en la inclusión de las restricciones ambientales.

La restricción “*trigo/soja de 2º*” significa que, ante la eventual participación de la actividad soja de 2º en una solución, su dimensión no debe superar la superficie del antecesor trigo; aunque puede ser menor:

$$\text{Sup. soja de 2º} \leq \text{Sup.de trigo}$$

A partir de los datos del **Anexo 5**, en el **Cuadro 78** se resume la dimensión que alcanzan las actividades de la mejor solución de la matriz. El máximo MBT (428.100 \$) se logra con un nivel de erosión de 2.492 t totales, equivalente a 4,76 t/ha.

Cuadro 78: Dimensión de actividades, con máximo MBT

	MBT (miles \$)	Tr SC DMR (ha)	Gi SD FER (ha)	Ma SD AP (ha)
Dimensión	428	143	193	170

El sistema agrícola resultante quedó compuesto por maíz y girasol conducidos en SD, con altos niveles de fertilización y rendimiento. El trigo con dosis máxima de fertilización nitrogenada (TrSCDMR) se ha visto beneficiado por el mejor balance de este macronutriente, aún en desmedro de un mejor rendimiento y MB. Sin embargo, operativamente implicaría alternar hacia un sistema de siembra distinto, además que el trigo en particular, estaría condicionado por la relación entre precios y la eficiencia agronómica, antes discutida.

Del informe de sensibilidad de esta primera solución se extraen los costos de oportunidad (PS) de las restricciones (recursos), que se muestran en el **Cuadro 79**.

Cuadro 79: Costos de oportunidad (PS) de recursos limitantes

Restricción	PS (\$)
Uso tierra (JAS)	509
Uso tierra (OND)	293
Balance N (kg)	-12
Balance P (kg)	-7

Comparando los balances de nutrientes, se observa que *girasol* presenta un déficit marcado en P, mientras que *soja y maíz* lo hacen en N. En la solución anterior, la matriz cumple con las restricciones de balancear ambos nutrientes, asignando en “forma cruzada” una elevada superficie de girasol y maíz. Sin embargo, considerado cada cultivo en forma individual y a la explotación en forma espacial, se generan elevados déficit de ambos macronutrientes. El maíz tiene ventajas sobre la soja en los balances de P y CO y se ve favorecido por el aumento del 25% en su cotización respecto a los valores de futuros. El *trigo* por su parte, compensa su menor ventaja económica con un adecuado equilibrio en las restricciones ambientales.

En el **Cuadro 80** se muestran los CS, extractados del informe de sensibilidad de esta matriz. Se han volcado solamente los datos de aquellas actividades que no ingresaron a la solución, pero que en términos relativos, sus coeficientes objetivos requieren los menores aumentos para poder hacerlo.

Cuadro 80: Costos de sustitución (CS) de la matriz 06/07

	Alquiler	TrSDDRO	Gi SD AP	Sj SD AP	Invernada
CS (\$/ha)	409	361	161	408	1163
Aumento del MB	69%	73%	25%	73%	58%
Nuevo precio (\$/t; \$/kg; t/ha)	1,69	496	711	766	3,73
Aumento precio bruto		33%	13%	30%	38%

La actividad “alquiler” del campo podría competir con un valor equivalente a 1,7 t de soja/ha. Para esta fecha, estos valores eran factibles de encontrar en la zona núcleo de la Región Pampeana, aunque también lo son para el sitio bajo estudio, con las cotizaciones actuales de la soja (2008).

Previamente a la solución presentada, se hicieron sucesivas corridas de la matriz, modificando y ajustando algunas de sus variables, con el objeto de analizar los niveles de sensibilidad y eventualmente mejorar estos resultados:

1. Ajuste del balance de P: En los planteos técnicos de cada alternativa, además de las dosis de reposición de este mineral, se incluyó una dosis de enriquecimiento de hasta +4 kg/ha (Echeverría y García, 1998). Aun así, se corrió el modelo mejorando los balances por encima de estos umbrales y solamente se logró hacer prevalecer el GIRASOL por sobre el resto de las actividades, dada su ventaja económica. Técnicamente, se perdía la alternancia y diversidad de cultivos y daba al sistema un sesgo hacia el monocultivo. En consecuencia, se decidió volver a los planteos iniciales y solo se mejoró el balance de P de la soja de 2° y de la invernada. Para esta última y como ya se mencionó, se ajustó en forma más eficiente la fertilización entre el verdeo de verano y la pastura en implantación.

2. Soja e invernada fuera del sistema: desde el punto de vista del balance de nutrientes, la *soja* mejora el balance negativo de N del maíz, pero según su CS y para este escenario de precios, requiere de una mejora del 30% en su cotización. El futuro 2008 fue solo un 25% superior y recién el precio promedio del disponible Abril de 2008 alcanzó los 1090,00 \$/t. Sin embargo, este nivel de precios significaría un escenario totalmente diferente y para todos los productos. Aun así, se parametrizó el precio de la soja aumentándolo paulatinamente hasta un 35%. Como era de esperar, la solución reemplaza el cultivo de maíz por el de soja, reduciendo en casi un 50% el trigo. Los PS de N y P no se modifican sustancialmente y el MBT aumentó un 5%, con subutilización de la tierra. La mejora de este resultado se hace a expensas de mayor erosión eólica, del orden de 1 t/ha. Esta alternativa no fue superadora desde el punto de vista ambiental y no logró mejorar la diversidad en el uso del suelo.

Desde el punto de vista ambiental la *invernada* ofrece balances de N y CO sustancialmente superiores a las actividades agrícolas, además de una tasa integrada de erosión, relativamente baja. Agronómicamente brinda un mejor aprovechamiento del uso del suelo a lo largo del año al incluir pasturas perennes y verdes de invierno y de verano. Cuando se introduce un déficit en el capital de trabajo, y límites mínimos en la tasa de erosión eólica, la invernada aparece claramente en la solución, aunque también queda subutilizada la superficie total. Por otro lado, la limitante financiera es una variable presente en la gestión de la empresa agropecuaria. Estas consideraciones motivaron a buscar alternativas para un nuevo escenario donde la producción de carne

forme parte de la solución y que el resultado económico quede subordinado a un sistema productivo equilibrado técnica y ambientalmente.

Para valorizar el efecto de la erosión eólica, se tomo como punto de partida la solución presentada, con el máximo MBT. A partir de se este punto, se establecieron niveles crecientes de la tasa de erosión eólica, a los que les correspondía una nueva solución y un nuevo MBT. Esta parametrización se condujo hasta el nivel de erosión total máxima que es aprovechada por la matriz de PL, haciendo uso de la combinación de actividades y recursos disponibles. En la **Figura 12** se presenta la función lineal, producto de permitir el aumento en la erosión eólica en el modelo, por encima de las 2492 toneladas, valor en el que se alcanzaba el máximo MBT.

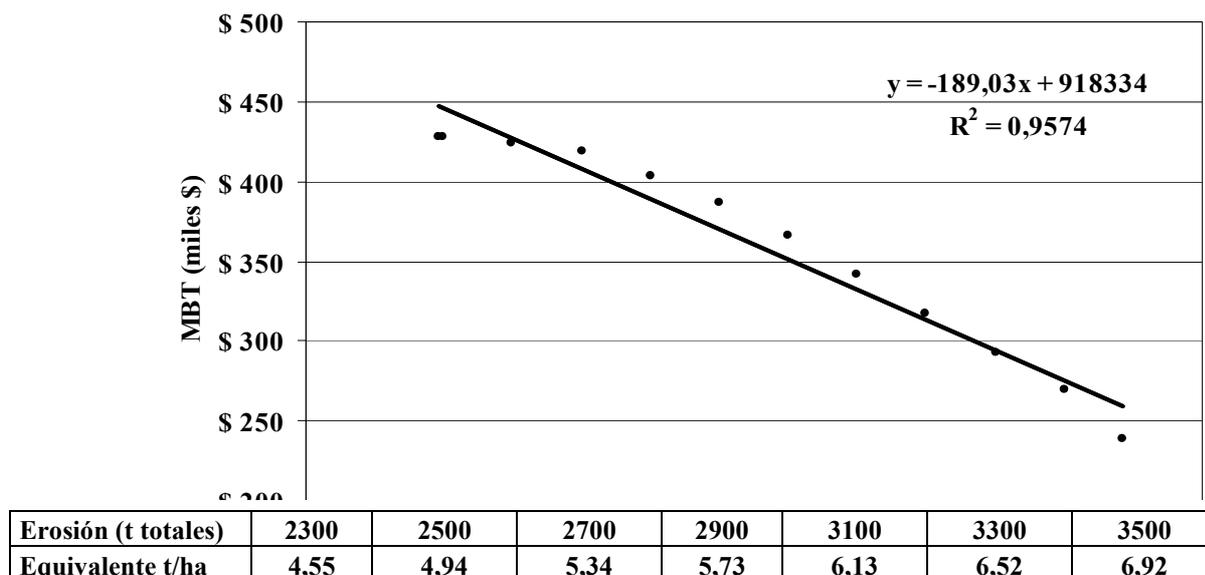


Figura 12: Margen bruto total (MBT) en función de la erosión eólica total. Sistema agrícola

Los variable erosión de la figura, expresada en toneladas totales, equivale a una evolución en la tasa de erosión desde 4,9 t/ha hasta 6,9 t/ha, para las 506 ha totales del establecimiento. La estructura de la matriz brinda soluciones hasta un nivel de erosión de 3.480 toneladas totales, lo que equivale a una tasa de casi 7 t/ha y un disminución del MBT hasta los 238.023 \$ (-44%).

El coeficiente “b” de la función indica que por cada tonelada de suelo erosionado, el MBT del sistema productivo planteado se reduce en \$ 189. Este es el monto en el que valoriza la tonelada de suelo en sistemas productivos cuya combinación de actividades resultan con tasas de erosión crecientes, para un determinado escenario de precios y sitio específico.

El girasol fertilizado (*Gi SD FER*) reduce su participación paulatinamente. Es reemplazo por la alternativa de producción media (*Gi SC PM*), que se estabiliza en 53 ha. El maíz mantiene su dimensión y logra superar las 170 ha originales. El trigo (*Tr SD DRM*) aumenta su ocupación inicial desde 170 ha a 244 ha, hasta las 2.900 t de erosión, a partir de la cual ya no participa en la solución. El alquiler aparece en la solución a partir de las 3000 t de erosión hasta un máximo de 264 ha, que equivale al 52% de la superficie de la EAP.

Según los valores de CS del **Cuadro 80** la carne necesitaría un precio de 3,73 \$/kg es decir un aumento, “ceteris paribus”, del 38%. Para a categoría de referencia,

tanto los precios máximos promedio y sus desvíos, de Mayo de 2007, como los del primer trimestre de 2008, no se alcanzaron los 3,40 \$/kg.

La matriz de PL brinda la posibilidad de forzar la introducción de la invernada a través de “permisos”. En este tipo de restricciones se entiende que algunas actividades (coeficiente negativo) hacen posible que aparezcan otras (coeficiente positivo). De esta forma es posible establecer un “mínimo” de cierta actividad, que a modo de ejemplo se puede establecer en un 10% de invernada:

$$\text{Invernada} \geq 10\% \times (\text{Act. 1} + \dots + \text{Act. N} + \text{invernada})$$

La inecuación de la restricción queda modelada de la siguiente forma:

$$\text{Mínima invernada (ha): } +0,9 \text{ Invernada} - 0,1 \text{ Act. 1} \dots - 0,1 \text{ Act. n} \geq 0$$

Con la intención de generar un sistema mixto que incluya a la ganadería y para evitar el uso de una restricción técnica, se optó por testear un valor de la carne de 3,73 \$/kg, indicado por los costos de sustitución (38%). Durante el primer semestre de 2008 este precio fue alcanzado ocasionalmente por esta categoría de novillos, aunque en el mismo lapso los cultivos aumentaron considerablemente su cotización. El girasol duplicó su cotización; la soja aumentó un 85%, mientras que en trigo y maíz, el aumento fue del 40% y 43% respectivamente.

El **Cuadro 81** muestra la solución que ofrece la matriz para el sistema productivo mixto y su comparación con el sistema agrícola anterior y para el mismo escenario de precios. Nuevamente, se presenta la dimensión que alcanzan las actividades, para el máximo MBT a obtener y sin limitaciones de capital.

Cuadro 81: Dimensión de los sistemas agrícola y mixto, con máximo MBT

	MBT (miles \$)	Tr SC DMR (ha)	Gi SD FER (ha)	Ma SD AP (ha)	Invernada (ha)
Sistema mixto	428	---	153	110	49 (245)
Sistema agrícola	428	143	193	170	---

El máximo beneficio (similar al de la solución anterior) se alcanza con un nivel total de erosión eólica de 2.162 t (menos 13%). Los detalles de la matriz para este escenario, se pueden observar en el **Anexo 6**. En esta solución, la ganadería tendría una ocupación efectiva de 245 ha (48%). Según la rotación propuesta (4x1), a las pasturas consociadas les corresponderían 196 ha totales, más una unidad de rotación de 49 ha, dividida en un doble cultivo de verdeo de invierno y de verano. El maíz de alta producción se redujo en 60 ha y el girasol fertilizado lo hizo en 40 ha. El trigo no participa en esta solución quedando de esta forma solamente cultivos agrícolas de cosecha gruesa y ambos conducidos en SD.

Resulta interesante analizar que si trasladamos la relación de precios *kg carne/kg de grano* del nuevo sistema propuesto, al escenario de precios del 2008, la cotización de trigo y maíz se debería corresponder con un valor de la carne entre 5,4 a 6,1 \$/kg. Según el incremento alcanzado por las oleaginosas la carne debería valer 7,3 y 8,2 \$/kg, para que la actividad compita con soja y girasol respectivamente.

Según se observa en el **Cuadro 82**, los costos de oportunidad (PS) no variaron sustancialmente respecto al escenario anterior. El mayor valor en el uso de la tierra del trimestre JAS alcanza los 526 \$/ha. Significa que se podría aumentar la superficie

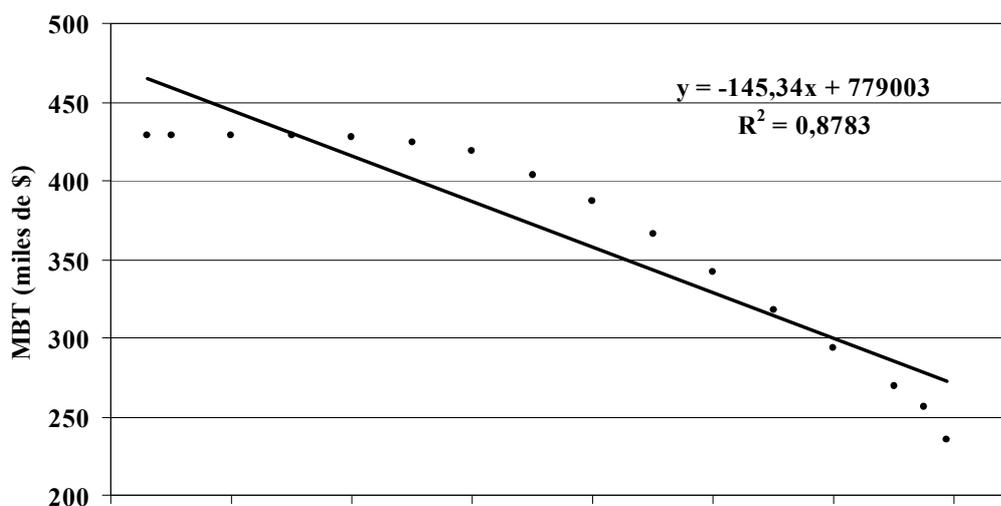
explotada, pagando este valor como alquiler máximo. En términos de producto, equivaldría a 0,9 t/ha de soja o 141 kg/ha de carne.

Cuadro 82: Costos de oportunidad (PS) de recursos limitantes en el sistema mixto

Restricción	PS
Uso tierra (EFM)	71
Uso tierra (JAS)	525
Uso tierra (OND)	226
Balance N (kg)	-11

Aplicando la misma metodología de valorización de la erosión eólica, al elevar la tasa de erosión eólica, la ganadería cede su espacio al alcanzarse las 3.000 toneladas y comienza a ingresar a la solución la alternativa de alquiler del campo hasta ocupar el 50% de la superficie (252 ha). El trigo con rendimiento objetivo (*TrSDRO*), alcanza una dimensión máxima de 184 ha, para luego ser desplazado paulatinamente por la actividad alquiler. El girasol (*Gi SD FER*) es reemplazado por su alternativa de producción media (*Gi SC PM*), que se mantiene en alrededor de 50 ha, en la situación de máxima erosión. El maíz de alta producción retiene una superficie de 168 ha con una erosión total de 3450 t.

Aplicando la misma relación de MBT y erosión, se obtiene la función que se muestra en la **Figura 13** para el rango de erosión comprendido entre las 2162 y 3486 toneladas totales.



Erosión (t totales)	2100	2300	2500	2700	2900	3100	3300	3500
Equiv. t/ha	4,15	4,55	4,94	5,34	5,73	6,13	6,52	6,92

Figura 13: Margen bruto total (MBT) en función de la erosión eólica total. Sistema mixto

Para este nuevo escenario, que incluye a la ganadería, el costo de cada tonelada de suelo erosionado se reduce un 23% (145 \$) respecto al modelo agrícola. En ambos escenarios, la matriz de PL trabajó con una tasa máxima de erosión eólica que no llega a las 7 t/ha, valor aun por debajo del umbral antes mencionado de 8 t/ha.

VI. Conclusiones y recomendaciones

El desarrollo de esta investigación puso en evidencia que, en los sitios estudiados de la estepa pampeana, el fenómeno de la erosión eólica actual superó valores umbrales compatibles con la “salud” del suelo, tanto en valores promedios anuales de rotaciones como en ciclos agrícolas específicos.

Las pérdidas de N y P involucradas en este fenómeno, e incorporadas como costo de reemplazo, afectan los costos privados, provocando eventuales quebrantos a nivel de margen bruto, en el corto plazo.

La diferencia entre el *MB inicial* y el *MB final (neto de IA)*, está indicando el costo social o pago que debería realizarse al agroecosistema, por las pérdidas causada por la erosión eólica, en la provisión de estos servicios ecológicos (SE). Sin embargo, tecnologías disponibles para el productor y que no implican mayores costos de producción, tienden a reducir estos procesos a niveles compatibles con sistemas sustentables en el largo plazo.

Algunas de las tecnologías de insumos y procesos tratadas en este trabajo incluyen el uso de la siembra directa, el manejo eficiente del agua almacenada mediante barbechos y la elección de cultivos antecesores adecuados (rotaciones planificadas).

Otros factores de manejo como son el aporte de residuos, el cuidado de la cobertura o la frecuencia e intensidad del pastoreo, que juegan un rol importante en el aporte de materia orgánica y a la fertilidad física del suelo.

En agricultura, resulta imperioso utilizar estrategias de fertilización para mejorar el balance de nutrientes y por ende la fertilidad química del suelo.

Según se discutió previamente, los escenarios de precios mostraron gran volatilidad desde 2006 y para este trabajo se eligió un único escenario (*precio de insumos de 2006 y precios disponibles de productos de 2007*). Es decir, se consideraron los costos al momento de la siembra y los precios al momento de la cosecha. También se probaron otros escenarios de precios que combinaron cotizaciones de futuros y disponibles, observándose que los resultados de los sistemas propuestos por la matriz de PL no variaron sustancialmente, manteniendo en la solución, alternativas consideradas tecnológicamente mejoradas. Esto último demostró la robustez de las propuestas desde el punto de vista técnico-agronómico, frente a la variabilidad de precios.

Las conclusiones que se describen a continuación se basaron en resultados y observaciones parciales, detectadas a lo largo del trabajo:

- El modelo EWEQ detectó menores tasas de erosión eólica en *siembra directa* (SD) que en *siembra convencional* (SC). En condiciones de monocultivo de trigo (Sitio Guatraché), esta diferencia alcanzó un **44%** entre la rotación 1 (2000-2004), conducida totalmente en SC y la rotación 2 (2005-2007) donde se utilizó la SD (5,6 vs. 10,0 t/ha año, respectivamente).

La rotación SA2 (Sitio Castex Sur-Anguil), conducida en SD, presentó un **21% menos** de erosión que la rotación SA1, con predominio de SC (9,7 t/ha año vs. 12,3 t/ha año, respectivamente). Se estima que la tasa de erosión en esta última rotación, se redujo producto de la incorporación de experiencias aisladas de SD (maíz 98/99 y maíz 02/03).

El efecto del sistema de siembra también se registró dentro de una misma rotación y para el ciclo de diferentes cultivos. Por ejemplo, en la única rotación del sitio Castex Sur-Santa Rosa, el girasol en SC, produjo una erosión de 9,82 t/ha durante la campaña 03-04, mientras que el mismo cultivo, conducido en SD, alcanzó las 5,85 t/ha año, en la campaña 06/07 (**59% menos**).

En la rotación SA1 (Sitio Castex Sur-Anguil) el cultivo de trigo realizado en SC presentó una erosión de 12,03 t/ha en la campaña 00/01 y de 4,71 t/ha en SD, en la campaña 03/04 (**61% menos**).

El girasol en SC (Sitio Pico Sur-Catriló) produjo, en promedio, 11,6 t/ha de erosión en las campañas 96/97, 97/98 (rotación ET 3.1) y 97/98 (rotación ET 2.1); mientras que en SD, en la campaña 05/06 y 06/07 (rotación ET 3.2) y 05/06 (rotación ET 2.2) produjo una tasa de 5,5 t/ha (**53% menos**).

La reducción de la erosión producida por SD, en todos los casos, significó un pasaje del *grado de erosión de moderado/severo a erosión ligera*.

- Una situación particular se presentó en la rotación del Sitio Pico Norte o en casos específicos como el ciclo de maíz en SD 02/03, del sitio Castex Sur-Anguil. La utilización de barbechos químicos prolongados entre la cosecha y la siembra de cultivos de verano, hizo que el modelo EWEQ arrojara valores de erosión superiores a las 10 t/ha. La aplicación de más de 2 tratamientos químicos con herbicidas, redujo sensiblemente el nivel de cobertura de residuos, que se manifestó en variables del modelo como la *Small Grain Equivalent* (SGe). Para estos casos, resultaría valioso tener información detallada sobre cantidad y calidad de los residuos remanentes (rastros); sobre la cobertura producida por las malezas entre aplicaciones; sobre el efecto de cultivos con destino de cobertura; eventuales pastoreos o el uso de abonos verdes.
- En este sentido, cuando se simuló la tasa de erosión eólica en las alternativas agrícolas de alta tecnología y que integraron la matriz de PL, se puso énfasis en utilizar barbechos prolongados. Paralelamente se controló que la variable SGe del modelo EWEQ, mantuviera volúmenes de cobertura vegetal compatibles con tasas de erosión de grado ligera (< 8 t/ha). Para alcanzar estos objetivos fueron necesarios entre 800 a 900 kg de MS/ha durante el período de barbecho químico del *maíz en siembra directa de alta producción (MaSDAP)*, con antecesor cosecha gruesa. En la misma situación, pero para el *maíz en siembra directa de producción media (MaSDPM)*, fueron necesarios de 400 a 500 kg MS/ha, con un corte previo de verdeo invernal. En el caso de la *soja en siembra directa de alta producción (SjSDAP)*, fueron necesarios de 500 a 700kg MS/ha, utilizando maíz de cosecha con antecesor. En la soja en *siembra directa de producción media (SjSDPM)*, fueron suficientes entre 100 y 200 kg MS/ha, con un corte previo de verdeo invernal.

En próximas investigaciones deberían profundizarse las evaluaciones de este tipo de situaciones que incluyen también a la ganadería, con pastoreos intensivos que afecten la cobertura vegetal.

- El modelo EWEQ está siendo ajustado con mejoras continuas y actualizaciones en su estructura, tanto por sus desarrolladores del extranjero como por los investigadores locales. Se ha podido comprobar que la disponibilidad de datos y su calidad, generan resultados más confiables. Por ello, de lograrse mejores niveles de información a nivel predial, posibilitaría mayor certeza predictiva en la aplicación del modelo. Están en desarrollo versiones como la WEPs y RWEQ que básicamente

requieren mayor cantidad de información para su funcionamiento, aunque evaluaciones preliminares indican variabilidad en sus resultados y en general subestiman las mediciones realizadas a campo.

- Particular atención deberá prestarse a las **fechas de los registros**, ya que las mismas permiten calcular, por ejemplo, los destinos ganaderos y agrícolas de un lote, para luego obtener resultados productivos fehacientes. En el caso del modelo EWEQ, es vital la precisión de este dato, debido a su estrecha vinculación con las variables climáticas, cargadas en su base de datos.

- Otro aspecto central para la toma de decisiones, es el **registro de operaciones**. Esto se debe a que los sistemas mixtos de la Región Semiárida Pampeana incluyen el aprovechamiento directo de forrajeras anuales, perennes y rastrojos. Para ello, resultaría muy valioso el registro de la categoría de hacienda, carga animal y frecuencia de pastoreo (i.e. sitio Pico Sur-Catrilo). En este sentido, sería de gran utilidad, registrar la intensidad del aprovechamiento y/o el volumen remanente de pasto. Con las operaciones provistas por el modelo (“pastoreo”, “quema”, “cosecha”, “crecimiento”, etc.) se facilita la estimación de residuos y cobertura (SGe) y en consecuencia la precisión en los cálculos de erosión. El dato real de rendimiento, condiciona el volumen de residuos post cosecha, el eventual aprovechamiento de rastrojos y, nuevamente, el volumen de cobertura.

- Finalmente, en este trabajo se utilizaron registros detallados de **labores de protección** del cultivo como pulverizaciones de agroquímicos y aplicación de fertilizantes, junto con el tipo y dosis de los insumos utilizados. Estas tareas no influyen directamente sobre el proceso erosivo, pero son fundamentales a la hora de incorporar cálculos económicos.

- El **costo de reemplazo del indicador ambiental (IA)**, compuesto por el equivalente fertilizantes del N y P contenido en el suelo erosionado, fue variable entre cultivos, entre sistema de siembra (SD vs SC) e influenciado por el nivel de costos directos totales. El cultivo de trigo presento, en general, menores tasas de erosión que los cultivos de verano. Sin embargo, el menor costo unitario total también generó mayor variabilidad en los resultados. En trigos en SC con costos entre 70 a 90 U\$/ha y tasa variables entre 7 a 10 t/ha ciclo, el IA participó desde el 20 al 39% (Sitio Castex Norte). Con costos entre 100-120 U\$/ha y tasas elevadas entre 10-12 t/ha, esta incidencia se ubico entre el 30 al 45%. (Sitios Castex Sur-Santa Rosa; Pico Sur y Guatraché). Los casos de trigo en SD registrados en los Sitios Guatraché y Castex Sur-Anguil, arrojaron tasas de erosión entre 4 a 6 t/ha ciclo y una participación del IA entre el 8 al 16% (aproximadamente 140 U\$/ha de los CD totales). Los cultivos de maíz en SC, que tuvieron una erosión entre 5 a 7 t/ha ciclo, el costo de reemplazo fue del 10 al 15%, mientras que aquellos con tasas entre 7 a 8 t/ha fue del 15 a 22% (Sitios Castex Norte y Castex Sur-Anguil). Un caso del Sitio Castex Sur-Santa Rosa, con una erosión de 10 t/ha ciclo, la participación del IA fue del 28%. El maíz en SD mostró valores de alrededor de 4 t/ha, que representó un costo de reemplazo del 8% (Sitio Castex Sur-Anguil). Aun con SD, pero con barbechos prolongados, el modelo EWEQ arrojó para maíz, tasas por encima de las 14 t/ha ciclo, haciendo que la incidencia del IA en los costos fuera del 20% (Sitios Castex Sur-Anguil y Pico Norte). Este valor se diluyó, porcentualmente, en esquemas de costos directos elevados (280-300 U\$/ha). Los lotes de girasol en SC presentaron tasas de erosión superiores al maíz. Con valores moderados entre 8 a 10 t/ha ciclo, el costo de reemplazo tuvo un participación entre el 20 al 35%. En el Sitio Castex Norte se

presentó un caso de 12 t/ha ciclo, donde la participación del IA fue del 42%, mientras que en el Sitio Pico Sur se encontró el valor máximo absoluto de erosión con 16 t/ha ciclo, que representó una participación del IA del 52%. En el girasol en SD, las tasas de erosión variaron entre 4 a 6,5 t/ha, con una incidencia del IA en los costos entre 8 al 21% (Sitios Castex Sur-Anguil y Pico Sur). En el Sitio Pico Norte y aún utilizando SD, un tasa extrema de 13 t/ha produjo un efecto del IA del 22%, influenciado por un costo directo total superior a los 280 U\$/ha. Aquellos cultivos de soja en SC con costos directos por encima de los 150 U\$/ha y con tasas de erosión entre 7 a 9 t/ha tuvieron una incidencia en los costos del IA entre el 20 al 30% (Sitios Castex Norte y Pico Sur). Con un costo total relativamente bajo (100 U\$/ha) y una tasa de erosión de 7,2 t/ha, la participación fue del 30% (Sitio Castex Norte). Se detectó un caso con casi 12 t/ha ciclo, donde la participación del IA fue del 39%.

- La incidencia negativa de la erosión sobre el *margen bruto inicial (MB inicial)* de los cultivos, calculada al incorporar los costos de reemplazo de nitrógeno y fósforo y cuya diferencia genera un *MB neto de Indicador Ambiental (MB neto IA)*, manifestó quebrantos solo cuando los rendimientos fueron menores a de ciertos límites. En el caso de trigo, este límite se produjo en dos casos, con rendimientos fueron inferiores a 1t/ha y para maíz, **con una producción inferior a 1,5 t/ha:**

Sitio	Cultivo	Rendimiento (t/ha)	MBnetoIA (\$/ha)	Disminución MB inicial
“Castex Norte”	<i>Tr SC 96-97</i>	0,88	-58	209 %
“Guatrache”	<i>Tr SD 06-07</i>	0,98	-123	109 %
“Castex Norte”	<i>Ma SC 96-97</i>	1,40	-201	133 %

Estos resultados son producto de un escenario de precios (*Febrero 2008*) muy elevados; producto del alza continua de los mismos desde fines de 2006 y donde las oleaginosas resultaron especialmente favorecidas. Los resultados negativos podrían incrementarse frente a caída continua de las cotizaciones desde Marzo de 2008, en combinación con el incremento en el costo de los insumos. Hasta principios de Septiembre los precios de productos se redujeron según el siguiente esquema:

Girasol < 40% (1300 vs 800 \$/t)
 Soja < 20% (1100 vs 800/850 \$/t)
 Maíz < 25% (500 vs 420/440 \$/t)
 Trigo < 10% (580 vs 550 \$/t)

En maíz, los resultados de *MB neto IA* mostraron gran variabilidad, dependiendo del nivel de los costos involucrados. Para la mayoría de los lotes evaluados en SC y con rendimientos entre 2 y 4 t/ha, la reducción en los *MB iniciales* oscilaron entre el 20 al 60%. Con estos niveles productivos, el maíz tuvo una contribución bruta cercana a cero, o que no superó 1 \$ por cada peso invertido (*MB neto IA/Costo directo + IA*). Por encima de las 4 t/ha de rendimiento, la reducción en el MB inicial fue de aproximadamente un 10%. Cuando el trigo rindió entre 2 a 3 t/ha, la disminución promedio en el *MB inicial* fue del 14%.

La excelente cotización del girasol hizo que con pobres rendimientos (entre 1 a 2 t/ha), el efecto en el *MB inicial* fuera del 10%, reduciéndose al 5% cuando la producción superó las 2 t/ha.

Los escasos registros de soja en las rotaciones, **mostraron** que la pérdida en los ingresos fue del 7 al 8%, con rindes entre 2 a 3 t/ha.

- Los resultados obtenidos pusieron en evidencia el ***fuerte déficit de nutrientes al que está sometida la actividad agrícola en la estepa pampeana, particularmente cuando se incluyen en el balance, las pérdidas por erosión eólica.*** Esto fue más evidente en las actividades agrícolas con planteos técnicos convencionales y escasa o nula fertilización. El TRIGO sin fertilizar presentó más de 40 kg/ha de déficit de N en el ciclo productivo y 9 kg/ha de P. Con fertilización moderada logró un superávit por encima de los 30 kg/ha de N. Aún contemplando en el balance, la posibilidad de la *fijación biológica de nitrógeno* (FBN), propia de una leguminosa como la SOJA, el cultivo mostró déficit de N en todas las opciones presentadas, con picos de 15 kg/ha. Este cultivo es deficitario en el balance de CO, excepto en condiciones de alta producción, en la que se manifestó ganancias de 0,12 t/ha. En contraposición a la soja, el balance de P en GIRASOL siempre resultó negativo, aún en la alternativa con mayor dosis de fertilizante. Respecto a CO, mostró el mismo patrón que en soja. El MAIZ es fuertemente deficitario en N, con el mayor valor registrado de 62 kg de N/ha en siembra convencional y sin fertilización. Por otro lado, la alternativa de alta producción mostró el mayor aporte de CO con 0,69 t/ha (altos rendimientos, que generan gran cantidad de residuos remanentes). Como ya fuera mencionado, la INVERNADA obtuvo índices positivos en todos los indicadores ambientales.
- Aún con dosis de fertilización que implicaban enriquecimiento de P⁶, los balances de este nutriente resultaron apenas neutros. La extracción provocada por la erosión eólica, fue la variable que volvió a esta relación negativa. En este sentido, es fundamental diagnosticar los niveles de P en cada lote y, aún asumiendo que los suelos cuenten con niveles medios, es posible que sean necesarias estrategias de recuperación para diversos cultivos, en campañas sucesivas.
- Según **Frank (1981)** es convenientes trabajar las actividades productivas que integran la matriz de PL, en forma desagregada, evitando así quitarle flexibilidad a la resolución a la misma. Por esta razón, se evitó incluir el doble cultivo de trigo/soja de 2° como actividad o microrotación y se las consideró como actividades independientes.
- Dentro de los sistemas mixtos de la estepa pampeana predomina el ciclo completo de la actividad ganadera (más del 50% según zonas), en la cual se integra la cría vacuna y la invernada (engorde de terneros propios y de acopio). En próximas investigaciones, debería considerarse una matriz de mayor complejidad y ajustada a esta realidad, incluyendo en forma *desagregada*, la actividad ganadera en todas sus etapas posibles de producción (cría, actividades complementarias como la venta de terneros, invernada de terneros/as de propia producción, suplementación, compra de reservas, etc.). Por el lado de las restricciones, es posible enriquecer la matriz, distribuyendo la oferta de recursos forrajeros estacionalmente y diferenciando el aprovechamiento de las diferentes categorías.

⁶ A la dosis de P de mantenimiento, se le adicionan cantidades crecientes de P (Echeverría y García, 1998).

- La confección de los planteos técnicos y económicos de las actividades que integran la matriz de PL, permitió detectar déficit en el balance de nutrientes, en aquellos cultivos conducidos con esquemas tradicionales de manejo tecnológico y/o de escaso nivel de fertilización. Por el contrario, se confirma que una actividad ganadera sencilla como la planteada, muestra índices superadores respecto a la agricultura. En función de las restricciones impuestas al modelo, era previsible que predominaran en la solución actividades que involucraron altos niveles de fertilización, y que a su vez ofrezcan rendimientos medio a altos. Por el lado de la erosión eólica, la reducción en las tasas de erosión actual, al utilizar la SD en diferentes cultivos y sitios, puso en evidencia la superioridad de esta práctica a la hora de seleccionar actividades por parte del modelo.
- De acuerdo a una de las hipótesis planteadas en este trabajo, la utilización de la matriz de PL permitió encontrar **una solución que integrara actividades productivas mejoradas desde el punto de vista agronómico-ambiental y a su vez, con la maximización del margen bruto total (MBT), fuera económicamente superadora de las prácticas convencionales.**

La primera solución “agrícola” quedó conformada por trigo en sistema convencional con aplicación de fertilizante en dosis máxima de rendimiento (*TrSCDMR*); maíz en siembra directa y de alta producción (*MaSDAP*) y girasol en siembra directa con fertilización de máxima respuesta (*GiSDFER*). Las dimensiones y esquema de precios de productos, son las siguientes:

Nº orden	Cultivo	Dimensión (ha)	Cotización (\$/t)	MBT (m\$)
<i>Trigo 3</i>	<i>Tr SC DMR</i>	143	373	
<i>Maíz 1</i>	<i>Ma SD AP</i>	170	366	
<i>Girasol 4</i>	<i>Gi SD FER</i>	193	628	
				428

Es importante remarcar que la soja no ingresó a la solución con una cotización de 590 \$/ha, **aunque si lo hizo en los escenarios de precios relativos más favorables, de futuros y disponibles de 2008.** Tampoco lo hizo la invernada con 2,70 \$/kg de peso vivo. El *trigo 3*, que incluyó la máxima fertilización nitrogenada propuesta por la bibliografía, privilegió el mejor balance de N frente al resultado económico. Aun con un planteo en SC, la tasa de erosión utilizada se ubicó por debajo de los valores críticos discutidos previamente. El *girasol 4* y el *maíz 1* respondieron a las alternativas con mejor resultado económico, máxima utilización de insumos y mejor balance de nutrientes.

La solución “mixta”, en la cual se parametrizó un precio de la carne posible de alcanzar, de **3,73 \$/kg**, quedó constituida de la siguiente manera:

Nº orden	Cultivo	Dimensión (ha)	Cotización (\$/t-\$/kg)	MBT (m\$)
<i>Maíz 1</i>	<i>Ma SD AP</i>	110	366	
<i>Girasol 4</i>	<i>Gi SD FER</i>	153	628	
<i>Invernada</i>		235	3,73	

Si se proyecta esta última relación de precios de productos del 2007, hacia principios de 2008, donde las oleaginosas prácticamente duplicaron su cotización, la carne debería valer entre 7 a 8 \$/kg para competir con estos cultivos y en esta estructura de matriz planteada.

Corriendo el modelo para sucesivos aumentos en la erosión eólica se generan distintas soluciones que reducen el MBT logrado. La relación entre ambas variables permitió valorar la tonelada de suelo erosionado en \$ 189, partiendo del sistema agrícola, valor que se reduce un 23% (\$ 145) cuando se parte de una sistema mixto.

- Frente a estos resultados surgen dos grandes interrogantes relacionados con sistemas de alto nivel productivo y tecnológico. Por un lado, el efecto potencial contaminante del suelo y las aguas subterráneas, por parte de fertilizantes y plaguicidas, debido al uso elevado y sistemático. Es necesario desarrollar estudios de cuenca que contemplen diferentes tipos de suelos, presencia y dinámica de napa freática, zonas de recarga, efectos en zonas urbanas, etc. En segundo lugar, es necesario recordar que las condiciones agro climáticas y de marginalidad de las condiciones edáficas de la RSPC, le otorga gran variabilidad a los rendimientos de la agricultura. Aún en las condiciones previstas en los planteos técnicos de este trabajo, los promedios regionales son sensiblemente menores comparados con otros sitios de la Región Pampeana. Esto implica realizar evaluaciones detalladas de la relación de precios insumo-producto porque puede volver económicamente inviable, al uso de los paquetes tecnológicos propuestos.
- La Matriz de PL aquí utilizada, implica realizar un análisis estático o de corto plazo, donde los planteos técnicos de cada actividad y los resultados productivos utilizan información promedio y definida. La solución y su posible adopción se corresponde con la *toma de decisiones bajo certidumbre*, es decir que se asume que cuenta con información conocida en forma determinística. Puede resultar enriquecedor, que en próximas investigaciones se incorpore el concepto de *toma de decisiones bajo riesgo*, en sus componentes producción y de mercado, entre otros. Para ello es posible avanzar con otras herramientas de investigación operativa como son el análisis de Programación Cuadrática o de modelos menos complejos en la obtención de información como MOTAD (Minimization of Total Absolute Deviations) o Target MOTAD (Pena de Ladaga y Berger, 2006).

Muchos años de investigación y experiencias de campo en el ámbito del INTA, la UNLPam, profesionales y sobre todo, el aporte de productores agropecuarios, pudieron integrarse para dar fundamento agronómico a la construcción de los planteos técnicos y definir los niveles productivos utilizados en este trabajo.

En este sentido, fue imprescindible la consulta a especialistas en distintas disciplinas, como son economía agraria, administración rural, sistemas productivos, edafología y manejo de suelos, cultivos agrícolas, producción animal, sistemas de información geográfica, informática y bases de datos, entre otros.

En consecuencia, esta tesis demandó un trabajo interdisciplinario, que permitió una visión sistémica propia de los trabajos y proyectos de investigación y que son requeridos por el sector agropecuario de la RSP.

X. Bibliografía

- Abascal, S.A. ; Buschiazzo, D. E.; Riola, G.; y Guiotto, C.. 2004. “Volatilizacion de amoniaco en un Haplustol fertilizado con urea y fosfato diamonico, en dos sistemas de labranza”. Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 22 al 25 de Junio, Paraná, Entre Ríos.
- Aimar, S.B.; Buschiazzo D.E. y Peinemann, N. 2002. “Pérdidas de materia orgánica y elementos en suelos de la región semiárida Argentina, producidos por erosión eólica”. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn, Chubut. En CD. 28.
- 2002. “Estimaciones cualitativas y cuantitativas de pérdidas por erosión eólica en suelos de la Región Semiárida Pampeana Central”. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. 143 pag.
- Alvarez, C.; Barraco, M.; Días Zorita, M.; Bianca, C. y Pecorari, C. 2005. “Uso de cultivos de cobertura en rotaciones con base soja: efecto sobre alguna propiedades edáficas y rendimiento de los cultivos en un Hapludol típico del noroeste bonaerense”. **En:** “Aspectos de manejo de los suelos en sistemas mixtos de la regiones semiáridas y subhúmeda pampeana”. Boletín de divulgación técnica N° 87. Ediciones INTA. 31 pag.
- Andrade, F. y Calviño, P. 2004. “Soja de segunda. Una opción que suma”. **En:** http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/oleag/soja/andrade_calv.htm . EEA INTA EEA Balcarce.
- Alvarez, R. 1999. “Uso de modelos de balance para determinar los requerimientos de fertilizante nitrogenado de trigo y maíz”. Editorial EUDEBA. 58 paginas.
- 2005 a. Cap. 5: “Fertilización de trigo”. **En:** Fertilización de cultivos de granos y pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. Pag.5569-71. Ed. Facultad de Agronomía, UBA.
- 2005 b. Cap. 7: “Fertilización de maíz”. **En:** Fertilización de cultivos de granos y pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. Pag. 91-110. Ed. Facultad de Agronomía, UBA.
- 2008. “Balance de carbono en los suelos”. **En:** http://www.engormix.com/balance_carbono_suelos_s_articulos_1457_AGR.htm . 6 pag.
- Bono, A; Montoya, J. y Babinec, F. 1999. “Fertilización en girasol. Resultados obtenidos en tres años de estudio”. Publicación Técnica N° 48. EEA Anguil INTA.
- ; Quiroga, A. y Scianca, C. 2003. “Fertilización nitrogenada en la Región Semiárida Pampeana”. **En:** Cultivos de Cosecha Gruesa, Boletín de Divulgación Técnica N° 77. EEA INTA Anguil. pp. 66-78.
- 2005. “Dosis y momentos de aplicación de nitrógeno en girasol en la región semiárida pampeana”. **En:** Cultivos de cosecha gruesa. Actualización 2005. pp. 41-44. Publicación Técnica N° 61. EEA INTA Anguil.
- y Barraco, M. 2005. “Momentos y formas de aplicación de fósforo en maíz bajo siembra directa: en el oeste y noroeste bonaerense. Campaña 2004/05”. **En:**

- Cultivos de Cosecha Gruesa. Actualización 2005. Publicación Técnica N° 61. pag. 43-53. Ed. EEA INTA Anguil (LP).
- y Alvarez, R. 2006. "Rendimiento de trigo y respuesta a la fertilización en la región semiárida y subhúmeda pampeana". XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta 2006.
- 2007 a. "Mineralización de nitrógeno del suelo en la región semiárida pampeana". **En:** Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos en la región semiárida pampeana.. pp. 65-76. Publicación Técnica N° 69. EEA. Anguil. INTA.
- 2007 b. "Recomendaciones de fertilización para girasoles en las regiones semiárida y subhúmeda pampeanas". Informaciones Agronómicas del Cono Sur. IPNI n° 35. pp 1-5.
- 2007 c. "Estimación de nitratos en profundidad en suelos de la región semiárida y subhúmeda pampeana". Informaciones Agronómicas del Cono Sur. IPNI. Pag. 25-26.
- y Romano, N. 2007. "Fertilización con N y P en una secuencia de cultivos agrícolas en la región semiárida pampeana". **En:** Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos en la región semiárida pampeana. pp. 77-84. Publicación Técnica N° 69. EEA. Anguil. INTA.
- Buschiazzo, D.E.; Quiroga, A.R.; Stahr, K. 1991. "Patterns of organic matter distribution in soils of the semiarid argentinean Pampas". Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 154: 437-441.
- y Taylor V.1993. "Efectos de la erosión eólica sobre algunas propiedades de suelos en la Región Semiárida Pampeana Argentina". Ciencia del Suelo 10:46-53.
- ; Zanotti, N.; Mirassón, H.; Zappa, M. y Abascal, S. 2000. "Incidencia económica de la erosión eólica en sistemas de labranza en la región semiárida". Siembra Directa II. 319-325.
- , Martinez. H., Fiorucci, E., Guiotto, C. 2004. "Mapas de erosión eólica actual y potencial en la región semiárida y subhúmeda argentina". Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos.
- y Panebianco, J.E. 2006 a. "Revised Wind Erosion Equation (RWEQ), version 5.03 (EWEQ)". USDA, 1994.
- 2006 b. Management systems in southern South America. In: Peterson GA, Unger PW, Payne WA (Eds.) Dryland Agriculture, 2nd Ed., Monograph 23. ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI. Pp 395-426.
- ; Abascal, S. y Zobeck, T. 2006 c. "Wind erosion in tillage systems in the semiarid Pampa of Argentina". Journal of Arid Environments 69: 29-39.
- Brenzoni E.O.; N. Piantanida; A. Perticari; J.C. Pacheco Basurco; E. Rivero; A. Gauna; S. Escurra; A. Buján; S. Vercellone y L. Brutti. "Eficiencia y competitividad de cepas Bradyrhizobium japonicum introducidas y naturalizadas. IV Congreso Mundial de Investigación en soja. Acta de Resúmenes, Buenos Aires, 1989.
- Casagrande G, 1998. "Boletín de Agrometeorología". Departamento de Agronomía. EEA INTA Anguil (LP).

- y Vergara, G.T. 1996. “Características climáticas de la región”. **En:** “Labranzas en la región semiárida argentina”. Editores: Buschiazzo, D.E.; Panigatti, J.L. y Babinec, F.J. INTA. C.R. La Pampa-San Luis. 126 pag.
- y Vergara, G. T. 2004. Capítulo N° 6. Modelo de producción de soja de la Región Pampeana Semiárida. **En:** "Manual Practico para la producción de Soja. Caracterización climática de la región". Ed. Hemisferio Sur. 256 pag.
- ; Vergara, G.T y Bellini Saibene Y. 2006. “Cartas agroclimáticas actuales de temperaturas, heladas y lluvias de la provincia de La Pampa (Argentina)”. Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam. Vol. 17 N° 1/2. Santa. Rosa (LP).
- Casas, R.R. 1998. Causas y evidencias se la degradación de los suelos en la región Pampeana. **En:** Hacia esa agricultura productiva y sostenible en la pampa. Harvard University; David Rockefeller Center for Latin American Studies; CPIA, Orientación Gráfica Editora S.R.L. Buenos Aires.
- Casas, R.R. 2002. “La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas”. Disertación premio Ing. A Prego 2000. 23 pag.
http://www.inta.gov.ar/suelos/actualidad/conferencias/Disertación_R_Casas.htm
- Caviglia, J. A.; Lorda, H.O. y Lemes, J.D. 2008. “Determinación de Sistemas Agropecuarios Predominantes para la Estepa y el Caldenal de La Pampa”. (en prensa). EEA INTA Anguil.
- Constanza, R. et al. 1997. “The values of the world’s ecosystems services and natural capital”. Nature, V. 387. 253-260.
- Cristeche, E. y Penna, J. A. 2007. “Métodos de Valoración Económica de los Servicios Ambientales”. Una primera revisión bibliográfica. INTA/IES. Buenos Aires.
- Daitsch, N.; Bellini Saibene, Y.; Lucchetti, P.; Caldera, J.; Ramos, L.; Lorda, H.; Roberto, Z.; Cepeda, J. y Pezzola, A. 2007. “CD Interactivo SIG AgroRADAR 1999-2004”. Boletín de Divulgación técnica N° 92. 20 pag. Ediciones INTA. EEA INTA Anguil, La Pampa.
- De la Vega Lozano, J.A. 2008. **En:**
http://engormix.com/perdida_suelos_s_articulos_1954_AGR-htm 3 pag.
- Díaz Zorita, M. “Productividad de cultivos de girasol fertilizados con N en la región de la pampa arenosa. Campaña 1995-1996”. Convenio INTA-AACREA, Zonas Oeste Arenoso.
- ; Buschiazzo, D. and Peinemann, N. 1999. “Soil organic matter and wheat productivity in the Semiarid Argentine Pampas”. Agronomy Journal 91: 276-279.
- Durán, R.; Scoponi, L. y colaboradores. 2005. Cap. 8: “Los costos en la actividad agropecuaria”. **En:** El gerenciamiento agropecuario en el siglo XXI. Bases para una competitividad sustentable. Editorial Osmar D. Buyatti. 559 pag.
- Echeverría, H.E. y García, F.O. 1998. “Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja”. Boletín Técnico N° 149. EEA INTA Balcarce.
- Farber, S; Costanza, R. y Wilson, M. 2002. “Economic and ecological concepts for valuing ecosystems services”. Ecological Economics, 41 (375-392).

- Fernández, R.; Funaro, D.; Quiroga, A. y Noellemeyer, E. 2005 a. “Longitud del barbecho para girasoles en sistemas mixtos de la región pampeana”. **En:** Cultivos de Cosecha Gruesa. Actualización 2005. Publicación Técnica N° 61. Pag. 3-4. Ed. EEA INTA Anguil.
- ; Quiroga, A. y Funaro, D. 2005 b. “Incidencia de la capacidad de retención de agua sobre la eficiencia del barbecho para girasol”. **En:** Cultivos de Cosecha Gruesa. Actualización 2005. Publicación Técnica N° 61. Pag. 5-6. Ed. EEA INTA Anguil.
- ; Funaro, D. y Quiroga, A. 2005 c. “Influencia de cobertura en el aporte de residuos , balance de agua y contenido de nitratos”. Boletín de Divulgación Técnica N° 87. Ediciones EEA INTA Anguil. Pag. 25-31.
- Flores, C.C. y Sarandón S.J. 2002. “¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina”. Revista de la Fac. de Agronomía de La Plata. N° 105 (1), pag. 52-67.
- Frank, R. G. 1977. “Costo y administración de la maquinaria”. Ed. Hemisferio Sur., Buenos Aires. 385 pag.
- 1981. “Formulación de matrices de programación lineal”. Facultad de Agronomía, UBA. 52 pag.
- Funaro, D. y Pérez Fernández, J. 2005. “Rendimiento potencial y fechas de siembra para maíz y girasol”. **En:** Cultivos de Cosecha Gruesa. Actualización 2005. Publicación Técnica N° 61. pag. 37-39. Ed. EEA INTA Anguil (LP).
- Futuros y opciones;
<http://www.fyo.com/cotizaciones/historicos/graficar3.asp?from=Grafico&FechaDesde=01%2F01%2F2003&Fecha=10%2F06%2F2008&mercadoproducto=10004-5&x=29&y=12>
- Futuros y opciones. http://www.fyo.com/granos/cotizaciones/precios_camara.asp
- García, F.O. 2003. “Balance de nutrientes en la rotación: Impacto en rendimientos y calidad de suelo”. 2^{do} Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa organizado por AAPRESID, Proyecto Fertilizar, e INPOFOS Cono Sur. XI Congreso Nacional de AAPRESID (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa). Rosario, Santa Fe, Argentina.
- , 2007. “Fósforo y azufre en el cultivo de maíz”. **En:** www.elsitioagricola.com/articulo/garcia/fosforo%20y%20azufre%20en%20el%20cultivo%20de%20maiz.asp
- y Ciampitti, I.A. 2007. “Planilla de cálculo para estimar requerimientos nutricionales de cultivos de cereales, oleaginosas y forrajeros industriales”. Internacional Plant Nutrition Institute (IPNI).
- González, N. 2006. Fijación e nitrógeno en soja. Situación actual y perspectivas en la Argentina”. **En:** Mercosoja 2006. 3° Congreso de soja del MERCOSUR. Conferencias plenarias, Foros, Workshops, pp 10-13. Rosario, Santa Fé.
- Gutiérrez Boem, F. H. 2005 a. Cap. 9: “Fertilización de girasol”. **En:** Fertilización de cultivos de granos y pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. Pag. 131-141. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. Agosto, 2005.

- Gutiérrez Boem, F. H. 2005 b. Cap. 8: "Fertilización de soja". **En:** Fertilización de cultivos de granos y pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. Pag. 111-129. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. Agosto, 2005.
- INTA y colaboradores. 1981. "Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de La Pampa". INTA, Provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa. Instituto Salesiano de Artes Gráficas (ISAG), Buenos Aires. 493 pp.
- INTA AEES 1732, 2006 "Evaluación de impacto de los servicios ambientales en los sistema de producción y las externalidades asociadas: los casos de las ecorregiones pampeana y chaqueña". Red AEES del INTA: Análisis Socioeconómico de la sustentabilidad de los sistemas de producción de los recursos naturales. Julio de 2006.
- Lorda, H.O. y Gigliazza, J. 1998. "Análisis productivo, tecnológico y económico de productores de Cambio Rural. I Zona norte de La Pampa para los Ejercicios 93/94 al 96/97. Coordinación de Cambio Rural, Area de Desarrollo Rural, EEA INTA Anguil. 19 pp.
- y col. 2001. "Resultados de la Encuesta Agrícola 1999. I. Región Pampeana del Proyecto RADAR". Boletín de Divulgación Técnica N° 1. Imprenta de la EEA INTA Anguil, Área de Apoyo Técnico. 50 pp.
- ; Bellini Saibene, Y.; Sipowicz, A.; Lucchetti, P.; Roberto, Z.; Farrell, M.; y Corró Molas, A. 2003. "Caracterización productiva y tecnológica de los cultivos de verano". **En:** Cultivos de Cosecha Gruesa. Actualización 2003. Boletín de divulgación técnica N° 77. EEA INTA Anguil (LP). 264 pag.
- y Bellini Saibene, Y. "Las Zonas Agroecológicas de *AgroRADAR*". EEA INTA Anguil.
<http://www.inta.gov.ar/pro/radar/info/documentos/zonasagroecologicas/282.htm> .
- Márgenes Agropecuarios. 2006. Año 21, N° 252 de Junio de 2006 y Año 22, N° 256 de Octubre de 2006.
- . 2007. Año 23, N° 265 de Julio de 2007.
- . 2008. Año 23, N° 272 de Febrero de 2008.
- Millennium Ecosystem Assessment.(2005 a) "Ecosystems and human well-being: General synthesis report". 155 pag.
<http://www.greenfacts.org/ecosystems/about-ecosystems.htm>
- Millennium Ecosystem Assessment (2005 b). "Living beyond our means. Natural assets and human well-being. Statement from de board". 2005. 28 pag.
<http://www.maweb.org/en/index.aspx>
- Panebianco, J.E y Buschiazzo, D. 2007. "Wind erosion prediction with the wind erosion equation (WEQ) using different climatic factors". Land Degradation and Development. (en prensa).
- Pena de Ladaga, S. y Berger, A. 2006. "Toma de decisiones en el sector agropecuario. Herramientas de Investigación Operativas aplicadas al agro". Ed. FAUBA. Buenos Aires. 308 pag.

- Penna, J. A. y Cristeche, E. 2008. "La valoración de servicios ambientales: Diferentes Paradigmas". Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y los recursos naturales N° 2. Ed. INTA/IES, 44 pag.
- Perticari, A. 2006. "Fijación Biológica de Nitrógeno: un aporte sustantivo para la producción de soja". En: SOJA Actualización 2006. Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez. Proyecto Regional: Producción Agrícola Sustentable, Informe de Actualización Técnica N° 3.
- Piantanida N.; Brenzoni; E.; Tau, J.; Rivero, E.; Brutti L.; Pacheco Basurco, J.C.; Dieguez, R.N. y Perticari, A. 1991. "Caracterización de poblaciones naturalizadas de Bradyrhizobium japonicum en el área de Marcos Juárez. Necesidad de reinocular el cultivo de soja". Actas de la Primera Reunión Nacional de Oleaginosas, Rosario, Santa Fé.
- Piantanida, N. Perticari, A.; Brenzoni, E.; Rivero, E.; Pacheco Basurco, J.C.; Brutti, L.; Nicolas, M. y Borrero, M. 1992. "Caracterización de poblaciones naturalizadas de Bradyrhizobium japonicum en el área de Oliveros, Prov. Santa Fe. Actas de la XVI RELAR, Santa Rosa, La Pampa.
- Quiroga; A.; Ormeño, O.; Bono, A; y Otamendi, H. 1997 a. "Manejo del agua en el cultivo de girasol en la región semiárida pampeana". **En:** Actualización técnica sobre cultivo de girasol. Boletín de Divulgación Técnica N° 56. INTA EEA Anguil. Pag. 13-19.
- ; Fernández, J.; Montoya, J.; Babinec, F.; y Bono, A. 1997 b. "Manejo del girasol en la región pampeana". **En:** Actualización técnica sobre cultivo de girasol. Boletín de Divulgación Técnica N° 56. INTA EEA Anguil. Pag. 1-12.
- ; Funaro, D. y Fernández, R. 2005. "Propiedades edáficas en molisoles bajo siembra directa". **En:** "Aspectos de manejo de los suelos en sistemas mixtos de la regiones semiáridas y subhúmeda pampeana". Boletín de divulgación técnica N° 87. Ediciones INTA. 31 pag.
- Racca, R, W. 2001. "Algunos conceptos sobre fijación biológica del nitrógeno en el cultivo de soja" .3° Concepto. En:
<http://www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=4557&publi=&idSec=26&id2=4561>
- Roberto, Z. y col. 1998. "Aptitud de uso de la tierra en La Pampa". SAGPyA, INTA y Programa Cambio Rural. EEA INTA Anguil. La Pampa.
- Romero, N. y Ruiz, M. de los A. 2001. "Efecto de la alfalfa y el melilotus usados como forraje y abono verde sobre la producción de pasturas y cultivos". En: Investigación en Producción Animal 1995-1999. Región Subhúmeda y Semiárida Pampeana. BDT 71, Area de Producción Animal, Feb 2001. pp. 42-47.
- Tengberg, A. et al. 1997. "Predicción de cambios de rendimiento y costos causados por erosión en Marcos Juárez, Córdoba". Comunicación. EEA Marcos Juárez, Córdoba. 8 pp.
- Viglizzo, E. F. y Roberto, Z.E. 1991. "Evolución y tendencia del agroecosistema en la pampa semiárida. CPIA. Boletín año III, N° 9. 17-20.
- . 1994. "El INTA frente al desafío de desarrollo agropecuario sustentable. Pag. 1-22. **En:** Desarrollo Agropecuario Sustentable. INTA-INDEC. 85 pag.

- Woodruff N.P. y Siddoway, F.H. 1965. "A wind erosion equation". Soil Science Society of America Proceeding 29. 602-608.
- West, C.P. and Mallarino, A.P. 1996. "Nitrogen transfer from legumes to grasses". In R.E. Joost and C.A. Roberts (eds.), *Nutrient Cycling in Forage Systems*, Potash and Phosphate Institute and Foundation for Agronomic Research, Manhattan, Kansas, pp. 167-175.
- Zanotti, N.L. y Buschiazzi, D. 1997. "Extracción histórica de nitrógeno y fósforo por cultivos de cosecha en la Región Semiárida Pampeana. Su incidencia económica". Actas XVIII Reunión Argentina de Ecología. Pag. 131. Buenos Aires.

VIII. Anexos

Anexo 1. Descripción de sistemas productivos preponderantes

La siguiente información forma parte del Proyecto específico 1731 “*Economía de los sistemas de producción: caracterización y prospectiva*”, perteneciente al Área Estratégica de Economía y Sociología de INTA (AEES). Mediante el procesado de la información del CNA’02 y los siguientes parámetros clasificatorios, se caracterizaron tres tipos de explotaciones por el uso o destino porcentual del recurso suelo:

$$\text{Relación: } \frac{\text{sup. agrícola}}{(\text{sup. agrícola} + \text{sup. ganadera})}$$

- **Sistemas Agrícolas:** se destina más del 80% de la tierra a agricultura.
- **Sistemas Mixtos:** entre el 20% y el 80% de la superficie con agricultura.
- **Sistemas ganaderos:** menos del 20% de la superficie usada en agricultura.

Para cada uno de los sistemas mencionados se determinaron los cultivos realizados en mayor superficie, quedando definidos tres sub-sistemas:

- **Sub-sistema Trigo:** La superficie de trigo vs. superficie agrícola es la mayor.
- **Grano Grueso:** superficie de Girasol + soja+ maíz en relación a superficie destinada a agricultura es la mayor.
- **“V.I.” verano –invierno:** Combinación de ambos tipos de cultivos.

Dentro de la **ganadería** se fijaron orientaciones y niveles comerciales por el siguiente número de cabezas por especie:

- **Bovinos:** más de 200 cabezas adultas
- **Tambos:** más de 40 vacas en ordeño
- **Ovinos:** más de 200 ovejas madres
- **Porcinos:** más de 40 cerdas madre

Subzona “Castex”

MIXTOS	Estratos de superficie (ha)						Total	Dist.
	0-150	151-300	301-500	501-700	701-1000	> 1000		
Mixtos con bovinos > 200 cab.	5	86	120	102	73	91	477	84%
Mixtos con bovinos < 200 cab.	110	104	19	7	2		242	43%
Mixtos c/especies menores	18	13	3	1			35	6%
Total	133	203	142	110	75	91	754	

GANADEROS	Estratos de superficie (ha)						Total	Dist.
	0-150	151-300	301-500	501-700	701-1000	> 1000		
Ganaderos bovinos > 200 cab.	29	125	71	24	21	55	322	57%
Ganaderos bovinos < 200 cab.	171	41	5	1			218	39%
Gan. c/especies menores	23	1	1				25	4%
Total	223	167	77	25	21	52	565	

AGRICOLAS	Estratos de superficie (ha)						Total	Dist.
	0-150	151-300	301-500	501-700	701-1000	> 1000		
Agrícolas c/bovinos > 200 cab.			2	1	2	5	10	8%
Agrícolas c/bovinos < 200 cab.	4	4	2	2	2	1	15	12%

Agrícola preponderante	34	32	18	7	5	1	97	80%
Total	38	36	22	10	9	7	122	

TAMBOS	Estratos de superficie (ha)						Total	Dist.
	0-150	151-300	301-500	501-700	701-1000	> 1000		
Tambos grandes (> 40 vac.)		7	3	2	3	6	21	78%
Tambos chivos (< 40 vac.)	5		1				6	22%
Total	5	7	4	2	3	6	27	

Subzona "Guatrache"

MIXTOS	Estratos de superficie (ha)					Total	Dist.
	0-150	151-500	501-700	701-1000	1001-2000		
Mixtos con bovinos > 200 cab.		91	34	31	37	193	53%
Mixtos con bovinos < 200 cab.	76	88				164	47%
Total	76	179	34	31	37	367	

GANADEROS	Estratos de superficie (ha)					Total	Dist.
	0-150	151-500	501-700	701-1000	1001-2000		
Ganaderos bovinos > 200 cab.		98	32	22	36	188	52%
Ganaderos bovinos < 200 cab.	126	47	3			176	48%
Total	126	145	35	22	36	364	

TAMBOS	Estratos de superficie (ha)					Total	Dist.
	0-150	151-500	501-700	701-1000	1001-2000		
Tambos grandes (> 40 vac.)	13	27	9	6	7	62	24%
Tambos chivos (< 40 vac.)	198					198	76%
Total	211	27	9	6	7	260	

AGRICOLAS	Estratos de superficie (ha)					Total	Dist.
	0-150	151-500	501-700	701-1000	1001-2000		
Agrícolas c/bovinos > 200 cab.		2		2		4	6%
Agrícolas c/bovinos < 200 cab.	6	8				14	22%
Agrícola preponderante	20	25				45	72%
Total	26	35		2		63	

Subzona "Pico"

MIXTOS	Estratos de superficie (ha)							Total	Dist.
	0-150	151-300	301-500	501-700	701-1000	1001-2000	> 2000		
Mixtos con bovinos > 200 cab.	15	667	104	63	73	97	46	465	77%
Mixtos con bovinos < 200 cab.	73	48	10					131	22%
Mixtos c/especies menores	6	2	1			1		10	2%
Total	94	117	115	63	73	98	46	606	

GANADEROS	Estratos de superficie (ha)							Total	Dist.
	0-150	151-300	301-500	501-700	701-1000	1001-2000	> 2000		
Ganaderos bovinos > 200 cab.	45	89	55	24	24	27	16	280	56%
Ganaderos bovinos < 200 cab.	185	23	2					210	42%

Gan. c/especies menores	12	1	1					14	3%
Total	242	113	58	24	24	27	16	504	

AGRICOLAS	Estratos de superficie (ha)							
Tipo/Tamaño	0-150	151-300	301-500	501-700	701-1000	>1000	Total	Dist.
Agrícolas c/bovinos > 200 cab.		1	1	2	2	2	8	8%
Agrícolas c/bovinos < 200 cab.	3	8	5			1	17	16%
Agrícola preponderante	38	19	8	7	5	4	81	76%
Total	41	28	14	9	7	7	106	

TAMBOS	Estratos de superficie (ha)							
Tipo/Tamaño	0-150	151-300	301-500	501-700	701-1000	> 1000	Total	Dist.
Tambos grandes (> 40 vac.)	26	12	8	4	1	9	60	86%
Tambos chivos (< 40 vac.)	9	1					10	14%
Total	35	13	8	4	1	9	70	

Anexo 2.1. Registro del modelo EWEQ. Rotación 13a del Sitio Castex Norte

EWEQ (Ecuación de Erosión Eólica en Español)								
Utilice las celdas amarillas para ingresar la información necesaria.								
Productor:	Sitio CASTEX NORTE 13 a	Estación Meteorológica:	General Pico		Tramo/Parcela:	13a	Lote:	13a
Asesor:		Ancho del lote (en metros):	570	Dirección de labranza (NS/EW):	NS	Bajo riego? (Si/No):	No	
Rotación	13 a	Orientación del lote (NS/EW):	EW	Relación largo/ancho:	1,0	Grupo de erodabilidad:	4	(1-7)
Ubicación:	Embajador Martini, La Pampa	Erodabilidad del suelo ("I"):	300	Valor "C" para la localidad:	7,1			
Erosión potencial media (tha⁻¹ año):			9,9	Años de rotación:	2,0	Erosión potencial total: 19,4 (t/ha)		

Registro de operaciones de manejo y cultivo / Cálculo estimado de cobertura (materia verde y seca) y rugosidad						
Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	N° de riegos por período (#)	Residuos yacentes (%)	Ajuste del rendimiento (%)	Rendimiento (t/ha)
01/01/1996	-	Comenzar rotación			-	-----
14/01/1996	Alfalfa, primavera	Descomposición estival de residuos F		20%		-----
15/01/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Cinzel, puntas torcidas N		80%		--
01/02/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Cinzel, puntas torcidas F		100%		-----
15/02/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Disco pesado, F		100%		-----
04/03/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Disco Tándem, Labor Primaria F		100%		-----
03/04/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Disco Tándem, Labor Primaria F		100%		-----
28/05/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Disco Tándem, Labor Secundaria F		100%		-----
31/05/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco F		100%		-----
15/06/1996	Trigo, invierno, temprano 015	Crecimiento		100%		-----
30/06/1996	Trigo, invierno, temprano 030	Crecimiento		100%		-----
15/07/1996	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----
30/07/1996	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
14/08/1996	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
28/10/1996	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
12/11/1996	Trigo, invierno, temprano 165	Crecimiento		100%		-----
25/11/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Cosecha		50%	-60%	0,8
26/11/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Descomposición estival de residuos F		60%		-----
09/12/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Descomposición estival de residuos F		70%		-----
10/12/1996	Girasol	Arado de reja y vertedera, conservacionista		80%		-----
15/12/1996	Girasol	Disco Tándem, Labor Secundaria F		80%		-----
18/12/1996	Girasol	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		90%		-----
03/01/1997	Girasol 15	Mulch treader		100%		-----
18/01/1997	Girasol 30	Crecimiento		100%		-----
02/02/1997	Girasol 45	Crecimiento		100%		-----
17/02/1997	Girasol 60	Crecimiento		100%		-----
04/03/1997	Girasol 75	Crecimiento		100%		-----
19/03/1997	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----

01/04/1997	Girasol	Cosecha		50%		1,1
02/04/1997	Girasol	Descomposición estival de residuos N		80%		-----
05/04/1997	Girasol	Disco Tándem, Labor Primaria N		80%		-----
30/04/1997	Trigo, invierno, bajo rend.	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco F		90%		-----
15/05/1997	Trigo, invierno, temprano 015	Crecimiento		100%		-----
30/05/1997	Trigo, invierno, temprano 030	Crecimiento		100%		-----
14/06/1997	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----
29/06/1997	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
14/07/1997	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
27/09/1997	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
15/10/1997	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----
30/10/1997	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
14/11/1997	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
29/11/1997	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
14/12/1997	Trigo, invierno, bajo rend.	Cosecha		50%		2,0
15/12/1997	Trigo, invierno, bajo rend.	Finalizar rotación		50%		-----

Nota: este sitio cuenta con las rotaciones 13b; 12; 11a; 11b; 10; 8; 6; 4; 3 y 2.

Anexo 2.2: Registro del modelo EWEQ. Sitio Castex Sur-Santa Rosa

EWEQ (Ecuación de Erosión Eólica en Español)							
Utilice las celdas amarillas para ingresar la información necesaria.							
Productora:	Sitio CASTEX SUR	Estación meteorológica:	Santa Rosa	Tramo/Parcela:	21a	Lote:	21a
Asesor:		Ancho del lote (en metros):	1230	Dirección de labranza (NS/EW):	EW	Bajo riego? (Sí/No):	No
Rotación:		Orientación del lote (NS/EW):	NS	Relación largo/ancho:	1,0	Grupo de erodabilidad:	1 (1-7)
Ubicación:	Santa Rosa, La Pampa	Erodabilidad del suelo ("I"):	193	Valor "C" para la localidad:	11,8		
Erosión potencial media (tha ⁻¹ año):		11,3	Años de rotación:		5,2	Erosión potencial total: 58,3 (t/ha)	

Registro de operaciones de manejo y cultivo / Cálculo estimado de cobertura (materia verde y seca) y rugosidad						
Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	N° de riegos por período (#)	Residuos yacientes (%)	Ajuste del rendimiento (%)	Rendimiento (t/ha)
01/01/2002	-	Comenzar rotación			-	-----
30/04/2002	Malezas, invierno, >6 semanas	Descomposición estival de residuos F		50%		-----
05/08/2002	Malezas, invierno, >6 semanas	Descomposición estival de residuos N		50%		-----
06/08/2002	Malezas, invierno, >6 semanas	Disco Tándem, Labor Primaria N		60%		-----
20/10/2002	Maíz, grano, bajo rendimiento	Disco pesado, F		80%		-----
15/11/2002	Maíz, grano, bajo rendimiento	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		90%		-----
30/11/2002	Maíz, grano 15	Crecimiento		100%		-----
15/12/2002	Maíz, grano 30	Crecimiento		100%		-----
30/12/2002	Maíz, grano 45	Crecimiento		100%		-----
14/01/2003	Maíz, grano 60	Crecimiento		100%		-----
29/01/2003	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
05/06/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Cosecha		50%		2,9

06/06/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 50%		60%		-----
21/06/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 50%		70%		-----
06/07/2003	Malezas, invierno, <6 semanas	Crecimiento		70%		-----
02/09/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Disco pesado, N		80%		-----
15/11/2003	Girasol	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		90%		-----
30/11/2003	Girasol 15	Crecimiento		100%		-----
15/12/2003	Girasol 30	Crecimiento		100%		-----
30/12/2003	Girasol 45	Crecimiento		100%		-----
14/01/2004	Girasol 60	Crecimiento		100%		-----
29/01/2004	Girasol 75	Crecimiento		100%		-----
13/02/2004	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
27/02/2004	Girasol	Cosecha		50%	30%	1,5
28/02/2004	Girasol	Pastoreo, 50%		60%		-----
05/03/2004	Girasol	Disco pesado, N		70%		-----
15/06/2004	Girasol	Disco pesado, F		90%		-----
20/06/2004	Trigo, invierno, bajo rend.	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco N		90%		-----
05/07/2004	Trigo, invierno, temprano 015	Crecimiento		100%		-----
20/07/2004	Trigo, invierno, temprano 030	Crecimiento		100%		-----
04/08/2004	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----
19/08/2004	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
03/09/2004	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
17/11/2004	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
02/12/2004	Trigo, invierno, temprano 165	Crecimiento		100%		-----
18/12/2004	Trigo, invierno, bajo rend.	Cosecha		50%	20%	2,3
10/01/2005	Trigo, invierno, bajo rend.	Disco pesado, F		60%		-----
01/03/2005	Trigo, invierno, bajo rend.	Disco pesado, F		70%		-----
06/03/2005	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco N		90%		-----
05/04/2005	Avena, primavera 30	Crecimiento		100%		-----
05/05/2005	Avena, primavera 60	Crecimiento		100%		-----
20/05/2005	Avena, primavera 75	Crecimiento		100%		-----
01/06/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		100%		-----
16/06/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		50%		-----
17/06/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		60%		-----
01/07/2005	Avena, primavera 15	Crecimiento		100%		-----
01/08/2005	Avena, primavera 45	Crecimiento		100%		-----
01/09/2005	Avena, primavera 45	Crecimiento		100%		-----
15/09/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		100%		-----
01/10/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		50%		-----
02/10/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		60%		-----
20/10/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		60%		-----
28/10/2005	Maíz, grano, bajo rendimiento	Disco pesado, F		80%		-----
02/11/2005	Maíz, grano, bajo rendimiento	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		90%		-----
02/12/2005	Maíz, grano 30	Crecimiento		100%		-----
02/01/2006	Maíz, grano 60	Crecimiento		100%		-----
15/03/2006	Maíz, grano 45	Crecimiento		100%		-----
30/03/2006	Maíz, grano 45	Crecimiento		100%		-----
15/04/2006	Maíz, grano 30	Crecimiento		100%		-----
24/04/2006	Maíz, grano, bajo rendimiento	Crecimiento		100%		-----
25/04/2006	Maíz, grano, bajo rendimiento	Disco pesado, N		50%		-----
20/05/2006	Maíz, grano, bajo rendimiento	Cincol, puntas torcidas N		60%		-----
20/06/2006	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
20/07/2006	Malezas 60	Crecimiento		100%		-----
20/09/2006	Malezas 90	Crecimiento		100%		-----
09/10/2006	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
10/10/2006	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		100%		-----

20/10/2006	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
30/10/2006	Malezas 45	Crecimiento		100%		-----
05/11/2006	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
06/11/2006	Girasol	Sembradora gr. Grueso, abridor tipo doble disco F		50%		-----
21/11/2006	Girasol 15	Crecimiento		100%		-----
06/12/2006	Girasol 30	Crecimiento		100%		-----
21/12/2006	Girasol 45	Crecimiento		100%		-----
05/01/2007	Girasol 60	Crecimiento		100%		-----
20/01/2007	Girasol 75	Crecimiento		100%		-----
04/02/2007	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
25/02/2007	Girasol	Cosecha		50%	40%	1,6
26/02/2007	Girasol	Finalizar rotación		50%		-----

Anexo 2.3: Registro del modelo EWEQ. Sitio Castex Sur-Anguil.

EWEQ (Ecuación de Erosión Eólica en Español)							
Utilice las celdas amarillas para ingresar la información necesaria.							
Productor:		Estación meteorológica:	Santa Rosa	Tramo/Parcela:	13	Lote:	13
Asesor:		Ancho del lote (en metros):	632	Dirección de labranza (NS/EW):	EW	Bajo riego? (Sí/No):	No
Rotación	SA.1	Orientación del lote (NS/EW):	EW	Relación largo/ancho:	1,0	Grupo de erodabilidad:	1 (1-7)
Ubicación:	Anguil, La Pampa	Erodabilidad del suelo ("I"):	300	Valor "C" para la localidad:	11,8		
Erosión potencial media (tha⁻¹ año):		12,3		Años de rotación:	6,4	Erosión potencial total: 78,4 (t/ha)	

Registro de operaciones de manejo y cultivo / Cálculo estimado de cobertura (materia verde y seca) y rugosidad						
Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	Nº de riegos por período (#)	Residuos yacientes (%)	Ajuste del rendimiento (%)	Rendimiento (t/ha)
01/01/1997	-	Comenzar rotación			-	-----
30/04/1997	Alfalfa, primavera	Descomposición invernal de residuos N		50%		-----
19/10/1997	Malezas, primavera, >6 semanas	Disco pesado, N		80%		-----
11/12/1997	Malezas, primavera, >6 semanas	Disco pesado, N		90%		-----
15/12/1997	Maíz, grano, bajo rendimiento	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		90%		-----
12/01/1998	Maíz, grano 30	Mulch treader		100%		-----
27/01/1998	Maíz, grano 45	Crecimiento		100%		-----
11/02/1998	Maíz, grano 60	Crecimiento		100%		-----
26/02/1998	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
24/07/1998	Maíz, grano, bajo rendimiento	Cosecha		50%	50%	4,4
01/09/1998	Maíz, grano, bajo rendimiento	Descomposición invernal de residuos N		50%		-----
16/09/1998	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 25%		60%		-----
01/10/1998	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 25%		70%		-----
20/10/1998	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 50%		80%		-----
21/10/1998	Malezas, primavera, <6 semanas	Crecimiento		100%		-----
29/10/1998	Malezas, primavera, <6 semanas	Crecimiento		100%		-----
19/11/1998	Maíz, grano, bajo rendimiento	Sembradora neumática, SD, c/fertilizadora F		60%		-----

04/12/1998	Maíz, grano 15	Crecimiento		100%		-----
19/12/1998	Maíz, grano 30	Crecimiento		100%		-----
03/01/1999	Maíz, grano 45	Crecimiento		100%		-----
18/01/1999	Maíz, grano 60	Crecimiento		100%		-----
02/02/1999	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
23/07/1999	Maíz, grano, bajo rendimiento	Cosecha		50%	-10%	2,6
29/07/1999	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 25%		60%		-----
13/08/1999	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 25%		70%		-----
28/08/1999	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 25%		80%		-----
21/09/1999	Malezas, primavera, <6 semanas	Crecimiento		100%		-----
28/09/1999	Malezas, primavera, <6 semanas	Crecimiento		100%		-----
05/10/1999	Malezas, primavera, <6 semanas	Crecimiento		100%		-----
12/10/1999	Malezas, primavera, <6 semanas	Crecimiento		100%		-----
19/10/1999	Malezas, primavera, <6 semanas	Crecimiento		100%		-----
16/11/1999	Girasol	Sembradora neumática, SD, c/fertilizadora F		60%		-----
01/12/1999	Girasol 15	Crecimiento		100%		-----
16/12/1999	Girasol 30	Crecimiento		100%		-----
31/12/1999	Girasol 45	Crecimiento		100%		-----
15/01/2000	Girasol 75	Crecimiento		100%		-----
30/01/2000	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
20/03/2000	Girasol	Cosecha		50%	100%	2,2
22/03/2000	Girasol	Pastoreo, 75%		60%		-----
27/03/2000	Girasol	Pastoreo, 50%		70%		-----
01/04/2000	Girasol	Descomposición estival de residuos N		80%		-----
08/04/2000	Girasol	Disco pesado, N		90%		-----
09/04/2000	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
09/05/2000	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
09/06/2000	Malezas 60	Crecimiento		100%		-----
26/06/2000	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
27/06/2000	Malezas, primavera, >6 semanas	Disco pesado, F		90%		-----
29/06/2000	Trigo, invierno, alto rend.	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco N		90%		-----
14/07/2000	Trigo, invierno, temprano 015	Crecimiento		100%		-----
29/07/2000	Trigo, invierno, temprano 030	Crecimiento		100%		-----
13/08/2000	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----
28/08/2000	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
12/09/2000	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
26/11/2000	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
22/12/2000	Trigo, invierno, alto rend.	Cosecha		50%		3,9
01/01/2001	Trigo, invierno, alto rend.	Descomposición estival de residuos N		60%		-----
04/01/2001	Trigo, invierno, alto rend.	Disco pesado, F		70%		-----
28/01/2001	Trigo, invierno, alto rend.	Descomposición estival de residuos N		80%		-----
26/02/2001	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco F		90%		-----
13/03/2001	Avena, primavera 15	Crecimiento		100%		-----
28/03/2001	Avena, primavera 30	Crecimiento		100%		-----
28/04/2001	Avena, primavera 60	Crecimiento		100%		-----
06/05/2001	Avena, primavera 75	Crecimiento		100%		-----
08/05/2001	Avenas, primavera	Crecimiento		100%		-----
25/06/2001	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%		50%		-----
15/09/2001	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		60%		-----
16/09/2001	Avena, primavera 60	Crecimiento		100%		-----
26/11/2001	Avenas, primavera	Crecimiento		100%		-----
28/11/2001	Avenas, primavera	Arrolladora, enfardadora		50%		-----
29/11/2001	Avena, primavera 30	Crecimiento		100%		-----
10/12/2001	Avenas, primavera	Crecimiento		100%		-----
20/12/2001	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		50%		-----

31/12/2001	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%		60%		-----
09/01/2002	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		70%		-----
10/01/2002	Avenas, primavera	Disco pesado, F		80%		-----
21/02/2002	Avenas, primavera	Disco pesado, F		80%		-----
23/03/2002	Avena, primavera 30	Crecimiento		100%		-----
22/04/2002	Avena, primavera 60	Crecimiento		100%		-----
22/05/2002	Avena, primavera 60	Crecimiento		50%		-----
04/06/2002	Avena, primavera 60	Crecimiento		60%		-----
05/06/2002	Avenas, primavera	Crecimiento		70%		-----
06/06/2002	Avenas, primavera	Quema, baja		50%		-----
06/07/2002	Avena, primavera 30	Crecimiento		100%		-----
05/08/2002	Avena, primavera 60	Crecimiento		100%		-----
04/09/2002	Avenas, primavera	Crecimiento		100%		-----
09/10/2002	Avenas, primavera	Quema, baja		100%		-----
13/10/2002	Maíz, grano, bajo rendimiento	Sembradora neumática, SD, c/fertilizadora F		70%		-----
28/10/2002	Maíz, grano 15	Crecimiento		100%		-----
12/11/2002	Maíz, grano 30	Crecimiento		100%		-----
27/11/2002	Maíz, grano 45	Crecimiento		100%		-----
12/12/2002	Maíz, grano 60	Crecimiento		100%		-----
11/01/2003	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
09/04/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Cosecha		50%	40%	4,1
21/04/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 25%		60%		-----
03/05/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 50%		70%		-----
09/05/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 75%		80%		-----
15/05/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Crecimiento		80%		-----
16/05/2003	Maíz, grano, bajo rendimiento	Finalizar rotación		80%		-----

Nota: este sitio cuenta con la rotaciones SA.2

Anexo 2.4: Registro del modelo EWEQ. Sitio Guatraché.

EWEQ (Ecuación de Erosión Eólica en Español)							
Utilice las celdas amarillas para ingresar la información necesaria.							
Productor:	"Campo Pelayo"	Estación meteorológica:	Bordenave		Tramo/Parcela:	21	Lote: 21
Asesor:		Ancho del lote (en metros):	1120	Dirección de labranza (NS/EW):	NS	Bajo riego? (Sí/No):	No
Rotación	SD	Orientación del lote (NS/EW):	NS	Relación largo/ancho:	1,0	Grupo de erodabilidad:	3 (1-7)
Ubicación:	Gral. Campos, La Pampa	Erodabilidad del suelo ("I"):	193	Valor "C" para la localidad:	16,7		
Erosión potencial media (tha⁻¹ año):			5,6	Años de rotación:	3,0	Erosión potencial total: 16,6 (t/ha)	

Registro de operaciones de manejo y cultivo / Cálculo estimado de cobertura (materia verde y seca) y rugosidad						
Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	N° de riegos por período (#)	Residuos yacientes (%)	Ajuste del rendimiento (%)	Rendimiento (t/ha)
01/01/2004	-	Comenzar rotación			-	-----
02/01/2004	Malezas, primavera, >6 semanas	Descomposición estival de residuos N		90%		-----

17/01/2004	Malezas 15	Crecimiento		100%		-----
01/02/2004	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
16/02/2004	Malezas 45	Crecimiento		100%		-----
02/03/2004	Malezas 60	Crecimiento		100%		-----
03/03/2004	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		60%		-----
04/03/2004	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		70%		-----
04/04/2004	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		70%		-----
05/04/2004	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		80%		-----
05/05/2004	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		80%		-----
05/06/2004	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		90%		-----
10/06/2004	Trigo, invierno, bajo rend.	Sembradora gr. Fino, pesada p/SD F		90%		-----
25/06/2004	Trigo, invierno, temprano 015	Crecimiento		100%		-----
10/07/2004	Trigo, invierno, temprano 030	Crecimiento		100%		-----
25/07/2004	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----
09/08/2004	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
24/08/2004	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
25/08/2004	Trigo, invierno, bajo rend.	Crecimiento		100%		-----
26/08/2004	Trigo, invierno, bajo rend.	Fertilizadora fert. sólido F		100%		-----
07/11/2004	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
22/11/2004	Trigo, invierno, temprano 165	Crecimiento		100%		-----
07/12/2004	Trigo, invierno, temprano 180	Crecimiento		100%		-----
22/12/2004	Trigo, invierno, bajo rend.	Cosecha		50%	40%	2,7
22/01/2005	Malezas, primavera, >6 semanas	Descomposición estival de residuos N		60%		-----
06/02/2005	Malezas 15	Crecimiento		100%		-----
21/02/2005	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
08/03/2005	Malezas 45	Crecimiento		100%		-----
23/03/2005	Malezas 60	Crecimiento		100%		-----
24/03/2005	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
25/03/2005	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		100%		-----
25/04/2005	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		90%		-----
25/05/2005	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		90%		-----
25/06/2005	Trigo, invierno, bajo rend.	Sembradora gr. Fino, pesada p/SD F		90%		-----
10/07/2005	Trigo, invierno, temprano 015	Crecimiento		100%		-----
25/07/2005	Trigo, invierno, temprano 030	Crecimiento		100%		-----
09/08/2005	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----
24/08/2005	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
08/09/2005	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
09/09/2005	Trigo, invierno, bajo rend.	Crecimiento		100%		-----
10/09/2005	Trigo, invierno, bajo rend.	Fertilizadora fert. sólido F		100%		-----
22/11/2005	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
07/12/2005	Trigo, invierno, temprano 165	Crecimiento		100%		-----
22/12/2005	Trigo, invierno, bajo rend.	Cosecha		50%	20%	2,3
22/01/2006	Malezas, primavera, >6 semanas	Descomposición estival de residuos N		60%		-----
06/02/2006	Malezas 15	Crecimiento		100%		-----
21/02/2006	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
08/03/2006	Malezas 45	Crecimiento		100%		-----
23/03/2006	Malezas 60	Crecimiento		100%		-----
07/04/2006	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
08/04/2006	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		100%		-----
08/05/2006	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		90%		-----
08/06/2006	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		90%		-----
10/06/2006	Trigo, invierno, bajo rend.	Sembradora gr. Fino, pesada p/SD F		90%		-----
25/06/2006	Trigo, invierno, temprano 015	Crecimiento		100%		-----
10/07/2006	Trigo, invierno, temprano 030	Crecimiento		100%		-----
25/07/2006	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----

09/08/2006	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
24/08/2006	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
07/11/2006	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
22/11/2006	Trigo, invierno, temprano 165	Crecimiento		100%		-----
07/12/2006	Trigo, invierno, temprano 180	Crecimiento		100%		-----
22/12/2006	Trigo, invierno, temprano 195	Crecimiento		100%		-----
24/12/2006	Trigo, invierno, bajo rend.	Cosecha		50%	-50%	1,0
25/12/2006	Trigo, invierno, bajo rend.	Finalizar rotación		50%		-----

Nota: este sitio cuenta otra rotación con los cultivos conducidos en SC.

Anexo 2.5: Registro del modelo EWEQ. Sitio Pico Norte.

EWEQ (Ecuación de Erosión Eólica en Español)							
Utilice las celdas amarillas para ingresar la información necesaria.							
Productor:	Trebolares	Estación meteorológica:	Gral. Pico		Tramo/Parcela:	27	Lote: 27
Asesor:		Ancho del lote (en metros):	1035	Dirección de labranza (NS/EW):	EW	Bajo riego? (Sí/No):	No
Rotación	SD	Orientación del lote (NS/EW):	EW	Relación largo/ancho:	1,0	Grupo de erodabilidad:	1 (1-7)
Ubicación:	Gral. Pico, La Pampa	Erodabilidad del suelo ("I"):	200	Valor "C" para la localidad:	7,1		
Erosión potencial media (tha⁻¹ año):			11,0	Años de rotación:	4,2	Erosión potencial total: 46,2 (t/ha)	

Registro de operaciones de manejo y cultivo / Cálculo estimado de cobertura (materia verde y seca) y rugosidad						
¿Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	Nº de riegos por período (#)	Residuos yacientes (%)	Ajuste del rendimiento (%)	Rendimiento (t/ha)
01/01/2004	-	Comenzar rotación			-	-----
12/02/2004	Alfalfa, primavera	Descomposición estival de residuos N		50%		-----
13/02/2004	Avenas, primavera	Cinzel, puntas torcidas N		80%		-----
05/03/2004	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino, pesada p/SD N		80%		-----
20/03/2004	Avena, primavera 15	Crecimiento		20%		-----
04/04/2004	Avena, primavera 30	Crecimiento		100%		-----
19/04/2004	Avena, primavera 45	Crecimiento		100%		-----
04/05/2004	Avena, primavera 60	Crecimiento		100%		-----
19/05/2004	Avena, primavera 75	Crecimiento		100%		-----
03/06/2004	Avenas, primavera	Crecimiento		100%		-----
18/06/2004	Avenas, primavera	Pastoreo, 75%		50%		-----
03/07/2004	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%		60%		-----
18/07/2004	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		70%		-----
31/08/2004	Avenas, primavera	Quema, baja		70%		-----
02/10/2004	Avenas, primavera	Quema, baja		80%		-----
30/10/2004	Girasol	Sembradora neumática, SD, c/fertilizadora F		90%		-----
14/11/2004	Girasol 15	Crecimiento		100%		-----
29/11/2004	Girasol 30	Crecimiento		100%		-----
14/12/2004	Girasol 45	Crecimiento		100%		-----
29/12/2004	Girasol 60	Crecimiento		100%		-----

13/01/2005	Girasol 75	Crecimiento		100%		-----
28/01/2005	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
12/02/2005	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
27/02/2005	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
09/03/2005	Girasol	Cosecha		50%	50%	1,7
14/04/2005	Girasol	Rastra de dientes F		90%		-----
18/04/2005	Girasol	Quema, media		80%		-----
06/05/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Desmalezadora		80%		-----
05/06/2005	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
05/07/2005	Malezas 60	Crecimiento		100%		-----
04/08/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		80%		-----
19/08/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Quema, baja		80%		-----
18/09/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
12/10/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Quema, baja		80%		-----
27/10/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
29/10/2005	Soja	Sembradora neumática, SD, c/fertilizadora F		90%		-----
13/11/2005	Soja 15	Crecimiento		100%		-----
28/11/2005	Soja 30	Crecimiento		100%		-----
13/12/2005	Soja 45	Crecimiento		100%		-----
28/12/2005	Soja 60	Crecimiento		100%		-----
12/01/2006	Soja 75	Crecimiento		100%		-----
27/01/2006	Soja 90	Crecimiento		100%		-----
26/02/2006	Soja 90	Crecimiento		100%		-----
28/03/2006	Soja 90	Crecimiento		100%		-----
19/04/2006	Soja	Cosecha		50%	30%	3,0
21/04/2006	Soja	Quema, alta		80%		-----
06/05/2006	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
21/05/2006	Malezas 15	Crecimiento		100%		-----
05/06/2006	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
20/06/2006	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
17/07/2006	Malezas, invierno, >6 semanas	Quema, alta		80%		-----
01/08/2006	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
16/08/2006	Malezas 45	Crecimiento		100%		-----
31/08/2006	Malezas 60	Crecimiento		100%		-----
15/09/2006	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
11/10/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Sembradora neumática, SD, c/fertilizadora N		50%		-----
26/10/2006	Maíz, grano 15	Crecimiento		100%		-----
10/11/2006	Maíz, grano 30	Crecimiento		100%		-----
25/11/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Crecimiento		100%		-----
29/11/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Fertilización al voleo		50%		-----
11/12/2006	Maíz, grano 60	Crecimiento		100%		-----
26/12/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
10/01/2007	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
25/01/2007	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
09/02/2007	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
22/02/2007	Maíz, grano, alto rendimiento	Cosecha		50%	-30%	6,1
24/02/2007	Maíz, grano, alto rendimiento	Descomposición estival de residuos N		60%		-----
26/03/2007	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
04/04/2007	Malezas, invierno, >6 semanas	Quema, baja		90%		-----
19/04/2007	Malezas 15	Crecimiento		100%		-----
04/05/2007	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
14/05/2007	Malezas, invierno, >6 semanas	Disco Tándem, Labor Secundaria N		90%		-----
24/05/2007	Malezas, invierno, >6 semanas	Rastra rotativa de púas N		100%		-----
23/06/2007	Malezas 30	Crecimiento		100%		-----
23/07/2007	Malezas 60	Crecimiento		100%		-----

22/08/2007	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
30/08/2007	Malezas, primavera, >6 semanas	Quema, baja		90%		-----
14/09/2007	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
29/09/2007	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
14/10/2007	Malezas, primavera, >6 semanas	Crecimiento		100%		-----
21/10/2007	Girasol	Sembradora neumática, SD, c/fertilizadora N		90%		-----
05/11/2007	Girasol 15	Crecimiento		100%		-----
20/11/2007	Girasol 30	Crecimiento		100%		-----
05/12/2007	Girasol 45	Crecimiento		100%		-----
20/12/2007	Girasol 60	Crecimiento		100%		-----
04/01/2008	Girasol 75	Crecimiento		100%		-----
19/01/2008	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
03/02/2008	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
04/03/2008	Girasol	Cosecha		50%	100%	2,2
05/03/2008	Girasol	Finalizar rotación		50%		-----

Anexo 2.6: Registro del modelo EWEQ. Sitio Pico Sur.

EWEQ (Ecuación de Erosión Eólica en Español)							
Utilice las celdas amarillas para ingresar la información necesaria.							
Productor:		Estación meteorológica:	Santa Rosa		Tramo/Parcela:	3	Lote: 3
Asesor:		Ancho del lote (en metros):	670	Dirección de labranza (NS/EW):	EW	Bajo riego? (Si/No):	No
Rotación	ET 3.1 (SC)	Orientación del lote (NS/EW):	EW	Relación largo/ancho:	1,0	Grupo de erodabilidad:	1 (1-7)
Ubicación:	Catriló, La Pampa	Erodabilidad del suelo ("I"):	300	Valor "C" para la localidad:	9,63		
Erosión potencial media (tha⁻¹ año): 15,4			Años de rotación: 4,2		Erosión potencial total: 64,7 (t/ha)		

Registro de operaciones de manejo y cultivo / Cálculo estimado de cobertura (materia verde y seca) y rugosidad							
Fecha de la operación	Cultivo	Operación	N° de riegos por período	Residuos yacentes	Ajuste del rendimiento	Rendimiento	
(día/mes/año)	(nombre)	(nombre)	(#)	(%)	(%)	(t/ha)	
01/01/1994	-	Comenzar rotación			-	-----	
01/02/1994	Alfalfa, primavera	Crecimiento		100%		-----	
01/03/1994	Alfalfa 15	Crecimiento		100%		-----	
01/04/1994	Alfalfa 30	Crecimiento		100%		-----	
01/05/1994	Alfalfa 30	Crecimiento		100%		-----	
06/06/1994	Alfalfa 30	Crecimiento		100%		-----	
07/06/1994	Alfalfa, primavera	Crecimiento		100%		-----	
31/07/1994	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%		60%		-----	
05/09/1994	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%		70%		-----	
22/09/1994	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%		80%		-----	
04/10/1994	Maíz, grano, bajo rendimiento	Arado rastra		80%		-----	
16/11/1994	Maíz, grano, bajo rendimiento	Rastra doble acción, Labor Secundaria N		80%		-----	
04/12/1994	Maíz, grano, bajo rendimiento	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		90%		-----	
19/12/1994	Maíz, grano 15	Crecimiento		100%		-----	
03/01/1995	Maíz, grano 30	Crecimiento		100%		-----	

18/01/1995	Maíz, grano 45	Crecimiento		100%		-----
02/02/1995	Maíz, grano 60	Crecimiento		100%		-----
17/02/1995	Maíz, grano 75	Crecimiento		100%		-----
10/06/1995	Maíz, grano, bajo rendimiento	Cosecha		50%	70%	5,0
11/06/1995	Maíz, grano, bajo rendimiento	Descomposición invernal de residuos N		60%		-----
21/06/1995	Maíz, grano, bajo rendimiento	Pastoreo, 25%		70%		-----
23/06/1995	Maíz, grano, bajo rendimiento	Arado rastra		80%		-----
24/06/1995	Maíz, grano, bajo rendimiento	Rastra doble acción, Labor Primaria N		80%		-----
25/06/1995	Trigo, invierno, bajo rend.	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco F		90%		-----
10/07/1995	Trigo, invierno, temprano 015	Crecimiento		100%		-----
25/07/1995	Trigo, invierno, temprano 030	Crecimiento		100%		-----
09/08/1995	Trigo, invierno, temprano 045	Crecimiento		100%		-----
24/08/1995	Trigo, invierno, temprano 060	Crecimiento		100%		-----
08/09/1995	Trigo, invierno, temprano 075	Crecimiento		100%		-----
22/11/1995	Trigo, invierno, temprano 150	Crecimiento		100%		-----
07/12/1995	Trigo, invierno, temprano 165	Crecimiento		100%		-----
20/12/1995	Trigo, invierno, bajo rend.	Cosecha		50%	40%	2,7
21/12/1995	Trigo, invierno, bajo rend.	Descomposición estival de residuos F		60%		-----
20/02/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Descomposición estival de residuos F		70%		-----
21/02/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Arado rastra		80%		-----
03/03/1996	Trigo, invierno, bajo rend.	Rastra doble acción, Labor Primaria N		90%		-----
04/03/1996	Centeno, cereal, seco	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco F		90%		-----
19/03/1996	Avena, primavera 15	Crecimiento		100%		-----
03/04/1996	Avena, primavera 30	Crecimiento		100%		-----
18/04/1996	Avena, primavera 45	Crecimiento		100%		-----
03/05/1996	Avena, primavera 60	Crecimiento		100%		-----
16/05/1996	Centeno, cereal, seco	Crecimiento		100%		-----
12/06/1996	Centeno, cereal, seco	Pastoreo, 25%		60%		-----
21/07/1996	Centeno, cereal, seco	Pastoreo, 25%		70%		-----
28/08/1996	Centeno, cereal, seco	Pastoreo, 25%		80%		-----
23/09/1996	Centeno, cereal, seco	Pastoreo, 25%		90%		-----
13/10/1996	Girasol	Arado rastra		90%		-----
26/10/1996	Girasol	Rastra doble acción, Labor Secundaria F		90%		-----
05/11/1996	Girasol	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		90%		-----
20/11/1996	Girasol 15	Crecimiento		100%		-----
05/12/1996	Girasol 30	Crecimiento		100%		-----
20/12/1996	Girasol 45	Crecimiento		100%		-----
04/01/1997	Girasol 60	Crecimiento		100%		-----
19/01/1997	Girasol 75	Crecimiento		100%		-----
03/02/1997	Girasol 90	Crecimiento		100%		-----
07/03/1997	Girasol	Cosecha		50%	80%	2,0
08/03/1997	Girasol	Finalizar rotación		50%		-----

Anexo 2.7: Tasa de erosión y pérdidas de N y P en las actividades agrícolas con tecnología mejorada.

Maíz en SD con Alta Producción (MaSDAP)				
Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	Rend. (t/ha)	Tasa de Erosión (t/ha)
01/01/2005	-	Comenzar rotación		
31/01/2005	Girasol 60	Crecimiento		
15/02/2005	Girasol 75	Crecimiento		
02/03/2005	Girasol 90	Crecimiento		
17/03/2005	Girasol	Cosecha		
14/04/2005	Girasol	Rastra de dientes F		
14/05/2005	Girasol	Quema, baja		0,31
13/06/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		0,41
13/07/2005	Malezas 30	Crecimiento		0,49

12/08/2005	Malezas 60	Crecimiento		0,21
11/09/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		0,82
26/09/2005	Malezas, invierno, >6 semanas	Quema, baja		2,17
26/10/2005	Maíz, grano, alto rendimiento	Crecimiento		0,00
27/10/2005	Maíz, grano, alto rendimiento	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		0,18
11/11/2005	Maíz, grano 15	Crecimiento		0,18
26/11/2005	Maíz, grano 30	Crecimiento		0,02
11/12/2005	Maíz, grano 45	Crecimiento		0,00
26/12/2005	Maíz, grano 60	Crecimiento		0,00
10/01/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		0,00
09/02/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		0,00
11/03/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		0,00
10/04/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		0,00
10/06/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Cosecha	8,6	
11/06/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Finalizar rotación		4,79

INDICADOR AMBIENTAL: Erosion eólica (t/ha)			4,79
	Cant. Sedim.	kg/ha	\$/ha
Nitrogeno total (%)	0,16%	7,66	34,27
Fosforo (mg/kg)	491	2,35	31,04
SUBTOTAL AMBIENTAL			36,51

Maíz en SD con Producción Media (MaSDPM)				
Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	Rend. (t/ha)	Tasa de Erosión (t/ha)
01/01/2005	-	Comenzar rotación		
12/02/2005	Alfalfa, primavera	Descomposición estival de residuos N		
13/02/2005	Avenas, primavera	Cinzel, puntas torcidas N		
05/03/2005	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino, pesada p/SD N		
20/03/2005	Avena, primavera 15	Crecimiento		
04/04/2005	Avena, primavera 30	Crecimiento		
19/04/2005	Avena, primavera 45	Crecimiento		
04/05/2005	Avena, primavera 60	Crecimiento		
19/05/2005	Avena, primavera 75	Crecimiento		
03/06/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		
18/06/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		
03/07/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%		
18/07/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 75%		
17/08/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		
16/09/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		
01/10/2005	Avenas, primavera	Quema, media		2,31
31/10/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		1,18
15/11/2005	Maíz, grano, alto rendimiento	Sembradora grano grueso, 30" esp. F		1,48
30/11/2005	Maíz, grano 15	Crecimiento		0,95
15/12/2005	Maíz, grano 30	Crecimiento		0,40
30/12/2005	Maíz, grano 45	Crecimiento		0,00
14/01/2006	Maíz, grano 60	Crecimiento		0,00
29/01/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		0,00
28/02/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		0,00
30/03/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		0,00
29/04/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		0,00
29/05/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Cosecha	6,9	
30/05/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Finalizar rotación		6,32

INDICADOR AMBIENTAL: Erosion eólica (t/ha)			6,32
	Cant. Sedim.	kg/ha	\$/ha
Nitrogeno total (%)	0,16%	10,11	45,23
Fosforo (mg/kg)	491	3,10	40,96
SUBTOTAL AMBIENTAL			86,20

Soja en SD con Alta Producción (SjSDAP)				
Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	Rend. (t/ha)	Tasa de Erosión (t/ha)
01/01/2006	-	Comenzar rotación		
16/01/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		
15/02/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		
17/03/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		
16/04/2006	Maíz, grano 75	Crecimiento		
10/06/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Cosecha		
11/06/2006	Maíz, grano, alto rendimiento	Descomposición invernal de residuos N		
11/07/2006	Malezas, invierno, >6 semanas	Descomposición invernal de residuos N		
01/08/2006	Malezas, invierno, >6 semanas	Quema, media		0,59
16/08/2006	Malezas 15	Crecimiento		0,55
31/08/2006	Malezas 30	Crecimiento		0,44
15/09/2006	Malezas 45	Crecimiento		0,31
30/09/2006	Malezas, invierno, >6 semanas	Crecimiento		0,72
15/10/2006	Malezas, invierno, >6 semanas	Quema, media		0,94
30/10/2006	Soja	Sembradora gr. Fino, surco profundo N (espacio 35cm)		1,03
14/11/2006	Soja 15	Crecimiento		0,98
29/11/2006	Soja 30	Crecimiento		0,40
14/12/2006	Soja 45	Crecimiento		0,09
29/12/2006	Soja 60	Crecimiento		0,00
13/01/2007	Soja 75	Crecimiento		0,00
28/01/2007	Soja 90	Crecimiento		0,00
27/02/2007	Soja 90	Crecimiento		0,00
29/03/2007	Soja 90	Crecimiento		0,00
13/04/2007	Soja	Cosecha	3,0	
14/04/2007	Soja	Finalizar rotación		6,05

INDICADOR AMBIENTAL: Erosion eólica (t/ha)			6,05
	Cant. Sedim.	kg/ha	\$/ha
Nitrogeno total (%)	0,16%	9,68	27,96
Fosforo (mg/kg)	491	2,97	18,18
SUBTOTAL AMBIENTAL			46,14

Soja en SD con Producción Media (SjSDPM)				
Fecha de la operación (día/mes/año)	Cultivo (nombre)	Operación (nombre)	Rend. (t/ha)	Tasa de Erosión (t/ha)
01/01/2005	-	Comenzar rotación		
12/02/2005	Alfalfa, primavera	Descomposición estival de residuos N		
13/02/2005	Avenas, primavera	Cincol, puntas torcidas N		
05/03/2005	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino, pesada p/SD N		
20/03/2005	Avena, primavera 15	Crecimiento		

04/04/2005	Avena, primavera 30	Crecimiento		
19/04/2005	Avena, primavera 45	Crecimiento		
04/05/2005	Avena, primavera 60	Crecimiento		
19/05/2005	Avena, primavera 75	Crecimiento		
03/06/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		
18/06/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%		
18/07/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%		
17/08/2005	Avenas, primavera	Pastoreo, 75%		
16/09/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		
10/10/2005	Avenas, primavera	Quema, media		1,33
25/10/2005	Avenas, primavera	Crecimiento		0,63
01/11/2005	Soja	Sembradora gr. Fino, surco profundo N (espacio 35cm)		1,19
16/11/2005	Soja 15	Crecimiento		1,04
01/12/2005	Soja 30	Crecimiento		0,16
16/12/2005	Soja 45	Crecimiento		0,04
31/12/2005	Soja 60	Crecimiento		0,00
15/01/2006	Soja 75	Crecimiento		0,00
30/01/2006	Soja 90	Crecimiento		0,00
01/03/2006	Soja 90	Crecimiento		0,00
31/03/2006	Soja 90	Crecimiento		0,00
30/04/2006	Soja	Cosecha	1,8	
01/05/2006	Soja	Finalizar rotación		4,38

INDICADOR AMBIENTAL: Erosion eólica (t/ha)			4,38
	Cant. Sedim.	kg/ha	\$/ha
Nitrogeno total (%)	0,16%	7,01	31,38
Fosforo (mg/kg)	491	2,15	28,42
SUBTOTAL AMBIENTAL			59,80

Anexo 2.8: Tasa de erosión y pérdidas de N y P de los recursos forrajeros

Verdeo de invierno con dos cortes (Rotación 13b)			
Fecha	Cultivo	Operación	Tasa erosión
10/04/1999	Trigo, invierno, bajo rend.	Disco pesado, F	0,01
15/04/1999	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco F	0,09
30/04/1999	Avena, primavera 15	Crecimiento	0,10
15/05/1999	Avena, primavera 30	Crecimiento	0,04
30/05/1999	Avena, primavera 45	Crecimiento	0,00
14/06/1999	Avena, primavera 60	Crecimiento	0,00
29/06/1999	Avenas, primavera	Crecimiento	0,20
14/07/1999	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%	0,30
29/07/1999	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%	0,84
13/08/1999	Avena, primavera 30	Crecimiento	0,49
28/08/1999	Avena, primavera 45	Crecimiento	0,00
12/09/1999	Avena, primavera 60	Crecimiento	0,00
13/09/1999	Avenas, primavera	Crecimiento	0,94
28/09/1999	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%	1,24
13/10/1999	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%	0,20
15/10/1999	Girasol	Cinzel, puntas torcidas F	0,41

Erosion eólica (t/ha)		4,84
	Cant. Sedim.	Kg/ha
Nitrogeno total (%)	0,16%	7,74
Fosforo (mg/kg)	491	2,37

Verde de invierno de uso tardío (Rotación 11b)			
Fecha	Cultivo	Operación	Tasa erosión
20/07/2002	Avenas, primavera	Arado de reja y vertedera, conservacionista	0,02
30/07/2002	Avenas, primavera	Disco Tándem, Labor Secundaria N	0,02
31/07/2002	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco N	1,22
30/08/2002	Avena, primavera 30	Crecimiento	0,64
29/09/2002	Avena, primavera 60	Crecimiento	0,00
29/10/2002	Avena, primavera 75	Crecimiento	0,00
28/11/2002	Avenas, primavera	Crecimiento	0,06
29/11/2002	Avenas, primavera	Pastoreo, 75%	0,09
30/11/2002	Avenas, primavera	Pastoreo, 75%	2,01
			4,06

Verde de invierno de uso tardío (Rotación 8)			
Fecha	Cultivo	Operación	Tasa erosión
20/04/2001	Avenas, primavera	Arado de reja y vertedera, conservacionista	0,09
09/05/2001	Avenas, primavera	Disco Tándem, Labor Secundaria F	0,02
10/05/2001	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco F	0,54
09/06/2001	Avena, primavera 30	Crecimiento	0,42
09/07/2001	Avena, primavera 60	Crecimiento	0,00
08/08/2001	Avena, primavera 75	Crecimiento	0,00
09/08/2001	Avenas, primavera	Crecimiento	1,08
24/08/2001	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%	1,12
08/09/2001	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%	1,21
23/09/2001	Avenas, primavera	Crecimiento	
			4,39

Verde de invierno de uso tardío (Rotación 6)			
Fecha	Cultivo	Operación	Tasa erosión
05/06/2001	Avenas, primavera	Disco Tándem, Labor Primaria F	0,16
20/06/2001	Avenas, primavera	Sembradora gr. Fino neumática, abresurco disco F	0,67
20/07/2001	Avena, primavera 30	Crecimiento	0,65
19/08/2001	Avena, primavera 60	Crecimiento	0,00
03/09/2001	Avena, primavera 75	Crecimiento	0,00
04/09/2001	Avenas, primavera	Crecimiento	0,82
19/09/2001	Avenas, primavera	Pastoreo, 25%	0,97
04/10/2001	Avenas, primavera	Pastoreo, 50%	1,50
20/10/2001	Girasol	Disco Tándem, Labor Primaria F	
			4,77

Erosion eólica promedio (t/ha)		4,41
	Cant. Sedim.	Kg/ha
Nitrogeno total (%)	0,16%	7,05
Fosforo (mg/kg)	491	2,16

Pastura en producción			
Fecha	Cultivo	Operación	Tasa erosión
31/01/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,00
02/03/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,00

12/03/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,00
22/03/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,00
01/04/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,00
01/05/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,02
31/05/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,02
30/06/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,15
30/07/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,06
29/08/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,21
28/09/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,41
28/10/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,32
29/10/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,01
03/11/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,05
08/11/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,10
23/11/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,48
08/12/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,49
09/12/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,03
14/12/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,18
19/12/2002	Alfalfa, primavera	Pastoreo, 25%	0,22
30/12/2002	Alfalfa, primavera	Crecimiento	0,53
31/12/2002	Alfalfa, primavera	Finalizar rotación	0,05

Erosion eólica prom. (t/ha)		3,33
	Cant. Sedim.	kg/ha
Nitrogeno total (%)	0,16%	5,32
Fosforo (mg/kg)	491	1,63

Maíz de alta producción con pastoreo directo otoño-invierno			
Fecha	Cultivo	Operación	Tasa erosión
25/10/2003	Maíz, grano, alto rendimiento	Cincel, puntas derechas F	2,04
15/11/2003	Maíz, grano, alto rendimiento	Disco pesado, F	0,12
16/11/2003	Maíz, grano, alto rendimiento	Sembradora grano grueso, 30" esp. F	1,74
01/12/2003	Maíz, grano 15	Crecimiento	1,05
16/12/2003	Maíz, grano 30	Crecimiento	0,50
31/12/2003	Maíz, grano 45	Crecimiento	0,00
15/01/2004	Maíz, grano 60	Crecimiento	0,00
30/01/2004	Maíz, grano 75	Crecimiento	0,00
29/02/2004	Maíz, grano 75	Crecimiento	0,00
30/03/2004	Maíz, grano 75	Crecimiento	0,00
29/04/2004	Maíz, grano 75	Crecimiento	0,00
29/05/2004	Maíz, grano, alto rendimiento	Crecimiento	0,02
30/05/2004	Maíz, grano, alto rendimiento	Pastoreo, 25%	0,42
14/06/2004	Maíz, grano, alto rendimiento	Pastoreo, 25%	0,43
29/06/2004	Maíz, grano, alto rendimiento	Pastoreo, 50%	0,67
14/07/2004	Maíz, grano, alto rendimiento	Descomposición invernal de residuos N	0,05

Erosion eólica prom. (t/ha)		7,04
	Cant. Sedim.	kg/ha
Nitrogeno total (%)	0,16%	11,27
Fosforo (mg/kg)	491	3,46

Anexo 3.1: Costos operativos de la maquinaria propia del Sitio Castex Norte

Fecha referencia:	feb-08
Precio gas-oil sin IVA (\$/l):	1,90
Valor del dólar (\$/US\$) :	3,17

Calculo de tiempo operativo (TO)

Tractor	Implemento	Ancho Labor (m)	Características del implemento	Velocidad (km/h)	T. O. (horas/ha)
MF 150 HP	Cinzel	2,53	11 púasx23 cm = 13,6 HP/púa	6,50	0,608
MF 150 HP	Reja	2,40	6 rejas	6,50	0,641
MF 120 HP	Rastrón	4,29	20 discosx0,215	7,00	0,333
MF 150 HP	RDA	5,00	DEUTZ TATU, 40 discos (75-80kg/disco)	7,00	0,286
MF 120 HP	Fertilizadora	10,00	TANZI. Pendulo 3 puntos.tanque 1000 kg. 7x0,7	10,00	0,100
MF 120 HP	Pulverizadora	20,00		12,00	0,042
MF 120 HP	S GFinó C	4,90	Pierobon 28. 28x17,5	7,00	0,292
MF 120 HP	S GGruoso C/semi	4,90	Agrometal TX3	7,00	0,292
MF 1195 (100 HP)	Escardillo	5,00		10,00	0,200
MF 150 HP	S GFinó D c/T	5,04	PIEROBON TD 24 2008. 24 lineasx0,21m	7,00	0,283
MF 297 DT (>120 HP)	S GG D c/T (12x0,52)	6,25		7,00	0,229
Cosechadora SENOR B 4	Cabezal trigo	4,80	PERKINS 6 potenciado 76	9,00	0,231
Cosechadora SENOR B 4	Cabezal girasol	4,90	PERKINS 6 potenciado 76	9,00	0,227

Costo de tractores

(F 1) Tractor tipo MF 150 HP + CINCEL

	Consumo (l/hora)		\$/hora
Combustible	20,00		38,00
Amortización			10,57
CGCR			11,10
Total			59,66

(F 1) Tractor tipo MF 150 HP + REJA

	Consumo (l/hora)		\$/hora
Combustible	20,00		38,00
Amortización			10,57
CGCR			11,10
Total			59,66

(F 2) Tractor tipo MF 120 HP + "RASTRON"

	Consumo (l/hora)		\$/hora
Combustible	16,00		30,40
Amortización			6,80
CGCR			7,14
Total			44,34

(F 1) Tractor tipo MF 150 HP +	RDA		
	Consumo (l/hora)		\$/hora
Combustible	20,00		38,00
Amortización			10,57
CGCR			11,10
Total			59,66

(F 2) Tractor tipo MF 120 HP +	FERTILIZADORA		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	1,50	15,00	28,50
Amortización			6,80
CGCR			7,14
Total			42,44

(F 2) Tractor tipo MF 120 HP +	PULVERIZADORA		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	1,00	24,00	45,60
Amortización			6,80
CGCR			7,14
Total			59,54

(F 2) Tractor tipo MF 120 HP +	SGFino C		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	4,50	15,44	29,33
Amortización			6,80
CGCR			7,14
Total			43,27

(F 2) Tractor tipo MF 120 HP +	SGFino C + RDA		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	5,00	17,15	32,59
Amortización			6,80
CGCR			7,14
Total			46,53

(F 2) Tractor tipo MF 120 HP +	SGGrueso C /semi		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	6,00	20,58	39,10
Amortización			6,80
CGCR			7,14
Total			53,05

(F 1) Tractor tipo MF 150 HP +	SGFino D /semi		
	Consumo (l/hora)		\$/hora
Combustible	18,75		35,63
Amortización			10,57
CGCR			11,10
Total			57,29

Cosechadora SENOR B4	TRIGO		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	30,00	129,60	246,24
Amortización			16,91

CGCR			38,04
Total			301,19

Cosechadora SENOR B4		GIRASOL	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	30,00	132,30	251,37
Amortización			16,91
CGCR			63,40
Total			331,68

Calculo de depreciación de la maquinaria

Maquinaria	V. N. (US)	V. N. (\$)	Vida útil (horas)	Cuota amort. \$/hora (*)	CGCR	Costo
					Coefic.	(\$/hora)
Tractor F1 (M.F. 150 HP)	50000	158500	12000	10,57	0,00007	11,10
Tractor F 2 (M.F. 120 HP)	32188	102036	12000	6,80	0,00007	7,14
Arado rastra "RASTRON"	4000	12680	5000	2,28	0,00010	1,27
Rastra Doble Acción (RDA)	5000	15850	5000	2,85	0,00010	1,59
Fertilizadora arrastre	4800	15216	5000	2,74	0,00018	2,74
Pulverizadora arrastre	6300	19971	3000	5,99	0,00020	3,99
Sembradora G.F. (Pierobon).	19000	60230	3000	16,06	0,00020	12,05
Sembradora G.G. Conv./semi	30000	95100	3000	25,36	0,00020	19,02
Escardillo		9954	5000	1,59	0,00010	1,00
Cinzel	5550	17594	5000	2,81	0,00015	2,64
Reja	4500	14265	5000	2,28	0,00015	2,14
SGFino Directa (24x0,21)	38980	123567	3000	32,95	0,00020	24,71
Semb. G.G.D c/tolva (12x0,52)		125389	3000	33,44	0,00020	25,08

Cosechadora SENOR B 4	100000	317000	15000	16,91	0,00012	38,04
Cosechadora SENOR B 4	100000	317000	15000	16,91	0,00020	63,40

(*) Valor Residual (recupero): 20 % para tractores (autopropulsados) 10% para implementos de arrastre..

Calculo costo equipo propio

Tractor	Implemento	Tractor (\$/hora)	Implemento		Total (\$/hora)	T.O. (h/ha)	M.O. (\$/ha)	Costo Total (\$/ha)	UTA (propio)
			Amort. (\$/hora)	CGCR (\$/hora)					
F 2	Arado Rastra "RASTRON"	44,34	2,28	1,27	47,90	0,333	5,0	20,97	0,45
F 1	RASTRON + CINCEL	59,66	5,10	3,91	68,67	0,608	5,0	46,75	1,00
F 1	Rastra Doble Accion (RDA)	59,66	2,85	1,59	64,10	0,286	4,5	22,81	0,49
F 2	Fertilizadora	42,44	2,74	2,74	47,92	0,100	1,5	6,29	0,13
F 2	Pulverizadora	59,54	5,99	3,99	69,53	0,042	1,5	4,40	0,09
F 2	SGFino C	43,27	16,06	12,05	71,38	0,292	4,5	25,31	0,54
F 2	SGFino C + RDA liv. (tandem)	46,53	18,91	13,63	79,08	0,292	4,5	27,55	0,59
F 2	SGGrueso C/semi	53,05	25,36	19,02	97,43	0,292	4,5	32,90	0,70
F 2	Escardillo	43,48	1,59	1,00	46,07	0,200	4,0	13,21	0,28
F 1	Cinzel	59,66	2,81	2,64	65,12	0,608	5,0	44,60	0,95
F 1	Reja	59,66	2,28	2,14	64,08	0,641	5,0	46,08	0,99
F 1	SGFino Directa (24x0,21)	53,05	32,95	24,71	110,71	0,283	5,0	36,38	0,78

	Cosechadora SENOR B 4 (TRIGO)	301,19			301,19	0,231	18,0	87,72	
	Cosechadora SENOR B 4 (GIRASOL)	331,68			331,68	0,227	18,0	93,21	

	Pulverizadora autopropulsada							14,00	0,30
--	------------------------------	--	--	--	--	--	--	--------------	------

Anexo 3.2: Costos operativos de la maquinaria propia del Sitio Castex Sur-Anguil

Calculo de tiempo operativo (TO)

Tractor	Características Tractor	Implemento	Ancho Labor (m)	Características Implemento	Velocidad (km/h)	T. O. (horas/ha)
John Deere 3550DT	125 HP	RDA	4,40	44D * 24''	7,00	0,325
John Deere 3420	77 HP	Pulverizadora	13,00		12,00	0,064
John Deere 3420	77 HP	Fertilizadora	12,00		10,00	0,083
John Deere 3550DT	125 HP	S G Fino C + RDA liv.	4,35		7,00	0,328
John Deere 3420	77 HP	S G Gueso Conv.	4,90		7,20	0,283
John Deere 3550DT	125 HP	SGG Conv. + RDA liv.	4,90		7,00	0,292
John Deere 3550DT	125 HP	Escardillo	4,90		10,00	0,204
John Deere 3550DT	125 HP	S G G Directa (7x0,7)	4,90	Con tolva fert.	7,00	0,292
John Deere 3550DT	125 HP	S G Fina Directa	4,38	Con tolva fert.	7,00	0,326
Cosechadora JD 1175 A	165 HP (motor)	Cabecal trigo	5,70		10,00	0,175
Cosechadora JD 1175 A	165 HP (motor)	Cabecal girasol	7,00		10,00	0,143
Cosechadora JD 1175 A	165 HP (motor)	Cabecal maíz	5,60		10,00	0,179

Costo de tractores

(JD 1) Tractor JD 3550 DT + **RDA**

	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	7,10	21,87	41,55
Amortización			9,51
CGCR			9,99
Total			61,04

(JD 2) Tractor JD 3420 + **PULVERIZADORA**

	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	1,50	23,40	44,46
Amortización			5,92
CGCR			6,21
Total			56,59

(JD 2) Tractor JD 3420 + **FERTILIZADORA**

	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	1,50	18,00	34,20
Amortización			5,92
CGCR			6,21
Total			46,33

(JD 1) <u>Tractor JD 3550 DT +</u>		SGFino C + RDA liv.	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	7,00	21,32	40,50
Amortización			9,51
CGCR			9,99
Total			59,99

(JD 2) <u>Tractor JD 3420 +</u>		SGGrueso C	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	4,50	15,88	30,16
Amortización			5,92
CGCR			6,21
Total			42,29

(JD 1) <u>Tractor JD 3550 DT +</u>		SGGr Conv.+RDA liv.	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	7,00	24,01	45,62
Amortización			9,51
CGCR			9,99
Total			65,11

(JD 1) <u>Tractor JD 3550 DT +</u>		ESCARDILLO	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	4,00	19,60	37,24
Amortización			9,51
CGCR			9,99
Total			56,74

(JD 1) <u>Tractor JD 3550 DT +</u>		SGGr D (7x0,7)	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	7,20	24,70	46,92
Amortización			9,51
CGCR			9,99
Total			66,42

(JD 1) <u>Tractor JD 3550 DT +</u>		SGFino D	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	7,00	21,46	40,78
Amortización			9,51
CGCR			9,99
Total			60,27

<u>Cosechadora JD 1175 A</u>		Trigo	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible (*)	30,00	171,00	324,90
Amortización			14,37
CGCR			32,33
Total			371,60

(*) 28 l/ha + 2 l/ha acarreo

<u>Cosechadora JD 1175 A</u>		Girasol	
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible (*)	30,00	210,00	399,00

Amortización		14,37
CGCR		32,33
Total		445,70

(*) 28 l/ha + 2 l/ha acarreo

Cosechadora JD 1175 A	Maíz		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible (*)	30,00	168,00	319,20
Amortización			14,37
CGCR			53,89
Total			387,46

Calculo de depreciación de la maquinaria

Maquinaria	V. N. (\$)	Vida útil (horas)	Cuota amort. \$/hora (*)	CGCR		Observ.
				Coefic.	(\$/hora)	
Tractor JD 1	142650	12000	9,51	0,00007	9,99	
Tractor JD 2	88760	12000	5,92	0,00007	6,21	Prom.NH/TT/TN:75 HP
Arado rastra "rastron"	11621	5000	2,09	0,00010	1,16	
Rastra Doble Acción (RDA)	15850	5000	2,85	0,00010	1,59	
RDA liviana	11095	5000	2,00	0,00010	1,11	
Fertilizadora arrastre	14931	5000	2,69	0,00018	2,69	
Pulverizadora arrastre	25360	3000	7,61	0,00020	5,07	
Sembradora Fina Conv.	30045	3000	8,01	0,00020	6,01	
Sembradora Gruesa Conv.	54648	3000	14,57	0,00020	10,93	
Escardillo	9954	5000	1,59	0,00010	1,00	
Cinzel	17594	5000	2,81	0,00015	2,64	
Semb. G.G.D c/tolva (7x0,70)	74032	3000	19,74	0,00020	14,81	
Semb. G.F.D c/tolva	71325	3000	19,02	0,00020	14,27	Tipo Gherardi (17,5 cm)
Cosechadora JD 1175A	269450	15000	14,37	0,00012	32,33	finos + soja + sorgo
Cosechadora JD 1175A	269450	15000	14,37	0,00020	53,89	maíz
Cabezal maicero	63400	15000	3,38	0,00020	12,68	

(*) Valor Residual (recupero): 20 % para tractores y autopropulsados y 10% para implementos de arrastre.

Calculo costo equipo propio

Tractor	Implemento	Tractor (\$/hora)	Implemento		Total (\$/hora)	T. O. (h/ha)	M.O. (\$/ha)	Total costo (\$/ha)	UTA propio
			Amort. (\$/hora)	CGCR (\$/hora)					
JD 1	Rastra Doble Accion (RDA)	61,04	2,85	1,59	65,48	0,325	4,5	25,76	0,73
JD 2	Fertilizadora	46,33	2,69	2,69	51,71	0,083	1,5	5,81	0,16
JD 2	Pulverizadora	56,59	7,61	5,07	69,27	0,064	1,5	5,94	0,17
	SGFino C	46,33	8,01	6,01	60,35	0,328		19,82	0,56
JD 1	SGFino C + RDA liv.(tandem)	59,99	10,01	7,12	77,12	0,328	4,5	29,83	0,84
JD 2	SGGrueso C	42,29	14,57	10,93	67,80	0,283	5,0	24,22	0,68
JD 1	SGFino Directa	60,27	19,02	14,27	93,56	0,292	5,0	32,28	0,91
JD 1	Escardillo	56,74	1,59	1,00	59,32	0,204	3,0	15,11	0,43
JD 1	SGGrueso directa (7x0,70)	66,42	19,74	14,81	100,97	0,292	6,0	35,44	1,00

	Cosechadora JD 1175 (TRIGO)	371,60			371,60	0,175	18,0	83,19
	Cosechadora JD 1175 (GIRASOL)	445,70			445,70	0,143	18,0	81,67
	Cosechadora JD 1175 (MAIZ)	387,46	3,38	12,68	403,52	0,179	18,0	90,06
	Pulverizadora autopropulsada (contratada)							12,00
	Avión contratado							13,00

Anexo 3.3: Costos operativos de la maquinaria propia del Sitio Guatraché

Calculo de tiempo operativo (TO)

Tractor	Características Tractor	Implemento	Ancho Labor (m)	Características Implemento	Velocidad (km/h)	T. O. (horas/ha)
Tractor 1	140 HP	RDA	4,90	44D * 24''	7,00	0,292
Tractor 2	120 HP	RDA repaso	4,90		8,00	0,255
Tractor 1	140 HP	"Rastrón"	3,00		7,50	0,444
Tractor 2	120 HP	Pulverizadora	21,00		15,00	0,032
Tractor 2	120 HP	Fertilizadora	12,00		10,00	0,083
Tractor 1	140 HP	S G Fino C + RDA liv.	4,90	28 x 17,5	7,00	0,292
Tractor 1	140 HP	S G Fina Directa	4,83	Con tolva fert.	7,00	0,296
Cosechadora JD 1175 A	165 HP (motor)	Cabezal trigo	5,70		10,00	0,175
Cosechadora JD 1175 A	165 HP (motor)	Cabezal girasol	7,00		10,00	0,143
Cosechadora JD 1175 A	165 HP (motor)	Cabezal maíz	5,60		10,00	0,179

Costo de tractores

(T1) Tractor 140 HP +

		"RASTRON"	
		Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)
Combustible		6,00	23,52
Amortización			10,14
CGCR			10,65
Total			65,48

(T1) Tractor 140 HP +

		RDA	
		Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)
Combustible		10,00	34,30
Amortización			10,14
CGCR			10,65
Total			85,97

(T2) Tractor 120 HP +

		RDA repaso	
		Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)
Combustible		7,00	24,01
Amortización			6,97
CGCR			7,32
Total			59,92

(T2) Tractor 120 HP +	PULVERIZADORA		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	3,00	94,50	179,55
Amortización			6,97
CGCR			7,32
Total			193,85

(T2) Tractor 120 HP +	FERTILIZADORA		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	1,50	18,00	34,20
Amortización			6,97
CGCR			7,32
Total			48,50

(T1) Tractor 140 HP +	SGFino C + RDA liv.		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	8,00	27,44	52,14
Amortización			10,14
CGCR			10,65
Total			72,93

(T1) Tractor 140 HP +	SGFino D		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	9,00	30,43	57,82
Amortización			10,14
CGCR			10,65
Total			78,61

Cosechadora JD 1175 A	Trigo		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible (*)	30,00	171,00	324,90
Amortización			14,37
CGCR			32,33
Total			371,60

(*) 28 l/ha + 2 l/ha acarreo

Cosechadora JD 1175 A	Girasol		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible (*)	30,00	210,00	399,00
Amortización			14,37
CGCR			32,33
Total			445,70

(*) 28 l/ha + 2 l/ha acarreo

Cosechadora JD 1175 A	Maíz		
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible (*)	30,00	168,00	319,20
Amortización			14,37
CGCR			32,33
Total			365,90

(*) 28 l/ha + 2 l/ha acarreo

Calculo de depreciación de la maquinaria

Maquinaria	V. N. (\$)	Vida útil (horas)	Cuota amort. \$/hora (*)	CGCR	
				Coefic.	(\$/hora)
Tractor 1 140 HP	152160	12000	10,14	0,00007	10,65
Tractor 2 120 HP	104610	12000	6,97	0,00007	7,32
Arado rastra "rastron"	11621	5000	2,09	0,00010	1,16
Rastra Doble Acción (RDA)	15850	5000	2,85	0,00010	1,59
RDA liviana	11095	5000	2,00	0,00010	1,11
Fertilizadora arrastre	14931	5000	2,69	0,00018	2,69
Pulverizadora arrastre	22190	3000	6,66	0,00020	4,44
Sembradora Fina Conv.	30045	3000	8,01	0,00020	6,01
Semb. G.F.D c/tolva	76080	3000	20,29	0,00020	15,22
Cosechadora JD 1175A	269450	15000	14,37	0,00012	32,33
Cosechadora JD 1175A	269450	15000	14,37	0,00020	53,89
Cabezal maicero	63400	15000	3,38	0,00020	12,68

(*) Valor Residual (recupero): 20 % para tractores y autopropulsados y 10% para implementos de arrastre..

Calculo costo equipo propio

Tractor	Implemento	Tractor (\$/hora)	Implemento		Total (\$/hora)	T. O. (horas/ha)	M.O. (\$/ha)	Total costo (\$/ha)	UTA
			Amort. (\$/hora)	CGCR (\$/hora)					
T 1	Arado Rastra "Rastrón"	65,48	2,09	1,16	68,74	0,444	5,0	35,55	0,92
T 1	Rastra Doble Accion (RDA)	85,97	2,85	1,59	90,40	0,292	4,5	30,86	0,80
T 2	RDA repaso	59,92	2,00	1,11	63,02	0,255	4,5	20,58	0,53
T 2	Fertilizadora	48,50	2,69	2,69	53,87	0,083	1,5	5,99	0,15
T 2	Pulverizadora	193,85	6,66	4,44	204,94	0,032	1,5	8,01	0,21
T 1	SGFino C + RDA liv.(tandem)	72,93	10,01	7,12	90,06	0,292	4,5	30,76	0,79
T 1	SGFino Directa	78,61	20,29	15,22	114,11	0,296	5,0	38,75	1,00

Cosechadora JD 1175 (TRIGO)	371,60			371,60	0,175	18,0	83,19
Cosechadora JD 1175 (GIRASOL)	445,70			445,70	0,143	18,0	81,67
Cosechadora JD 1175 (MAIZ)	365,90	3,38	12,68	381,97	0,179	18,0	86,21

Pulverizadora autopropulsada (contratada)							12,00
Avión contratado							13,00

Anexo 3.4: Costos operativos de la maquinaria propia del Sitio Pico Sur

Calculo de tiempo operativo (TO)

Tractor	Implemento	Ancho Labor (m)	Velocidad (km/h)	T. O. (horas/ha)
FAHR 85 HP	Rastrón	3,00	7,50	0,444
FAHR 85 HP	RDA	5,00	8,00	0,250
FAHR 85 HP	Fertilizadora	10,00	8,00	0,125
FAHR 85 HP	Pulverizadora	20,00	10,00	0,050
MF 1195 (100 HP)	S GFino C	4,15	6,50	0,371

MF 1195 (100 HP)	S GGrueso C	5,00	6,50	0,308
MF 1195 (100 HP)	Escardillo	5,00	10,00	0,200
MF 1195 (100 HP)	Cinzel	1,75	8,00	0,714
MF 297 DT (>120 HP)	S GG D c/T (10x0,7)	7,00	7,00	0,204
MF 297 DT (>120 HP)	S GG D c/T (12x0,52)	6,25	7,00	0,229

Costo de tractores

(F 1) Tractor FAHR 85 HP + "RASTRON"

	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	6,00	13,50	25,65
Amortización			4,65
CGCR			4,88
Total			35,18

(F 1) Tractor FAHR 85 HP + RDA

	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	5,50	22,00	41,80
Amortización			4,65
CGCR			4,88
Total			51,33

(F 1) Tractor FAHR 85 HP + FERTILIZADORA

	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	1,50	12,00	22,80
Amortización			4,65
CGCR			4,88
Total			32,33

(F 1) Tractor FAHR 85 HP + PULVERIZADORA

	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	3,00	60,00	114,00
Amortización			4,65
CGCR			4,88
Total			123,53

(MF 1) Tractor MASSEY FERGUSON 1195 (100 HP) +
SGFino C

	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	6,00	16,19	30,75
Amortización			5,28
CGCR			5,55
Total			41,58

(MF 1) Tractor MASSEY FERGUSON 1195 (100 HP) +

SGFino C + RDA			
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	5,00	13,49	25,63
Amortización			14,57
CGCR			10,93
Total			51,13

(MF 1) Tractor MASSEY FERGUSON 1195 (100 HP) +

SGGrueso C			
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	6,00	19,50	37,05
Amortización			5,28
CGCR			5,55
Total			47,88

(MF 1) Tractor MASSEY FERGUSON 1195 (100 HP) +

Escardillo			
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	4,00	20,00	38,00
Amortización			2,69
CGCR			2,69
Total			43,38

(MF 1) Tractor MASSEY FERGUSON 1195 (100 HP) +

CINCEL			
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	12,00	16,80	31,92
Amortización			5,28
CGCR			5,55
Total			42,75

(MF 2) Tractor MASSEY FERGUSON (120 HP) +

SGGr D (7x0,7)			
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora
Combustible	8,50	41,65	79,14
Amortización			6,80
CGCR			7,14
Total			93,08

(MF 2) Tractor MASSEY FERGUSON (120 HP) +

SGGr D (12x0,52)			
	Consumo (l/ha)	Consumo (l/hora)	\$/hora

Combustible	8,50	37,19	70,66
Amortización			6,80
CGCR			7,14
Total			84,60

Calculo de depreciación de la maquinaria

Maquinaria	V. N. (US)	Vida útil (horas)	Cuota amort. \$/hora (*)	CGCR	
				Coefic.	(\$/hora)
Tractor F1	69740	12000	4,65	0,00007	4,88
Tractor MF 1	79250	12000	5,28	0,00007	5,55
Tractor MF 2	102036	12000	6,80	0,00007	7,14
Arado rastra "rastron"	11621	5000	2,09	0,00010	1,16
Rastra Doble Acción (RDA)	15850	5000	2,85	0,00010	1,59
Fertilizadora arrastre	14931	5000	2,69	0,00018	2,69
Pulverizadora arrastre	19971	3000	5,99	0,00020	3,99
Sembradora Fina Conv.	30045	3000	8,01	0,00020	6,01
Sembradora Gruesa Conv.	54648	3000	14,57	0,00020	10,93
Escardillo	9954	5000	1,59	0,00010	1,00
Cinzel	17594	5000	2,81	0,00015	2,64
Semb. G.G.D c/tolva (10x0,70)	74032	3000	19,74	0,00020	14,81
Semb. G.G.D c/tolva (12x0,52)	125389	3000	33,44	0,00020	25,08

(*) Valor Residual (recupero): 20 % para tractores (autopulsados) 10% para implementos de arrastre..

Calculo costo equipo propio

Tractor	Implemento	Tractor (\$/hora)	Implemento		Total (\$/hora)	T. O. (h/ha)	M.O. (\$/ha)	Total costo (\$/ha)	UTA propia
			Amort. (\$/hora)	CGCR (\$/hora)					
F 1	Arado Rastra "Rastrón"	35,18	2,09	1,16	38,44	0,444	5,0	22,08	0,56
F 1	Rastra Doble Acción (RDA)	51,33	2,85	1,59	55,77	0,250	4,5	18,44	0,47
F 1	Fertilizadora	32,33	2,69	2,69	37,71	0,125	1,5	6,21	0,16
F 1	Pulverizadora	123,53	5,99	3,99	133,52	0,050	1,5	8,18	0,21
MF 1	SGFino C	41,58	8,01	6,01	55,60	0,371	4,5	25,11	0,64
MF 1	SGFino C + RDA liv. (tandem)	51,13	10,87	7,59	69,59	0,371	4,5	30,30	0,77
MF 1	SGGrueso C	47,88	14,57	10,93	73,38	0,308	5,0	27,58	0,70
MF 1	Escardillo	43,38	1,59	1,00	45,96	0,200	3,0	12,19	0,31
MF 1	Cinzel	42,75	2,81	2,64	48,20	0,714	5,0	39,43	1,00
MF 2	SGG directa (10x0,70)	93,08	19,74	14,81	127,63	0,204	6,0	32,05	0,81
MF 2	SGG directa (12x0,52)	84,60	33,44	25,08	143,12	0,229	6,0	38,71	0,98

Anexo 4: Cálculo de MB inicial y MB neto a partir de información del EWEQ.

Registro del *Ma SC 01/02*. Sitio Castex Norte, Rotación 8

10-may-01	avena	rastra doble + sembradora	32 ha
25-oct-01	maíz	rastra doble	
15-nov-01	maíz	rastra doble	
30-nov-01	maíz	siembra	ACA 920 (local)
?	maíz	fertilización (siembra?)	Fósforo 38 kg/ha
14-abr-02	maíz	cosecha	3083 t/ha

Períodos		Erosión (t/ha)
25/10/2001	15/11/2001	2,49
15/11/2001	30/11/2001	1,73
30/11/2001	15/12/2001	1,13
15/12/2001	30/12/2001	1,05
30/12/2001	14/01/2002	0,23
14/01/2002	29/01/2002	0,00
29/01/2002	13/02/2002	0,00
13/02/2002	15/03/2002	0,00
15/03/2002	14/04/2002	0,00
Total erosionado (tn/ha)		6,63

I. Costos directos		Maquinaria propia	
Labores	Cant.	\$/ha/labor	\$/ha total
ARADO REJAS			0,0
ARADO RASTRA ("RASTRON")			0,0
R.R.D.ACCION	3	22,81	68,4
R.DIENTES			0,0
ROLO			0,0
SEMB.G.FINO (Directa)			0,0
SEMB G. F. + RDA liviana			0,0
SEMB.G.G.(SC)	1	32,90	32,9
SEMB.G.G.(SD)			0,0
R.ROTATIVA			0,0
ESCARDILLO/APORQUE			0,0
CINCEL			0,0
FERTILIZACION arrastre	1	6,29	6,3
PULV.TERRESTRE arrastre	1	4,40	4,4
PULV. AEREA			0,0
Subtotal labores			112,0

Insumos

	Variedad	Unid./ha	\$/unidad	\$/ha
Semilla (kg/ha)	ACA 920	15	19,02	285,3
Inoc.+Fung.(g/ha)		0,025	69,74	1,7
SUBTOTAL SEMILLA				287,0

HERBICIDAS	momento	Unid./ha	\$/unidad	\$/ha
				0,0
SUBTOTAL HERBICIDAS				0,0

INSECTICIDAS	momento	Unid./ha	\$/unidad	\$/ha
				0,0
SUBTOTAL INSECTICIDAS				0,0

FERTILIZANTES	momento	Unid./ha	\$/unidad	\$/ha
FDA	siembra	38	2,92	110,8
				0,0
SUBTOTAL FERTILIZANTES				110,82

INDICADOR AMBIENTAL (IA) : Erosión eólica (t/ha)			6,63
	Cantidad Sedimento	kg/ha	\$/ha
Nitrógeno total (%)	0,16%	10,61	47,47
Fósforo (mg/kg)	491	3,25	42,99
SUBTOTAL IA			90,46

	\$/ha	kg/ha	% de CD
Subtotal labores	112,04	422,08	18,66%
Semilla	287,04	1081,39	47,81%
Herbicidas	0,00	0,00	0,00%
Insecticidas	0,00	0,00	0,00%
Fertilizantes	110,82	417,51	18,46%
Subtotal Insumos	397,87	1498,90	66,27%
Subtotal N y P	90,46	340,80	15,07%
			Incremento
Costo directo	509,90	1920,98	
Costo reemplazo de IA	600,36	2261,78	17,74%

II. Ingresos		\$/t	\$/ha
Precio de mercado		499,80	
Redimiento (t/ha)		3,083	
Ingreso Bruto			1540,88
Gastos Comercializacion			
	Comisión (% IB)	3,00%	46,23
	Flete corto (\$/t)	22,00	67,83
	Flete largo(\$/t)	150,00	462,45
	Sellos + registro+ing.brutos	5,30%	51,11
	Subtotal		627,61
Costo cosecha (% del IB)		6,16%	94,92
Ingreso neto		265,44	818,35

III. Resultados		Var. %
MARGEN BRUTO (\$/ha)		308,45
M.B. neto de IA (\$/ha)		217,99 -29,33%
CONT. BRUTA inicial		0,60
CONT. BRUTA c/IA		0,36 -40%

Anexo 5: Matriz de PL. Escenario agrícola.

MBT	ACTIVIDADES																			Uso	"b"
	Alquiler SA	Tr SC Bcorto	Tr SC DEO	Tr SC DMR	Tr SD DRO	Gi SC Base	Gi SC PM	Gi SD AP	Gi SD FER	Sj SD AP	Sj SD PM	Sj SC PMB	Sj SD 2°	Ma SD AP	Ma SD PM	Ma SC PB	Invernada	Transf.	Transf.		
\$ 390.660	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	\$	\$	\$	
Objetivo (\$)	590,14	248	416	310	443	274	507	697	754	494	363	188	326	1073	643	600	1992	0,02	0,02	0,02	
Dimensión	0	0	0	143	0	0	0	0	193	0	0	0	0	170	0	0	0	357875	321316	259204	
Restricciones técnico-económicas:																					
1.Suelo agrícola EFM (ha)	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5				363 <= 506
2.Suelo agrícola AMJ (ha)	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	5				313 <= 506
3.Suelo agrícola JAS (ha)	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1		1	1	1	5				506 <= 506
4.Suelo agrícola OND (ha)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5				506 <= 506
Rotación trigo/soja2°		-1	-1	-1	-1								1								-143 <= 0
Capital 1: EFM (\$)				21	60		12	14	12	24	27	68		40	39		572	1			370000 <= 370000
Capital 2: AMJ (\$)		88	178	258	311									40	55		104	-1,02	1		0 <= 0
Capital 3: JAS (\$)		108	158	247	227	82	97	149	145	89	102	81		30	47	57	131		-1,02	1	0 <= 0
Capital 4: OND (\$)						184	194	304	448	693	548	529	411	888	641	260	249			-1,02	-27263 <= 0
Restricciones ambientales:																					
Erosión (t)	7,54	5,96	5,96	5,96	4,74	9,40	9,40	4,28	4,28	6,05	4,38	8,29	1,58	4,79	6,32	7,12	20,19				2492 = 2492
Balance N (kg)	32,86	-41,37	-31,73	39,27	-3,20	-39,17	-50,73	2,14	0,67	-15,30	-11,34	-14,93	-6,41	-33,88	-36,45	-61,90	74,73				0 >= 0
Balance P (kg)	0,29	-8,91	-0,19	-0,34	-0,08	-11,13	-14,39	-2,37	-3,09	2,33	0,59	0,55	0,63	3,79	1,75	-13,46	1,12				1 >= 0
Balance CO (t)	-0,35	-0,40	0,13	0,01	0,40	-0,60	-0,39	-0,12	0,03	0,12	-0,11	-0,25	-0,37	0,69	0,16	-0,25	2,23				125 >= 0

Anexo 6: Matriz de PL. Escenario ganadero

MBT	ACTIVIDADES																			Invernada	Transf.	Transf.	Transf.
	Alquiler	Tr SC Bcorto	Tr SC DEO	Tr SC DMR	Tr SD DRO	Gi SC Base	Gi SC PM	Gi SD AP	Gi SD FER	Sj SD AP	Sj SD PM	Sj SC PMB	Sj SD 2°	Ma SD AP	Ma SD PM	Ma SC PB							
\$ 386.795	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	\$	\$	\$			
Objetivo (\$)	590,14	248	416	310	443	274	507	697	754	494	363	188	326	1073	643	600	2846	0,02	0,02	0,02			
Dimensión	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	0	0	0	110	0	0	49	265963	261819	235187	Uso	"b"	
Restricciones técnico-económicas:																							
1.Suelo agrícola EFM (ha)	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5				506	<=	506
2.Suelo agrícola AMJ (ha)	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	5				353	<=	506
3.Suelo agrícola JAS (ha)	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	5				506	<=	506
4.Suelo agrícola OND (ha)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5				506	<=	506
Rotación trigo/soja2°		-1	-1	-1	-1								1								0	<=	0
Capital 1: EFM (\$)				21	60		12	14	12	24	27	68		40	39		572	1			300000	<=	300000
Capital 2: AMJ (\$)		88	178	258	311									40	55		104	-1,02	1		0	<=	0
Capital 3: JAS (\$)		108	158	247	227	82	97	149	145	89	102	81		30	47	57	131		-1,02	1	0	<=	0
Capital 4: OND (\$)						184	194	304	448	693	548	529	411	888	641	260	249				-61513	<=	0
Restricciones ambientales:																							
Erosión (t)	7,54	5,96	5,96	5,96	4,48	9,40	9,40	4,28	4,28	6,05	4,38	8,29	1,58	4,79	6,32	7,12	20,19				2162	=	2200
Balance N (kg)	32,86	-41,37	-31,73	39,27	-2,76	-39,17	-50,73	2,14	0,67	15,30	-11,34	-14,93	-6,41	-33,88	-36,45	-61,90	74,73				0	>=	0
Balance P (kg)	0,29	-8,91	-0,19	-0,34	0,04	-11,13	-14,39	-2,37	-3,09	2,33	0,59	0,55	0,63	3,79	1,75	-13,46	1,12				0	>=	0
Balance C (t)	-0,35	-0,40	0,13	0,01	0,40	-0,60	-0,39	-0,12	0,03	0,12	-0,11	-0,25	-0,37	0,69	0,16	-0,25	2,23				189	>=	0