

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RENTABILIDAD ECONÓMICA Y AJUSTE A LA NORMATIVA VIGENTE
EN MATERIA DE SUELOS DE DIFERENTES ROTACIONES AGRÍCOLAS EN
EL NUEVO CONTEXTO MACRO Y MICRO ECONÓMICO

por

Gustavo María BARBOZA MARTIGNONE

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO

URUGUAY

2016

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Pedro Arbeletche Favat

Ing. Agr. Daiana Peloche Dávila

Ing. Agr. Martha Tamosiunas

Fecha: 16 de diciembre de 2016.

Autor: -----

Gustavo María Barboza Martignone

AGRADECIMIENTOS

A los directores de la tesis Ing. Agr. (PhD.) Pedro Arbeletche e Ing. Agr. (MSc.) Daiana Pelocche por otorgarme la posibilidad de realizar este trabajo y por el apoyo brindado durante la elaboración del mismo.

Particularmente, a la Esc. Gabriela Martignone por la ayuda brindada en la elaboración de la tesis en todas las etapas de la misma.

A la Lic. Sully Toledo, por el tiempo y la paciencia en corregir el trabajo.

Por último, a todos los docentes, funcionarios y a la Facultad de Agronomía por permitirme la oportunidad de cursar esta maravillosa carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 LA REALIDAD AGRÍCOLA Y ECONÓMICA NACIONAL EN EL PERIODO PREVIO.....	3
2.2 PROBLEMÁTICA GENERADA POR LA AGRICULTURA CONTINUA.....	11
2.3 EROSIÓN EN EL URUGUAY.....	15
2.3.1 <u>Cuantificación de la erosión de suelos en el Uruguay</u>	16
2.3.2 <u>Modelo USLE/RUSLE y su aplicación en Uruguay</u>	17
2.3.3 <u>El programa informático erosión 6.0</u>	20
2.4 NORMATIVA JURÍDICA CONSERVACIÓN DE SUELOS EN EL URUGUAY.....	21
2.4.1 <u>Normativa jurídica vigente</u>	21
2.4.2 <u>Sujetos obligados</u>	22
2.4.3 <u>Obligaciones de los sujetos</u>	23
2.4.4 <u>Fiscalización, infracciones y sanciones</u>	24
2.4.5 <u>Incidencia en la contratación agraria</u>	24
2.4.6 <u>Planes de uso y manejo responsable del suelo</u>	25
3 <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	27
3.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LAS ROTACIONES.....	29
3.2 DETERMINACIÓN DE MÁRGENES BRUTOS DE LAS ROTACIONES ...	34
3.2.1 <u>Elaboración de costos</u>	37
3.2.2 <u>Renta de la tierra</u>	37
3.2.3 <u>Análisis de márgenes de rendimiento económico</u>	38
3.2.4 <u>Análisis de sensibilidad</u>	38
4 <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	40
4.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE EFECTOS DE LA EROSIÓN Y AJUSTE DE LAS ROTACIONES AL MARCO JURÍDICO.....	40

4.1.1 <u>Rotación 1</u>	40
4.1.2 <u>Rotación 2</u>	43
4.1.3 <u>Rotación 3</u>	51
4.1.4 <u>Rotación 4</u>	58
4.2 RESULTADOS ECONÓMICOS	64
4.2.1 <u>Rotación 1</u>	64
4.2.2 <u>Rotación 2</u>	67
4.2.3 <u>Rotación 3</u>	72
4.2.4 <u>Rotación 4</u>	75
4.2.5 <u>Análisis de sensibilidad y precios de equilibrio</u>	80
4.2.5.1 Rotación 2	80
4.2.5.2 Rotación 3	82
4.2.5.3 Rotación 4	83
5. <u>CONCLUSIONES</u>	89
6. <u>RESUMEN</u>	90
7. <u>SUMMARY</u>	91
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	91
9. <u>ANEXOS</u>	100

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Rotaciones seleccionadas.....	28
2. Unidades de suelos seleccionadas, ubicación espacial.	30
3. Criterios y fuentes para el cálculo de los márgenes brutos.	36
4. Producción global y porcentual anual de la pradera.	36
5. Producción global y porcentual anual de la pradera estimada con limitaciones edafológicas o climatológicas.....	36
6. Producción estacional y anual acumulada primer año pradera permanente.	37
7. Producción estacional y anual acumulada del segundo año pradera permanente.	37
8. Rotación 1	40
9. Máxima pendiente para alcanzar la tolerancia de pérdida de suelos, en distintas unidades de suelo.....	42
10. Rotación 2.	43
11. Rotación 2. Erosión estimada en diferentes unidades de suelo seleccionadas....	46
12. Rotación 3.	51
13. Rotación 3. Erosión estimada en diferentes unidades de suelo seleccionadas....	53
14. Rotación 4.	58
15. Rotación 4. Erosión estimada en diferentes unidades de suelo seleccionadas....	59
16. Rotación 1	64
17. Rotación 1, costos totales, márgenes brutos. Costos URF.....	66
18. Rotación 1, costos totales, márgenes brutos. Costos CUSA.....	66
19. Rotación 2.	67
20. Rotación 2. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos URF.....	69

21. Rotación 2. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha., costos CUSA.....	69
22. Rotación 2. Renta ficta correspondiente a la tierra.	70
23. Rotación 2. Estimación de producción MS/ha, su utilización, producción de carne, ingresos U\$\$/ha y carga UG/ha de una pradera de 2o. año de <i>dactylis</i> , alfalfa y trébol blanco.	71
24. Rotación 2. Estimación de producción MS/ha, su utilización, producción de carne, ingresos U\$\$/ha y carga UG/ha, de una pradera de 3er. año de <i>dactylis</i> , alfalfa y trébol blanco.	71
25. Rotación 3.	72
26. Rotación 3. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos URF.....	74
27. Rotación 3. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos CUSA.....	74
28. Rotación 3. Renta ficta correspondiente a la tierra.	75
29. Rotación 4.	75
30. Rotación 4. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos URF.....	77
31. Rotación 4. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos CUSA.....	77
32. Rotación 4. Renta ficta correspondiente a la tierra.	78
33. Rotación 4. Estimación de producción MS/ha, su utilización, producción de carne, ingresos U\$\$/ha y carga UG/ha de una pradera de 1er. año de <i>dactylis</i> , alfalfa y trébol blanco.	79
34. Rotación 4. Estimación de producción MS/ha, su utilización, producción de carne, ingresos U\$\$/ha y carga UG/ha de una pradera de 2o. año de <i>dactylis</i> , alfalfa y trébol blanco.	79
35. Rotación 2. Erosión, márgenes y precio equilibrio.	81
36. Rotación 2. Análisis de sensibilidad.	81

37. Rotación 3. Erosión, márgenes y precio equilibrio.	82
38. Rotación 3. Análisis de sensibilidad.	83
39. Rotación 4. Erosión, márgenes y precio equilibrio.	84
40. Rotación 4. Análisis de sensibilidad.	84
41. Análisis de sensibilidad comparativo.	85
42. Márgenes brutos en distintos sistemas.	88

Ilustración No.

1. Componentes de la ecuación universal de pérdida de suelo USLE/RUSLE.	18
2. Corrección de la sobre estimación de USLE utilizando el subfactor CA de RUSLE.	20
3. Captura de pantalla del programa Erosión 6.0.	32
4. Ecuación cálculo factor LS.	33
5. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad de suelo Itapebí-Tres Árboles.	47
6. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Ecilda Paullier.	47
7. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Fray Bentos.	48
8. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Bequeló.	48
9. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Cañada Nieto.	49
10. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Chapicuy.	49
11. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad San Manuel.	50
12. Pérdida de suelo estimada en unidad Cuchilla de Corralito.	50
13. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Young.	51
14. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Itapebí-Tres Árboles.	54

15. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Cuchilla del Corralito.	54
16. Rotación 3. Pérdida de suelo estima en unidad Ecilda Paullier.	55
17. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Fray Bentos.	55
18. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Young.	56
19. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Bequeló.	56
20. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad San Manuel.	57
21. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Cañada Nieto.	57
22. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Itapebí-Tres Árboles.	60
23. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Cuchilla del Corralito.	60
24. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Ecilda Paullier.	61
25. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Young.	61
26. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Fray Bentos.	62
27. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Bequeló.	62
28. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad San Manuel.	63
29. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Chapicuy.	63
30. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Cañada Nieto.	64

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos quince años el país atravesó un proceso de cambios en todos sus sectores productivos agropecuarios y donde cada uno de ellos aportó, en diferente medida, a ese dinamismo de la economía nacional. Durante la crisis del año 2001 el sector agropecuario uruguayo atravesó probablemente uno de los momentos más críticos de su historia, para, diez años más tarde, ser un sector con un gran aporte al Producto Bruto Interno (PBI) y convertirse en uno de los principales motores de la economía. Fue la agricultura y especialmente el cultivo de soja la causa principal de esta revolución económica productiva, en un proceso que algunas denominaron como sojización o veranización de la agricultura. Este fenómeno incidió, con claros y sombras, sobre los fundamentos mismos del agro uruguayo y trajo enormes beneficios económicos al país. En dicho proceso, nuevos actores arribaron al sector, otros se reconvirtieron, y algunos desaparecieron de la realidad agrícola nacional.

Actualmente frente a una coyuntura macro económica que dejó de ser favorable muchos de los nuevos actores se empiezan a retirar.

El Estado uruguayo desde hace muchos años, pero con poco éxito, ha tratado de racionalizar y regular el uso y manejo del suelo. Esta situación tiende a cambiar ya que desde la aprobación del decreto-ley 15.239 de Conservación de Suelos y Aguas y sus normas modificativas y complementarias, se implantan en forma obligatoria los planes de uso y manejo de suelos, procurando minimizar los efectos de la erosión. Se regulan así las prácticas relativas a la realización de la agricultura y se prohíben y sancionan las prácticas no adecuadas.

En esta realidad agrícola actual, con una agricultura en retroceso debido a una coyuntura macroeconómica y comercial no tan favorable y estando vigente una normativa que limita el monocultivo de soja, se hace casi indispensable el uso de pasturas perennes y otros cultivos con el fin de diversificar el sistema y controlar la erosión.

Esta problemática hace que sea interesante analizar si es posible aplicar y respetar la nueva normativa vigente y diversificar el sistema mediante la diversificación con cultivos y pasturas perennes, sin comprometer el margen de rendimiento económico en la mayoría de los sistemas agrícolas del litoral del Uruguay.

El objetivo general del trabajo es determinar las diferencias en términos económicos y de pérdida de suelos de las distintas rotaciones insertas en los sistemas agrícolas del litoral oeste.

Como objetivos específicos se plantean:

- A. conocer las diferencias existentes en términos de erosión entre distintas rotaciones agrícolas y agrícola-ganaderas;
- B. conocer las diferencias en términos económicos entre diferentes rotaciones agrícolas y agrícola-ganaderas;
- C. determinar el ajuste de las rotaciones al marco legal vigente y la sensibilidad de las mismas frente a diferentes escenarios futuros.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 LA REALIDAD AGRÍCOLA Y ECONÓMICA NACIONAL EN EL PERIODO PREVIO

A partir de la década del 60 del siglo pasado con el fin del modelo económico de sustitución de importaciones e implementación de un modelo liberal, asociado a una baja del precio de los “commodities” en los mercados internacionales causada por la crisis recesiva a nivel mundial de la década de los 90 y la reducción de la demanda regional por los productos uruguayos, se produce en el Uruguay una disminución marcada del área sembrada de cultivos cerealeros e industriales, proceso que se extiende hasta comienzos de los 2000. Esta situación lleva a que el sector productivo agrícola asuma a partir de la década de los 80 una estrategia de reducción de costos unitarios como forma de mantenerse, lo que se logra a través de un aumento de los rendimientos por hectárea, una importante inversión en tecnología, mejoras genéticas en las semillas y un incremento en el uso de maquinaria, fertilizantes y fitosanitarios. De esta manera y pese a la disminución del área de cultivos, se produce un importante aumento de la productividad agrícola. En este marco, comienzan a adquirir importancia las economías de escala y a producirse una importante concentración de la producción, con aumento del tamaño de chacra y disminución en el número total de productores. El número total de explotaciones agrícolas (trigo, cebada, avena grano, lino, maíz, girasol, soja y sorgo) pasa de 42.979 en 1980 a 12.352 en el año 2.000; el área total sembrada en el mismo periodo de 799.372 hectáreas a 459.212 y el promedio de superficie de las chacras de 19 a 37 hectáreas (MGAP. DIEA 2000, Souto 2007¹).

A pesar del aumento de la productividad, de la inversión tecnológica y de los esfuerzos del Estado a través de mejoras de la infraestructura (silos, puertos, etc), financiación de la producción, devolución de impuestos a la exportación de granos, etc. la agricultura uruguaya entra al siglo XXI en uno de sus peores momentos históricos, con altos niveles de endeudamiento del sector, con la restricción del crédito a causa de la crisis financiera del 2002; con problemas de índole fitosanitario que afectaron las cosechas de trigo y cebada de los años 2001 y 2002; problemas climáticos, con importantes sequías en los años 1999 y 2000; y fundamentalmente la falta de competitividad exportadora de la producción nacional, determinada por la evolución del tipo de cambio real fijado en el marco de políticas antinflacionarias y la devaluación brasilera de enero de 1999 y la devaluación argentina del 2001 (Durán 2011, Rodríguez 2011).

¹ De los Campos, G.; Pereira, G. La actividad agrícola de secano en el Uruguay. Montevideo. 20 p. (sin publicar).

Sin embargo, esta situación negativa se revierte y a partir de la zafra 2002-2003 la agropecuaria uruguaya y la agricultura en particular entran en un proceso de expansión y transformación no visto antes en la historia nacional, expansión que se extiende hasta 2006, se retrae levemente en el 2007 por razones climáticas, y retoma el crecimiento en 2008 y 2009 hasta el momento actual. A diferencia de los periodos anteriores los cambios que acontecen en la agricultura en estos últimos años envuelven simultáneamente a varios subsectores y tienen un alcance muy amplio pues han supuesto modificaciones en la cantidad y tipo de los agentes participantes, en la inserción en los mercados internacionales y fundamentalmente en la tecnología de producción aplicada (Vasallo et al., 2011).

Según varios autores (Arbeletche y Carballo 2006, Rodríguez 2011, Arbeletche y Gutiérrez 2011, Errea et al. 2011) los principales factores impulsores de estos cambios fueron los siguientes.

- El aumento del precio de los “commodities” en los mercados internacionales el cual fue originado por un ciclo de expansión de la economía mundial que generó un aumento en la demanda de materias primas, principalmente de los mercados asiáticos. El alza del precio del petróleo en el periodo 2004-2008 impactó tanto en los costos de producción agrícola como en la demanda adicional de estos productos con destino a la elaboración de biocombustibles que aparecieron como una alternativa atractiva. La irrupción de capitales especulativos en los mercados agrícolas internacionales, propició el aumento del precio de los granos, especialmente el de la soja que constituye el principal motor de los cambios en la agricultura nacional.
- El aumento de la inversión, fundamentalmente extranjera, en el sector, debido a la disminución de las tasas de interés internacionales que provocaron un flujo de capitales hacia América Latina y un aumento de la demanda de instrumentos basados en los “commodities”.
- Un comportamiento expansivo de las economías vecinas, principalmente Brasil y Argentina.
- Un menor precio comparativo de la tierra en Uruguay, sensiblemente inferior al de Brasil y Argentina. Esto se acompaña de la existencia en el país de tierras aptas para el cultivo aún no utilizadas.
- Condiciones tributarias más benignas y una mayor seguridad jurídica; con mayor libertad para el manejo de divisas; y existencia de políticas nacionales macroeconómicas de promoción de inversiones.
- Las asimetrías existentes entre Uruguay y Argentina determinaron la radicación de agricultores y capitales argentinos especialmente orientados al cultivo de soja.

Esto provoca una mayor concentración productiva y extranjerización de la producción.

- Nuevas formas que permiten una mayor cobertura de riesgos en la comercialización de los granos (mercados de futuro y opciones), lo cual en la medida que disminuye la incertidumbre, también contribuyeron a dinamizar el sector.

Otros factores que también actuaron como factores propulsores de los cambios son algunas circunstancias del contexto económico interno y macroeconómico del país tales como la fuerte devaluación de la moneda uruguaya a mediados del 2002, que permitió recuperar la competitividad del sector afectada por el retraso cambiario de la década del 90; la aparición a partir del 2003 de nuevas alternativas para solucionar los problemas de financiamiento las cuales fueron promocionadas por el Estado a través de la disminución de encajes bancarios y de las tasas de interés en moneda nacional. También se dieron algunas medidas estatales para enfrentar la pérdida de competitividad y rentabilidad de varios sectores productivos, tales como la exclusión del patrimonio rural para cálculo del impuesto al patrimonio, la eliminación temporaria y luego definitiva del aporte patronal a la seguridad social del sector agropecuario; la reducción temporaria de contribución inmobiliaria rural; la reducción a cero de los aranceles de importación de bienes de capital y la obligatoriedad a partir del 2012 de incluir 5% de biodiesel en el gasoil con el consecuente aumento en la demanda de oleaginosos.

Estos cambios generaron a niveles socio-económicos, ambientales y tecnológicos los siguientes efectos.

Un aumento en la producción y productividad de los principales rubros agropecuarios y variación de la importancia relativa de cada uno de ellos dentro del PBI del sector. *“El valor bruto de la producción agropecuaria se duplicó en el periodo 2000-2007. Los mayores incrementos ocurrieron en la producción de granos (361%), seguido por la pecuaria (81%) y la silvicultura (54%). Esto ha provocado un fuerte aumento en el peso relativo de la producción de granos en el total sectorial: pasó de 13% en 2000 a 29% en 2007”* (Gabinete Productivo, citado por Rodríguez, 2011). Dentro del sector agrícola se destaca el crecimiento del producto granos (soja, trigo, cebada y maíz) que fue de un 303% (medido en dólares), con una alta participación de la soja, que partiendo de valores nulos alcanzó en un corto tiempo una participación del 30% (Arbeletche y Gutiérrez, 2011). En el año 2008 el valor de la producción agrícola superó al de la pecuaria, que ha sido el principal rubro histórico de producción y de generación de divisas del país.

Aumento del área de cultivos, rendimiento de la mayoría de ellos y variación de la importancia relativa de cada uno dentro del sector agrícola. En el 2000-2001 el área agrícola de secano a nivel nacional alcanza su mínimo histórico, por debajo de las 400.000 hectáreas. En 1908, según el censo general agropecuario (CGA) se ubicaba en

torno a las 830.000 hectáreas y en 1930 en 1.000.000 de hectáreas (Arbeletche y Gutiérrez, 2011). Entre los años 2003 y 2010 el área destinada a cultivos de secano: soja, trigo, cebada y maíz se triplica. La soja encabeza el aumento del área sembrada con 49% de crecimiento acumulativo anual, mientras que los otros rubros crecieron con tasas también significativas pero inferiores al promedio. El cultivo de soja que en el año 2001 ocupaba 29.000 hectáreas pasa a ocupar en la zafra 2009-2010 863.000 hectáreas, con un crecimiento del 3000%, transformándose en el primer cultivo en superficie sembrada a nivel nacional. Se exceptúa de este proceso de crecimiento el girasol cuya área sembrada cayó luego de la zafra 2002-2003 fundamentalmente por razones fitosanitarias. Se pasó de 176.000 hectáreas sembradas de girasol en la zafra 2002-2003 a 10.000 hectáreas sembradas en la zafra 2009-2010 (MGAP. DIEA, 2010).

Surgimiento de un nuevo patrón de cultivos. Aumenta considerablemente el área de soja debido a la demanda de este grano en los mercados internacionales y porque se radican en el país por razones de conveniencia tributaria y económica empresas agricultoras argentinas especializadas en este rubro. Aparece así una clara predominancia de los cultivos de verano, principalmente soja que se convierte en el principal cultivo, frente a la primacía histórica de los cultivos de invierno en especial trigo y cebada. De esta forma se produce un proceso de veranización de la agricultura ya que en la zafra 2005-2006 el 68% del área correspondía a los cultivos de verano que dejaron de jugar un papel secundario dentro del área de siembra de secano, para pasar a ser en pocos años los principales (MGAP. DIEA, 2006). A partir del año 2007 empiezan a crecer lentamente las áreas de cultivos de invierno y se observa una tendencia a incluir otros cultivos de verano como ser el sorgo y el maíz, mientras que en la zafra 2008-2009 se comienza a recuperar levemente el área de cultivo de girasol (MGAP. DIEA, 2009).

Este proceso se vió acompañado por la intensificación en el uso de la tierra. La integración de la siembra directa, semillas transgénicas y agroquímicos acorta los periodos cosecha-siembra y da la posibilidad de realizar dos cultivos al año con un sistema de agricultura continua que tuvo un nivel de aceptación muy importante. Se estima que en el 2005/06 un 47% del área agrícola estaba bajo este sistema de rotación agrícola (Rodríguez, 2011). Este sistema si bien permite aumentar la productividad y los ingresos del productor presenta importantes riesgos ambientales por el fuerte uso de herbicidas y fitosanitarios que implica y que puede contaminar napas y caudales de agua e incluso afectar la salud de quienes trabajan en su aplicación. La agricultura se vuelca a modelos de cultivo continuo con la soja como cabeza de rotación. Pierden relevancia relativa los modelos mixtos agrícolas-ganaderos/o lecheros, con rotación de pasturas y cultivos.

Modificaciones en la estructura agraria del sector, con concentración productiva y extranjerización de las empresas, que utilizan nuevas modalidades de gestión empresarial. Se acentúa marcadamente la tendencia a la concentración de la producción que ya presentaba la agricultura del país en las últimas décadas del siglo pasado. En el

desarrollo del periodo se constata una participación cada vez mayor en el área sembrada de chacras de más de 1.000 hectáreas. En 2008 las empresas de más de 1.000 hectáreas representaron el 2,4% del total y cultivaron el 63% de la superficie total de chacras. En dicho periodo disminuyen marcadamente los productores menores y medianos. La necesidad de la incorporación de tecnología demandante de una fuerte inversión de capital que les permita competir con las grandes empresas del sector, ha determinado la exclusión de productores de tipo familiar y de aquellos que hacían de la agricultura un rubro secundario o marginal.

Las formas de tenencia de la tierra de cultivo sobre todo las de soja son principalmente bajo arrendamientos de corto y mediano plazo, disminuyendo la participación relativa y absoluta del área en régimen de propiedad. En la zafra 2008-2009 el 65% de las chacras fueron sembradas en formas de tenencia diferentes a la propiedad (MGAP. DIEA, 2009).

La mayor parte del área agrícola fue controlada por grandes empresas sobre todo extranjeras y fundamentalmente argentinas. Dichos productores presentan en general poco activo fijo, cultivan en tierra arrendada generando poca vinculación con la misma, con el consiguiente riesgo para la sustentabilidad de los recursos; tercerizan la mayor parte de los servicios; aplican sistemas de economía de escala y trabajo en red, lo que les otorga importantes ventajas competitivas. Actúan fundamentalmente como gerenciadorees del negocio agrícola (Arbeletche y Carballo, 2006). Han surgido también otro tipo de productores llamados por Arbeletche, citado por Rodríguez (2011), “*agricultores muy grandes con ganadería como complemento*” que utilizan un alto porcentaje de tierra propia, lo que le otorga mayor estabilidad al sistema, e incorporan la ganadería en áreas de menor potencial.

Se produce un desplazamiento de otros sectores productivos tales como la lechería y la ganadería, los cuales son desplazados hacia áreas no aptas para la agricultura.

El crecimiento agrícola se extendió a áreas no tradicionales como parte de la región centro y noreste del país (Rodríguez, 2011).

El cambio tecnológico se considera probablemente la más notable transformación. La aplicación de siembra directa, el uso de semillas transgénicas, el aumento de la escala de siembra y cosecha, la aplicación de tecnología satelital para siembra de precisión, la ampliación de la capacidad de almacenaje y otros cambios técnicos redujeron los costos de producción, aumentaron los rendimientos, y generaron una importante inversión en el sector (Rodríguez, 2011).

Un aumento en el precio de la tierra y costos de arrendamiento impulsado por el desarrollo agrícola y el aumento significativo de la demanda. Esto se constituyó, a la vez, en un factor dinamizador del sector agropecuario obligando a otros rubros a mejorar

la productividad para poder subsistir y no verse desplazados por la agricultura. La tendencia hacia un aumento de las tierras cultivadas en régimen de arrendamiento en detrimento de los sistemas de aparcería o medianería, transforma al costo de la tierra en un componente estructural fijo, independiente del número de cultivos anuales y de su rendimiento. Esta situación contribuyó al fuerte incremento del área de cultivos de invierno en el año 2008 (53%), ya que el doble cultivo es una forma de diluir el alto costo de la tierra. A pesar de los incrementos ocurridos en el periodo, el precio de la tierra uruguaya se mantiene inferior al de los países vecinos (Argentina y Brasil).

Incremento de las exportaciones y diversificación de los mercados. La mayor parte de la producción agrícola nacional se destinó a la exportación debido a la poca magnitud del mercado doméstico. A partir de comienzos de los años 2000, se agregan a los tradicionales mercados del MERCOSUR (fundamentalmente Brasil) otros mercados extrazona, especialmente los mercados asiáticos (principalmente China) por la demanda de soja. En el periodo 2000-2007 se incrementan fuertemente los volúmenes de exportación de soja, aumenta levemente el de cebada malteada y se consolida la exportación de trigo. Los excedentes exportables de los cultivos de secano aumentaron entre el 2000 y el 2007 a una tasa promedio anual del 27,3%. Las exportaciones agrícolas en conjunto se triplicaron en el periodo, encabezadas por el arroz, la soja y la cebada (MGAP. OPYPA, 2007).

Aparición de nuevas formas de financiamiento. Debido a la dificultad del crédito bancario en el periodo de intenso crecimiento, el financiamiento de las inversiones y de la actividad agropecuaria, correspondió al esfuerzo de capitalización de las mismas empresas participantes, al financiamiento de los proveedores y a la proliferación de acuerdos informales de asociación entre productores con inversionistas ajenos al sector. Durante el año 2007 si bien el contexto externo continuó siendo positivo para Uruguay, comenzaron a apreciarse signos de agotamiento del ciclo expansivo mundial (crisis inmobiliaria en EEUU, desaceleración de las economías europeas y de Japón). Sin embargo, el dinamismo de economías como China, India y Rusia permitió que la economía mundial siguiera creciendo. Durante 2008 y 2009 el desempeño económico del Uruguay se vio afectado por dos impactos negativos, fenómenos climáticos adversos como ser el déficit hídrico desde mediados del 2008 hasta principios del 2009, seguido de precipitaciones anormalmente intensas ocurridas en momentos claves de los cultivos y una crisis económica y financiera mundial con caída de la actividad económica, del consumo y del precio de los “commodities” especialmente los granos, entrando en recesión las principales economías mundiales. Las medidas adoptadas por los gobiernos de los estados afectados como: reducción de tasas de interés, apoyo a empresas y sectores con problemas y paquetes de estímulo fiscal, permitieron que en el segundo semestre del 2009 se registraran mejoras en el escenario internacional, retomando los mercados mundiales un camino ascendente. Se retoma una tendencia al alza de los precios de los “commodities” sostenida por la demanda internacional y por eventos climáticos que perjudicaron a otros países productores como

Australia. Pese a estos impactos negativos el sector agropecuario uruguayo no cayó en recesión y continuó creciendo durante el año 2008, pero se desaceleró sensiblemente a partir del 2009. Disminuyeron las exportaciones del sector, aumentó con moderación el producto interno bruto agropecuario, fundamentalmente gracias al aprovechamiento de las condiciones favorables de la etapa anterior con la incorporación de la tecnología mencionada y el advenimiento de nuevos modelos de gestión. Así, se comienza a manifestar un deterioro de la competitividad del sector, por las condiciones económicas internacionales y por las medidas de política cambiaria adoptadas por el Estado, dirigidas a contener la inflación interna. A mediados del 2010 se registra un quiebre de la tendencia descendente lo que derivó de una política deliberada del Gobierno que produjo una suba temporaria en el tipo de cambio.

Durante el periodo 2011 hasta el 2015 se acentúan significativamente algunas circunstancias de orden externo e interno que habían comenzado a manifestarse en el período anterior y que inciden fuertemente sobre la dinámica de la agricultura nacional, tales como la baja en el precio de los “commodities” en los mercados internacionales y la pérdida de competitividad de la producción nacional

Otro factor que tuvo su efecto fue que en el marco de una política dirigida a lograr la autonomía energética y el aumento del uso de energías renovables, el gobierno de EEUU desde 2006 venía alentando en forma progresiva el uso de etanol de maíz en mezcla con combustibles fósiles, lo que impulsó un aumento simultáneo y paulatino en la demanda y el precio del grano, que alcanzó niveles récord en 2008 arrastrando el precio de otros alimentos que también se encarecieron. En 2012 se produce una sequía importante que apareja una escasez inédita en EEUU e incide también sobre la ganadería determinando la reducción de los rodeos ganaderos por el precio alto del grano que constituye uno de sus alimentos principales. Por otra parte, la producción de petróleo comienza a crecer en forma exponencial. De modo que en noviembre del 2013 el gobierno norteamericano pone freno al uso de maíz para combustibles, y lo hace justamente cuando se estaba terminando la mayor cosecha de maíz de la historia (además del maíz, el trigo y la soja lograron cosechas récord en esta zafra). Se debe considerar, además que en los últimos años se había producido una marcada expansión del área agrícola en EEUU, Brasil, Argentina, Uruguay y la ex Unión Soviética, debido a los buenos precios de los años anteriores y mejores expectativas para los siguientes. El récord de oferta coincide con una baja marcada de la demanda. El resultado previsible es una fuerte baja de precios del grano que cambia radicalmente la lógica del mercado internacional de granos. La baja del maíz generó a su vez un efecto dominó presionando a la baja el precio de la soja. En 2013 el trigo bajó 10%, el maíz 12% y la soja 22% con respecto a julio del 2012. En marzo hubo un leve repunte de un 4% en los precios del maíz y la soja debido a condiciones climáticas adversas en las principales regiones productoras principalmente de EEUU (IGC, 2013).

A mediados del 2014 se produce un brusco ajuste en el precio internacional de la soja y a partir de ese momento y durante todo el 2015 la evolución continuó mostrando una tendencia bajista más moderada pero sostenida. La baja del precio del maíz impulsó el cultivo de soja en EEUU el que se incrementó sensiblemente tanto en área cultivada como en la productividad, generando en los últimos años cosechas récord. Con respecto a la demanda sojera no hay previsiones de aumentos importantes, salvo un leve incremento en la demanda china y por la lógica del mercado todo lleva a suponer que manteniéndose la demanda y aumentando la oferta, los precios se mantengan o decrezcan (Jiménez de Aréchaga, 2015).

También debe tenerse en cuenta que en los últimos años se produjo una marcada baja del precio internacional del petróleo que pasó de U\$100 -120 por barril a oscilar en una franja de entre U\$40 y 75 el barril, lo que redujo el interés en la fabricación de biocombustibles derivados de los cereales y oleaginosos.

La pérdida de competitividad de la producción uruguaya y del sector agrícola en especial se vuelve año a año más complicada. Los EEUU salieron de la histórica crisis financiera del 2008 con una expansión sin precedentes de la circulación de dinero y un abatimiento de las tasas de interés, lo que provocó una devaluación de la moneda norteamericana y por lo tanto un fortalecimiento de la moneda de los países exportadores. Estas razones sumadas a las condiciones de garantías y estabilidad jurídica y política que ofrecía el Uruguay impulsaron la radicación en el país de numerosos capitales internacionales, tanto en colocaciones financieras como en inversiones directas en el área inmobiliaria y productiva, alcanzando en el año 2012 un récord histórico de 2.700 millones de dólares en inversiones directas (Lussich, 2013). Ésto implicó un alto ingreso de dólares en el mercado interno, dólares depreciados, lo que complicó el problema de la competitividad. Por otra parte, el país continuó expandiendo el gasto público lo que generó inflación. Como reacción y para intentar contener la inflación, el Banco Central subió las tasas de interés, lo que atrajo el ingreso de más capitales. El dólar bajó y la competitividad siguió cayendo. A partir de fines del 2012, principios del 2013, las inversiones extranjeras en el sector agrícola entran en una etapa de revisión y reevaluación. El escenario internacional ya no tan auspicioso, el aumento en los costos de producción generados por el atraso cambiario, la imposición de nuevos tributos (impuesto al patrimonio rural) y la nuevas exigencias ambientales (planes de uso y manejo de suelos) llevan a muchas inversionistas extranjeros a iniciar un proceso de reducción del área de cultivos, enfocando la agricultura en las áreas más productivas y rentables, liberando las chacras más marginales, que pasan a ser explotadas por otras empresas o agricultores locales o se destinan a ganadería. La zafra agrícola 2012-2013 comenzó con un fracaso productivo de los cultivos de invierno, determinado por precipitaciones abundantes y concentradas en la primavera que causaron mermas en los rendimientos y problemas de calidad. Se estima que el rinde medio fue de 2.000 kg/ha lo que significó una merma de un 40% respecto a la zafra anterior y la productividad más baja de la última década (Jiménez de Aréchaga, 2013). Para los cultivos de verano el

clima acompañó adecuadamente todas las etapas de crecimiento. El área de siembra de soja alcanzó 1.049.700 hectáreas y la producción fue estimada en 2,8 millones de toneladas, la mayor cosecha hasta ese momento (MGAP. DIEA, 2013). El rendimiento medio fue de 2.634 kilos por hectárea sembrada, lo que también fue récord. También con respecto al maíz aumentó el área sembrada y el rendimiento promedio del cultivo. En la cosecha 2012-2013 los productores obtuvieron uno de los mejores márgenes de los últimos años al darse la conjunción de rendimientos altos y precios aceptables. Las exportaciones tuvieron una buena dinámica a pesar de la corrección a la baja de algunos precios. Pese a este empuje de la producción física no se traduce en una mejor situación económica sectorial debido al fuerte aumento de los costos. El incremento de los costos en dólares afectó el resultado de las empresas haciendo que los precios internacionales fueran cada vez menos compensatorios. Si bien las exportaciones medidas en dólares se mantienen al mismo nivel que el 2012, al convertirlas a valor real se registra un decrecimiento (9% primer cuatrimestre del 2013 con respecto al año anterior). Hacia fines del 2014 la producción de granos ingresó a una nueva etapa de precios menores y costos mayores. En la zafra 2014-2015 se registró un descenso del 19% en la producción total de granos. Las exportaciones agrícolas se redujeron en valor para el cierre de 2015, con descensos en todos los cultivos, tanto por caídas de los volúmenes de ventas, como por menores precios de exportación. La exportación de granos estimada en millones de dólares se redujo un 10% (2.692 millones de dólares) con respecto al año anterior 2013 (2.998 millones de dólares) (MGAP. OPYPA, 2015). También se redujo el área sembrada, a excepción de la cebada y el sorgo de grano seco. Algunos cultivos como el trigo y la cebada se vieron afectados por factores climáticos que determinaron una menor calidad industrial de los granos cosechados y dificultaron su comercialización. En el caso de la soja, en el año agrícola 2014-2015, el área sembrada fue casi igual a la zafra anterior y registró leves descensos tanto en los niveles de producción y en la productividad media. Se exportaron tres millones de toneladas de soja en el ciclo (ventas concentradas entre abril y setiembre) lo que representa un descenso del 5% respecto al año anterior (3,17 millones de toneladas). Los volúmenes exportados bajaron muy levemente respecto a la zafra anterior y constituyeron la tercera mayor exportación en volumen de la historia. La gran diferencia vino por el lado de los precios.

2.2 PROBLEMÁTICA GENERADA POR LA AGRICULTURA CONTINUA

En base a la investigación realizada por Mondelli et al. (2015), en entrevistas realizadas a productores del litoral oeste del país se identificaron problemas que el sistema de monocultivo ha generado.

Este relevamiento que abarca aproximadamente un área agrícola de 184.000 hectáreas del litoral agrícola uruguayo identifica un total de 25 rotaciones distintas; todas ellas diseñadas para cumplir la normativa vigente de uso y manejo de suelos,

ubicadas en distintas sub zonas agrícolas, con diferentes suelos, y enfocadas a distintos negocios. Algunas de estas rotaciones serán usadas en este trabajo como estereotípicas, algunas propias del epicentro y otras de zonas más marginales. Serán elegidas en base a los criterios de funcionalidad, diversidad ecofisiológica, complementación de especies c3/c4 y relación cultivos - pasturas. Se buscará contrastar entre ellas, la pérdida de suelos generada a través del programa Erosión 6.0 sea amplio. También se intentará marcar las diferencias económicas entre las rotaciones netamente agrícolas y aquellas que integran la ganadería en su ciclo. Los autores del trabajo de investigación identificaron ciertos patrones o rasgos comunes a toda el área: uso intensivo del suelo y monocultivo soja – trigo, factores que se capitalizaron en problemas graves de erosión, enmalezamiento y resistencia a plagas y enfermedades. Actualmente las empresas enfrentan costos ocultos (Hoffman, 2015) originados en la negligencia del empresario frente al recurso natural.

El enmalezamiento conforma uno de los principales problemas constatados. Las principales malezas detectadas son la *Conyza bonariensis* y la *Conyza sumatrensis*, comúnmente llamadas carnicera. El avance de la misma y su tolerancia a los herbicidas la han vuelto un problema de gravedad. Si bien en muchos casos se trata de realizar un control de esta maleza, éste no resulta efectivo (Karlen y Sorrondegui, 2013).

También las gramíneas anuales como avena fatua y raigrás se han vuelto problemas, principalmente en cultivos de invierno. Los cultivos de soja y de trigo requieren para el control de malezas una dosis de herbicida más alta que otros. Hay una marcada tolerancia al glifosato y se supone que esta pérdida de eficiencia se deba a reiteradas aplicaciones tardías y en sub-dosis. En general todos los herbicidas están evidenciando problemas de tolerancia que también pueden deberse al sobre uso de los mismos.

En el caso de las plagas, existe un consenso casi general de los productores, sobre la mayor aplicación de plaguicidas en soja. Probablemente eso se deba al monocultivo de la misma en grandes extensiones; a huéspedes alternativos como otros cultivos o plantas guachas que refugian la plaga y logran un puente de año a año; al mal uso de insecticidas y a no dejar refugios de modo que sobrevivan, conjuntamente con los resistentes, individuos susceptibles que luego al reproducirse permitan diluir la resistencia. Todo esto sumado al uso de sobredosis o subdosis de plaguicidas y a la sobre posición de modos de acción han sido los factores que probablemente desencadenaron la resistencia de los insectos. Se observa una mayor utilización de fungicidas especialmente en trigo y cebada. A causa del monocultivo las enfermedades prosperan año a año. El abuso de fungicidas que no logran el control total origina poblaciones resistentes a los principios activos de estos fitosanitarios. También ha incidido negativamente en el control de estas enfermedades la adopción del sistema de siembra sin laboreo que conserva el rastrojo en superficie, ya que éste actúa como sustrato para los hongos necrotróficos. La rotación de cultivos se presenta como una medida para el

control de enfermedades y futuras epifitias, pues con ella se suprime el sustrato nutricional del micro-organismo, pero sólo es efectiva para patógenos necrotróficos. En situaciones de monocultivo se está periódicamente reintroduciendo el sustrato preferencial, garantizando la continuidad de ciclo de vida del patógeno.

Se percibe un uso creciente de fertilizantes azufrados y potásicos debido al déficit en suelo de ambos nutrientes. El uso exclusivo en años anteriores de fertilizantes nitrogenados y fosfatados ha provocado deficiencias inducidas de azufre, lo que es característico de suelos degradados con bajo nivel de materia orgánica (Ferraris et al., 2009). No hay en nuestro país historia de fertilización potásica, debido a la creencia de que los suelos poseen naturalmente altos contenidos de este nutriente. Sin embargo, después de años de agricultura continua y extracción del nutriente muchos suelos han empezado a acusar deficiencias, principalmente aquellos con bajo contenido de arcilla, suelos franco arenosos a arenosos. También se observan casos de un mayor requerimiento de nitrógeno debido fundamentalmente al tipo de cultivo antecesor o a un mal manejo del barbecho. Es lo que se denomina técnicamente chacra vieja (Ernst et al., 1997). Se ha constatado problemas de acidez, que podrían deberse a un menor nivel de materia orgánica y/o a un menor CIC, generalmente relacionados al poder buffer de los suelos. También acentuaría la acidez de los suelos el uso de fertilizantes nitrogenados amoniacales, ya que al producirse el pasaje de NH_4^+ a NO_3^- por la acción de microorganismos, se libera hidrogeno. También contribuye a la acidificación el uso frecuente de dosis altas de otros fertilizantes potásicos o azufrados (Casanova, 1999). En algunos predios se ha adoptado la práctica de encalado que básicamente busca neutralizar la acidez del suelo y llevarla a niveles óptimos para el crecimiento vegetal. Al encalar un suelo con calcita se neutraliza la acidez y eleva el pH, se precipita el aluminio que limita el crecimiento radicular y aumenta la disponibilidad de calcio, magnesio, fósforo, azufre, molibdeno, y el CIC. El efecto del aumento del pH del suelo solo se manifiesta varios meses después de la aplicación de la calcita (Bordoli y Casanova, 2004). Las prácticas de fertilización suponen estimar el requerimiento por cultivo, llevar el nutriente al nivel crítico del cultivo y mantener ese nivel. Muchas veces inciden en las prácticas de fertilización factores no exclusivamente técnicos tales como el vínculo del agricultor con la tierra. Cuando la tierra es de propiedad del agricultor o el contrato que le confiere su uso es de plazo largo la fertilización, sobre todo con fósforo y potasio, es más benevolente, no así en los contratos cortos.

Hoy día muchos predios presentan problemas de erosión. Los agricultores la atribuyen a años lluviosos. La erosión hídrica es la principal causa de erosión en los suelos del país y sucede principalmente en el periodo de recarga y exceso hídrico, en otoño e invierno. La gota de agua, principal agente erosivo desagrega los agregados del suelo y luego por medio del escurrimiento los lleva a otra parte del paisaje. Este fenómeno erosivo se acentúa fuertemente si la chacra está descubierta o con bajo nivel de rastrojo durante el período de precipitaciones de mucha intensidad en corto tiempo. Este efecto podría ser evitado mediante una buena cobertura de rastrojo o un cultivo con

buena densidad. Es posible especular que el fenómeno de la erosión hídrica se deba a la práctica generalizada y negligente de dejar barbechos muy largos no sembrando cultivos de invierno o coberturas justamente en el invierno que es el período más sensible. En el caso de la soja, su cultivo deja muy poco rastrojo con baja relación carbono-nitrógeno. La calidad del rastrojo está dada por su concentración de nitrógeno, lignina o relación carbono-nitrógeno que determina su tasa de descomposición. En el caso de los rastrojos de alta calidad como el de la soja en que la relación c/n es baja; la descomposición de éstos por los microorganismos del suelo va a ser más rápida que en el caso de rastrojos de un cultivo con relación c/n alta, como el sorgo, que posee una relación c/n de la caña de 137 y un tiempo más largo de descomposición (Morón, s.f.).

En efecto, la negligencia o mala praxis agronómica aplicada en el transcurso de esta última década ha generado este problema, que ahora las empresas buscan enmendar mediante medidas de última instancia, “*bypass coronario al suelo*”² tales como la construcción de terrazas en chacras con pendiente moderada, de modo de reducir la velocidad de escurrimiento del agua y encauzarla. El huelleado y la compactación del suelo de las chacras son otros problemas graves. Estos problemas que afectan la estructura del suelo y producen pérdida de materia orgánica, se dan tanto en laboreo como en siembra directa, y son causados por el tránsito de maquinaria pesada sobre las chacras, especialmente la pulverizadora autopropulsada o vulgarmente conocida como mosquito. Son problemas también, en gran parte, atribuibles a la negligencia. Según Confucio (501 AC) “*No son las malas hierbas las que ahogan la buena semilla, sino la negligencia del campesino.*” La compactación en caso de siembra directa es principalmente subsuperficial, en los primeros 10 cm. de suelo.³

Para paliar el problema de la compactación se toman medidas como el laboreo con disquera o excéntrica cada 2 o 3 años y/o la aplicación de subsolador, paraplow o paratrill. Pero como la siembra directa genera compactación en superficie, estos métodos, especialmente el paraplow, resultan ineficaces pues descompactan en mayor profundidad. Por su parte el uso de la disquera podría generar problemas de erosión, enterrando el rastrojo y descubriendo el suelo, dejándolo expuesto a erosión hídrica. En todos los casos el correcto manejo de este problema, sería el barbecho correcto con un tiempo adecuado, lo que mejora la sementera, descompacta el suelo y acumula N₀₃ (Ernst y Siri, 1997). El uso de máquinas como motoniveladoras, traíllas o palas para subsanar problemas causados por la erosión como cárcavas, canículas u otros signos, debería considerarse como medida de última instancia.²

² García Préchac, F. 2015. Com. personal.

³ Hoffman, F. 2015. Com. personal.

2.3 EROSIÓN EN EL URUGUAY

Para comenzar este apartado se definirán algunos conceptos básicos para la mejor comprensión del tema.

La erosión es la pérdida del material de suelo en ciertas partes del paisaje. Al ocurrir erosión en una parte del paisaje ocurre deposición o sedimentación en otras (Lenoir y Tornari, 2004). La erosión puede ser tanto natural o geológica como antrópica. La primera es la que ocurre sin intervención humana, por acción del agua o del viento. Se da, aunque aparentemente el paisaje esté en equilibrio con los otros componentes del ambiente (clima, vegetación, fauna, etc.). Es muy lenta e imperceptible en el tiempo humano. Cuando no existe ese aparente equilibrio puede observarse en tiempo humano (Durán y García Préchac, 2007). La segunda es la producida por el hombre con prácticas de uso y manejo de suelos. La agricultura convencional, al eliminar o alterar la vegetación, produce cambios en los procesos que ocurren en el suelo. Cambia uno de los cinco factores de formación de suelo, el biológico (vegetación, fauna, microbiología), reduciendo la cobertura del suelo, la cantidad de restos vegetales que se incorporan al mismo y alterando los regímenes hídrico, térmico y gaseoso. A ello se agrega el traumatismo que sufre el suelo por el tráfico y pasaje de maquinaria y por altas cargas animales. En general lo anterior resulta en una aceleración de la erosión en relación a la erosión geológica (Wolman, citado por Durán y García Préchac, 2007).

Según Durán y García Préchac (2007) la degradación es la pérdida de fertilidad del suelo producida por la pérdida de materia orgánica, alteración de la estructura y compactación del suelo. Como resultado se reduce la fertilidad física, química y biológica. Puede ocurrir sin que ocurra erosión, aunque normalmente están correlacionadas positivamente.

La erosión desde el punto de vista edafológico causa un incremento de arcilla en la superficie debido al mezclado del horizonte b, en suelos con diferenciación textural. Se reducen la materia orgánica, los nutrientes y se afecta negativamente la estructura del suelo. La materia orgánica es el principal indicador de la calidad del suelo. Es fuente de varios nutrientes, única de nitrógeno y principal de azufre. Es determinante de la estructura y porosidad e incide en la dinámica del agua, del aire y del calor. Los suelos erosionados tienen menor capacidad de retener agua. Debido a estas razones los suelos agrícolas degradados se hacen gradualmente menos productivos (Bertoni y Lombardi Neto, 1985).

Las causas principales de pérdida de materia orgánica son la erosión hídrica y la eólica que actúan en superficie, el laboreo que aumenta la oxidación de la materia; y la

extracción de nutrientes cuando el balance entre la extracción del producto y el aporte de restos orgánicos es negativo.

El principal agente erosivo en nuestro país es el agua. El enfoque sobre la erosión en este trabajo va a ser principalmente sobre la erosión hídrica, debido a que ésta es la más importante a nivel nacional

La erosión hídrica comprende 3 procesos:

1. La desagregación por el golpeteo de la lluvia de las partículas que forman los agregados de los suelos.
2. El transporte de los desagregados por el escurrimiento superficial. El salpicado del material desagregado es el comienzo del proceso de transporte. Si la intensidad de la lluvia supera la velocidad de infiltración, se genera escurrimiento superficial, que es el mayor agente de transporte del material desagregado.
3. La sedimentación o deposición de los materiales transportados cuando el escurrimiento pierde velocidad, en las partes bajas del paisaje. Todos estos procesos requieren energía y la misma proviene de la energía cinética de la gota de agua de lluvia y del escurrimiento superficial, siendo la primera la de mayor importancia dado que posee mayor energía cinética y poder erosivo que el escurrimiento no encauzado (García Préchac, 1996).

Cuando el escurrimiento es encauzado se acumula la energía cinética llevando a la formación de cárcavas, canículas, surcos y zanjas. Cuando el escurrimiento no es encauzado produce la erosión laminar: pérdida de una capa de espesor casi uniforme en toda la superficie de suelo (Foster et al., Nearing et al., citados por Durán y García Préchac, 2007).

2.3.1 Cuantificación de la erosión de suelos en el Uruguay

El problema de la erosión y degradación de los suelos del país si bien se arrastra desde los primeros tiempos de la implantación de la agricultura, se ha vuelto en los últimos años de una gravedad alarmante. La intensificación de la agricultura, la sobreexplotación de las chacras, la práctica del monocultivo, las expansiones del área agrícola hacia zonas marginales menos aptas son, entre otras, las causas principales del agravamiento del problema.

Los primeros trabajos a nivel nacional para cuantificar la pérdida de productividad de los suelos causada por la erosión fueron realizados bajo el sistema de CONEAT por la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del MGAP.

Estos sistemas de cuantificación de la productividad del suelo diferencian variaciones productivas debido al grado de degradación de los suelos, explicada a través de la fase de erosión. Atendiendo al grado de degradación se distinguieron diferentes unidades o grupos CONEAT.

García Préchac y Durán (1998) clasificaron la fase de erosión en una variable numérica en escala de 0 a 4 en base a definiciones semi cualitativas. Luego estimaron el cambio del valor codificado del grado de erosión y lo correlacionaron con la magnitud del cambio porcentual del índice CONEAT. En los 11 grupos o unidades, se observó una relación lineal alta entre ambas variables: $R \text{ cuadrado} = 0.77$ (García Préchac y Durán, 1998). Los autores estimaron un 21% de cambio del índice de productividad por cada unidad de cambio del grado de erosión significando un cambio de 25% del espesor del horizonte A.

En base a un mapa de erosión actual generalizada por zonas se estima en un 30 % el área nacional afectada por algún tipo de erosión. Se constata una correlación entre la agricultura y la erosión del suelo en toda el área triguera, mayor cultivo de la época. Sin embargo, el área con mayor erosión no correspondía o no estaba asociada a este cultivo. El área con mayor porcentaje de erosión severa correspondía al departamento de Canelones y la parte oeste del departamento de Lavalleja y estaba asociada al monocultivo de maíz en parcelas menores con bajo nivel tecnológico y con destino a alimentación del ganado (Griffin, 1972). También se encontraron zonas afectadas por la erosión en el litoral del río Uruguay y oeste del Río de la Plata, debido a la expansión tardía de la agricultura en 1950.

Sganga et al. (2005) realizaron un nuevo mapa en el marco del proyecto plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía. Este plan tuvo un cambio metodológico con respecto al proyecto anterior y cuantifica la erosión antrópica en 30.1% a nivel nacional. Crea dos categorías nuevas; erosión muy ligera y leve y aparecen nuevas áreas de afectación severa en San José y Paysandú.

2.3.2 Modelo USLE/RUSLE y su aplicación en Uruguay

Para determinar la magnitud de la pérdida del suelo producida por la erosión se utiliza en el Uruguay el modelo USLE/RUSLE o Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Universal Soil Loss Equation, en inglés). Permite estimar tasas de erosión para combinaciones de localidad - suelo - topografía – uso y manejo. Su primera versión fue publicada en EEUU en 1960 por Wischmeier y Smith. Luego aparece otra versión revisada y actualizada del modelo, llamada RUSLE realizada por Renard et al. (1997). Esto permitió que García Préchac et al. (1997) realizaran estimaciones para las condiciones de Uruguay. Este modelo estima la tasa de pérdida de suelo por unidad de superficie expresada en MG por hectárea por año.

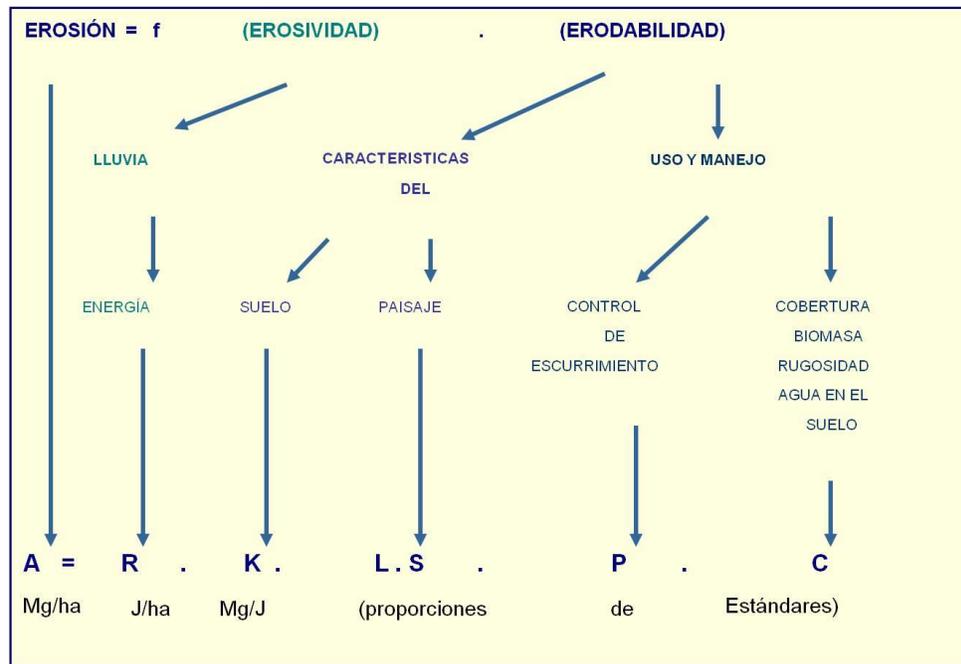
Este modelo se expresa en la siguiente ecuación:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A: es la pérdida de suelo por unidad de superficie. Sus dimensiones son Mg ha^{-1}

R: el factor erosividad de la lluvia es la capacidad potencial de la lluvia, por sus características físicas, de causar erosión. La erosión es un trabajo, por lo que requiere energía. Dicha energía es la energía cinética de las gotas de lluvia que golpean sobre la superficie del suelo y la del escurrimiento del agua que no infiltra y corre en su superficie (Hudson, 1982). Este factor se define como el producto acumulado para el período de interés (en planificación agropecuaria generalmente un año) con cierta probabilidad de ocurrencia (normalmente 50% o promedio), de la energía cinética por la máxima intensidad en 30 minutos de las lluvias. Sus dimensiones son $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{hr}^{-1}.\text{año}^{-1}$, aunque por simplicidad se realiza en energía por unidad de superficie J.ha^{-1} (Troeh et al., 1980).

Ilustración No. 1. Componentes de la ecuación universal de pérdida de suelo USLE/RUSLE.



Fuente: García Préchac y Durán (2007).

Se encuentra disponible información sobre el factor R relativa a todo el territorio nacional, las provincias de Entre Ríos, Córdoba, Corrientes, Santa Fe y Buenos Aires de Argentina y el Estado de Río Grande del Sur de Brasil, condensado en un mapa de isoerodentas (Clérici y García Préchac, 2001) del cual se extrapolan los valores de erosividad de acuerdo a la isoyeta más cercana la unidad de producción a evaluar.

K: factor erodabilidad del suelo. Corresponde a la susceptibilidad del suelo a sufrir erosión y se expresa como la cantidad promedio de suelo perdido por unidad del factor R ($Mg.J^1$), cuando el suelo en cuestión es mantenido permanentemente desnudo, con laboreo secundario a favor de la pendiente (condiciones de máxima erosión posible). Está ligado a las propiedades intrínsecas del suelo.

Los demás factores L, S, C, y P son estándares y no tienen dimensiones.

L: factor longitud de la pendiente. Relaciona entre la erosión con una longitud de pendiente dada y la que ocurre en el estándar de 22,1 m de longitud, a igualdad de los demás factores.

S: factor inclinación de la pendiente. Es la relación entre la erosión con una inclinación de pendiente dada y la que ocurre en el estándar de 9% de inclinación, a igualdad de los demás factores.

P: es el factor práctica mecánica de apoyo. Es la relación entre la erosión que ocurre con una determinada práctica mecánica de apoyo y la que ocurre con la condición estándar de laboreo a favor de la pendiente, a igualdad de los demás factores. Los valores de los factores topográficos (L y S), al igual que el valor del factor P se toman de la literatura (Renard et al., 1997). Se sobre entiende que tanto las prácticas mecánicas de control de escurrimiento como el efecto de la topografía son universales.

C: es el factor uso y manejo. Es la relación entre la erosión de un suelo con un determinado sistema de uso y manejo y la que ocurre en el mismo suelo puesto en las condiciones estándar (suelo desnudo y pronto para siembra convencional) en que se definió el factor K, a igualdad de los demás factores. Es el factor más importante del modelo pues representa el efecto combinado de condiciones o variables manejables en el control de la erosión. A igualdad de los demás factores, en condiciones estándar se define como $C=1,0$.

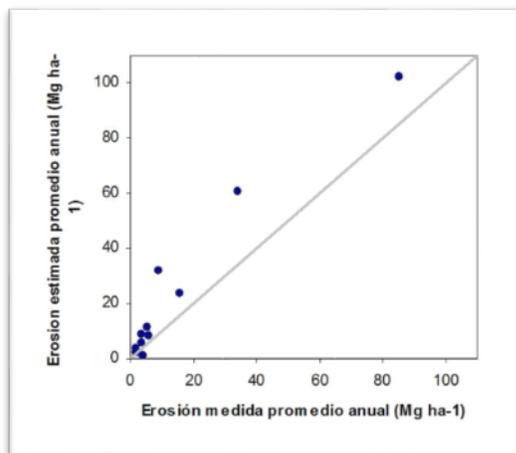
En 1991 las publicaciones sobre la nueva versión revisada del modelo RUSLE (Renard et al., 1997) incluyen un nuevo procedimiento para estimar el factor C a partir de cinco variables de fácil determinación: a) cobertura del suelo por residuos de la vegetación previa. b) cobertura del suelo por la parte área de la vegetación. c) rugosidad de la superficie del suelo. d) contenido de biomasa en descomposición en los primeros 10 cm del suelo y e) contenido de agua del suelo (Clérici y García Préchac, 2001).

Esto permitió determinar esta variable para varios sistemas de producción del Uruguay y elaborar un programa informático que contiene la síntesis de los datos obtenidos y la rutina de cálculo, facilitando el uso del mismo (García Préchac et al., 2011).

La comparación entre valores estimados por el modelo RUSLE y valores medidos en condiciones experimentales en parcelas de escurrimiento ubicadas en diferentes regiones del territorio nacional (Aguas Blancas, Estanzuela y Palo a Pique) permitió a García Préchac validar el sistema para Uruguay. La relación resultante de la comparación fue de 0.98 (García Préchac, 2001).

En comparación con resultados experimentales se constató que el modelo USLE/RUSLE tendía a sobreestimar en un 25% la erosión medida en suelos del Uruguay (García Préchac, 1994). En el año 2008 se incorporó al modelo el contenido de agua en el suelo, corrigiéndose de este modo la sobreestimación constatada que paso a ser de un 4%.

Ilustración No. 2. Corrección de la sobre estimación de USLE utilizando el subfactor CA de RUSLE.



Fuente: Hill et al. (2008).

2.3.3 El programa informático Erosión 6.0

Este programa de software fue desarrollado bajo la dirección de García Préchac, Hill y Clérici (Clérici et al., 2001) dentro del proyecto de producción responsable del MGAP/BM, bajo el título de modelo de estimación de la erosión de suelos en Uruguay y

región sur de la cuenca del plata, basándose en la ecuación universal de pérdida de suelo o USLE/RUSLE de Wischmeier y Smith. Permite estimar a priori tasas de erosión de una misma combinación de suelo, topografía y ubicación geográfica bajo diferentes sistemas de uso y manejo. Contiene, para facilitar su aplicación por los usuarios, la información disponible sobre todos los factores y las rutinas de cálculo y es el que se aplica para analizar y calificar los planes de uso y manejo a presentar por las empresas.

La estimación de las pérdidas de suelo por erosión es un elemento de suma utilidad para la planificación y toma de decisiones a diferentes niveles. A nivel predial permite encarar objetivamente diferentes alternativas de uso y manejo y seleccionar la que, ofreciendo el nivel de conservación deseado, cumpla con los objetivos de producción y sea más simple de llevar a la práctica. A nivel político puede usarse como criterio o normativa técnica, de acuerdo a la legislación vigente (Programa Erosión 6.0 manual del usuario).

Originalmente se desarrolló la aplicación EROSIÓN como apoyo a una guía publicada por García Préchac (1992).

2.4 NORMATIVA JURÍDICA CONSERVACIÓN DE SUELOS EN EL URUGUAY

2.4.1 Normativa jurídica vigente

La conservación, adecuada utilización y recuperación de los suelos y de las aguas del territorio nacional ha sido una preocupación constante y de antigua data del legislador y de las autoridades públicas nacionales. Existen varios antecedentes normativos que demuestran esta preocupación tales como: el Código Rural de 1942; la ley de Colonización 11.029 de 12 enero de 1948; la ley 13.667 de 18 de julio de 1968; la ley Forestal 15.939 de 28 de diciembre de 1987 y sus modificativas; el Código de Aguas decreto-ley 14.859 de 15 de diciembre de 1978; la ley de Riego 16.858 de 5 de setiembre de 1997; la ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible 18.308 de 18 de junio de 2008, etc (Fernández Reyes, 2012).

Actualmente está en vigencia una norma legal que se puede considerar madre o rectora en esta materia: el decreto-ley 15.239 del 23 de diciembre de 1981, reglamentado por el decreto 333/004 de 16 de setiembre del 2004, el que a su vez ha sido modificado por el decreto 405/008 de 21 de agosto de 2008 y complementados por la ley 18.564, del 11 de setiembre de 2009 (Fernández Reyes, 2012).

La constitución uruguaya consagra derechos fundamentales de la persona, entre otros, el derecho al trabajo, a la propiedad, a la libertad de dedicarse a cualquier actividad lícita y específicamente, conforme al artículo 36, al trabajo y al cultivo. No

obstante la propia norma constitucional dispone que estos derechos pueden ser limitados o privados por razones de interés general o de necesidad o utilidad pública (artículo 32).

El decreto-ley 15.239 afecta claramente el libre ejercicio de los derechos fundamentales antes mencionados, en mérito a razones de interés general como lo es la conservación y recuperación de los suelos considerados como un bien de interés colectivo y social, y si bien, esta declaración de interés general no surge expresamente consagrada en el texto legal, se desprende del espíritu y la finalidad de la norma.

Se entiende que se trata de una norma de orden público, el fin de la ley conduce a regular una materia que interesa a la sociedad entera, está dirigida y coordinada por órganos del Estado y contiene vínculos obligacionales que constriñen a los particulares a valores de jerarquía superior cuya realización es la preservación de un bien general común: la tierra y el agua (Gadea Butierrez, 1991). Las consecuencias de ser una norma de orden público de protección del interés colectivo serían: I) la limitación a la voluntad individual; II) su irrenunciabilidad; III) su aplicación de oficio; y IV) la posibilidad de derogar el principio de la irretroactividad de la ley.

El artículo primero de la ley 15.239 declara: de interés nacional promover y regular el uso y la conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios. La obligación de velar por prevenir y controlar la erosión y degradación de los suelos, las inundaciones y la sedimentación en cursos de agua y en los lagos y lagunas naturales y artificiales se le asigna al Estado en forma genérica, y en forma específica se le asignan competencias al poder ejecutivo, a través del Ministerio de Agricultura y Pesca (actualmente Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. MGAP), quien está facultado a realizar acuerdos con los entes autónomos de la enseñanza (Universidad de la República, Universidad del Trabajo y Consejos de Enseñanza y con el Instituto Nacional de Colonización), con los gobiernos departamentales, y con las restantes instituciones públicas y privadas (numeral 4 del artículo 3 del decreto-Ley).

En cuanto al ámbito de aplicación de la ley se entiende que quedan comprendidos todos los suelos o tierras del territorio nacional, con aptitud productiva, independientemente de los criterios de clasificación tradicionales en urbanos, suburbanos y rurales o de la nueva categorización establecida por la ley de Ordenamiento Territorial.

2.4.2 Sujetos obligados

En el artículo 2 del decreto ley 15.239 en la redacción dada por el artículo 1 de la ley 18.564 el legislador determinó en forma clara los sujetos obligados y responsables del cumplimiento de este régimen.

El legislador procuró abarcar todas las situaciones posibles estableciendo la obligación de todas las personas (en tanto sujetos de derecho: físicas, jurídicas, públicas, privadas, etc. sin distinción de especie alguna) de colaborar con el Estado. Complementariamente establece que los titulares de explotaciones agropecuarias cualquiera sea su vinculación jurídica con el predio, y los tenedores de tierra a cualquier título están obligados a aplicar las normas técnicas que establezca el MGAP para evitar la erosión y la degradación del suelo o lograr su recuperación y asegurar la conservación de las aguas pluviales. Además, se dispone que en caso de sanciones por incumplimiento será solidariamente responsable el propietario del predio. Por su parte el decreto 333/004 (reglamentario del decreto-ley 15.239), en el inciso segundo de su artículo 2, y en función de la aplicación de las normas técnicas básicas, afirma que: son titulares de explotaciones agropecuarias aquellos a cuyo nombre se efectúa el manejo de la universalidad de bienes afectados a la producción animal o vegetal.

O sea que el artículo 2 del decreto-ley 15.239 (en su nueva redacción) contempla tres situaciones: a) la obligación de todas las personas de colaborar con el Estado en la conservación, uso y manejo adecuado, genéricamente de los suelos y de las aguas sin hacer mención a los fines agropecuarios (inciso 1); b) las obligaciones de los titulares de explotaciones agropecuarias y tenedores de tierras de aplicar las normas técnicas que dicte el MGAP (inciso 2); y c) la responsabilidad solidaria del propietario del predio (inciso 3). La condición de responsable solidario de las consecuencias del incumplimiento por terceros (que sólo pueden ser de índole económica), presupone que el titular de la explotación agropecuaria o tenedor del predio a cualquier título, incumpla con la normativa vigente.

2.4.3 Obligaciones de los sujetos

De acuerdo al texto legal, la obligación genérica de los sujetos obligados que vimos anteriormente, se resume en la aplicación de las normas técnicas básicas que dicte el MGAP, extremo que dicha secretaría de estado realizó en tres oportunidades sucesivas en el tiempo, estando vigente en la actualidad el decreto 333/004 con las modificaciones realizadas por el decreto 405/008. La regulación del uso y recuperación de los suelos y aguas, se ha ordenado en los dos últimos decretos reglamentarios, en base a que las prácticas agrícolas y agronómicas, se deben desarrollar según determinados: I) principios generales: a) toda práctica agrícola deberá mantener o aumentar la productividad de los suelos; para lo cual los sistemas de producción agropecuaria o de uso de la tierra tenderán a evitar la erosión y la degradación de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo, atendiendo a la preservación o mejora de su calidad y de su productividad. b) se aplicarán las prácticas agronómicas más adecuadas en función de los tipos de suelos a cultivar, tendiendo a la reducción o eliminación del laboreo (art.1 decreto 333/004); y II) normas técnicas básicas: a) el laboreo, la siembra, la cosecha y demás procedimientos agrícolas se efectuarán procurando no generar alteraciones en la superficie del terreno, que determinen concentraciones del escurrimiento o la

conducción no controlada de aguas superficiales que puedan producir erosión. b) se evitarán las direcciones coincidentes con las pendientes del terreno en todas las operaciones. c) toda desviación, concentración o vía de conducción de agua deberá estar dimensionada de acuerdo a los coeficientes técnicos de escurrimiento. d) los desagües naturales permanecerán con la superficie adecuadamente empastada para que se realice un escurrimiento no erosivo del agua. e) el sistema de caminería interna con sus respectivos desagües, no deberá generar focos de erosión. f) se aplicarán métodos de control adecuados en caso de presencia de cárcavas total o parcial o potencialmente activas (artículo 1 decreto 333/004).

Asimismo, se establecen cuáles son las prácticas inadecuadas en el manejo de suelos y aguas, distinguiendo los casos de: a) siembra directa; b) laboreo de la tierra; y c) en todas las circunstancias (artículo 1 decreto 406/008). También integran la reglamentación las medidas de manejo para la recuperación de los suelos degradados o erosionados.

2.4.4 Fiscalización, infracciones y sanciones

El MGAP además de los programas de capacitación, educación, e información de la normativa aplicable, tiene a su cargo la fiscalización del cumplimiento de las normas técnicas básicas (numeral 6 del artículo 3 del decreto-ley 15.239). Podrá actuar de oficio o a denuncia de parte.

A partir de la promulgación de la ley 18.564 de 11 de setiembre de 2009, artículo 2, en caso de constatarse infracciones por el incumplimiento de las normas que regulan el uso y el manejo de los suelos y las aguas, se habilita a la División Servicios Jurídicos del MGAP a aplicar en forma separada o acumulativa las siguientes sanciones: a) multa que será fijada entre 10 UR y 10.000 UR; y b) suspensión por hasta un año de habilitaciones, permisos o autorizaciones para la actividad respectiva. El legislador fijó límites mínimo y máximo para el monto de la multa y máximo para el plazo de la suspensión, correspondiendo a la administración la fijación de la sanción.

2.4.5 Incidencia en la contratación agraria

La responsabilidad solidaria del propietario del predio, consagrada en la ley 18.564, derivada de un eventual incumplimiento de las normas técnicas básicas, ha determinado una profunda revisión del alcance de los términos de cualquier contratación agraria, que implique la cesión del uso y goce o de la simple tenencia de un inmueble afectado a una explotación agropecuaria, independientemente de la forma jurídica que se adopte. Dicha responsabilidad obliga al titular del derecho de propiedad del predio a

adoptar determinadas previsiones a nivel contractual, al igual que en la ejecución del contrato, con la finalidad de salvar o atenuar su responsabilidad, acreditando ante la autoridad pública, una conducta diligente orientada al cumplimiento de la normativa aplicable en materia de suelos y aguas con fines agropecuarios (Fernández Reyes, 2012).

2.4.6 Planes de uso y manejo responsable del suelo

Posiblemente el aspecto más relevante incluido en el decreto 405/008, se encuentra en el artículo 5, que establece: *“Dentro de un plazo de 180 (ciento ochenta) días contados a partir de la entrada en vigencia del presente decreto, el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca dará a conocer un manual con las medidas exigibles para todos los cultivos. Consecuentemente con ello, exigirá la presentación de un plan de uso y manejo responsable del suelo, en el cual deberá exponerse que el sistema de producción proyectado, determine una erosión tolerable, teniendo en cuenta los suelos del predio, la secuencia de los cultivos y las prácticas de manejo.”* Indudablemente que este régimen legal trajo y traerá consecuencias en la contratación agraria, ya sea en cuanto al objeto, al precio y al plazo del contrato, así como en la ecuación económica del mismo.

El decreto 333/004 en su artículo 11 designa a la Dirección General de Recursos Naturales Renovables como la repartición del MGAP encargada del cumplimiento de los cometidos dispuestos en los artículos 1 y 5 del decreto-ley 15.239.

La RENARE optó por utilizar la ecuación universal de pérdida de suelos - USLE en su sigla en inglés (Wischmeier y Smith, 1960) y su versión revisada - RUSLE (Renard et al., 1991), para validar los planes de uso del suelo presentados, utilizando el programa Erosión 6.0 ajustado y validado para su uso en las condiciones nacionales.

De setiembre del 2010 a mayo del 2013 se realizó una etapa piloto de presentación de planes de uso, etapa de prueba y ajuste, con la participación voluntaria de empresas agrícolas. Se creó en el MGAP un registro de técnicos habilitados para presentar los planes en la fase obligatoria. El análisis de los planes presentados en esta primera etapa que abarcó un 2% del área agrícola nacional demostró que tanto la rotación trigo/soja como el monocultivo de soja no eran viables considerando la erosión hídrica estimada.

Luego se instauró una segunda fase obligatoria para cultivos de invierno: trigo y cebada; y se estableció una gradualidad en tamaño de chacras a presentar en las sucesivas etapas. Por último, a partir de setiembre del 2013 se estableció una segunda fase obligatoria, en la que se incorporaron los cultivos de verano.

Finalizada el término de la recepción de planes el proceso es el siguiente: a) identificación de omisos. Se utilizan imágenes satelitales y control de campo para identificar los productores omisos en la presentación de los planes. B) análisis formal y técnico de los planes presentados y contacto con el técnico responsable en caso de observaciones. C) fiscalización del cumplimiento y ajuste a los planes.

Un análisis primario de todos los planes presentados ha demostrado que, en la mayoría de los suelos del país, la agricultura sería viable solo en rotación con pasturas lo que no necesariamente conduce a una disminución del área sino su vinculación con la ganadería, ya que implica la inclusión de especies estivales anuales como maíz y sorgo (suplementación estratégica), así como praderas perennes (Hill et al., 2013).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología consiste en una revisión bibliográfica que permita identificar la problemática a analizar, de los conceptos utilizados y realizar una evaluación en términos de erosión de suelos y en términos de MB de las rotaciones “tipo” utilizadas por productores del litoral agrícola entrevistados para un trabajo de Mondelli et al. (2015).

A partir de la totalidad de las rotaciones encontradas en la investigación de Mondelli et al. (2015) se seleccionaron cuatro, las cuales se corresponden a dos rotaciones bajo agricultura continua y dos en rotación con pasturas. Las mismas se seleccionaron por la diversidad en la intensidad agrícola, su complementación con nuevos cultivos no convencionales y por la integración agrícola ganadera. A continuación en el cuadro 1 se muestra un esquema con las rotaciones seleccionadas.

Cuadro No. 1. Rotaciones seleccionadas.

	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
1era. rotación	Cobertura	Soja de 1era.										
	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
2da. Rotación	Trigo	Sorgo	Barbecho	Soja de 1era.	Cobertura	Soja de 2da.	Trigo con pp/cons.	Pradera de 1er. año	Pradera de 2o. año	Pradera de 2o. año	Pradera de 3er. año	Pradera de 3er. año
	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
3era. Rotación	Cobertura	Soja de 1era.	Colza - canola	Soja de 2da.	Trigo	Maíz	Cobertura	Soja de 1era.	Trigo	Soja de 2da.		
	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
4ta. Rotación	Cobertura	Soja de 1era.	Cobertura	Soja de 1era.	Pradera de 1er. año	Pradera de 1er. año	Pradera de 2o. año	Pradera de 2o. año				
	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6	

3.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LAS ROTACIONES

Para la primera rotación (1) se planteará monocultivo de soja de primera, ya que éste ha sido uno de los usos de mayor importancia en nuestro país en la última década. Se analizará para las 99 unidades y los 178 suelos que conforman el mosaico de grupos para la carta de suelos 1:1.000.000, de manera de poder comparar y determinar la factibilidad de este sistema a nivel de todos los suelos del país.

A través de la aplicación del programa informático Erosión 6.0, se evaluarán las pérdidas por erosión y el ajuste al marco legal vigente de todas las unidades y sus correspondientes suelos. Para ello se tomaron una serie de supuestos: A) se prefijó el largo de pendiente, variando el gradiente en intervalos de 0,5% hasta un máximo de 20% y se establece el factor LS en función de la pendiente. B) se prefijó el factor R, erosividad de la lluvia, promediándola entre las localidades analizadas. C) el factor C, uso y manejo, es estimado por el programa. D) el factor P de prácticas mecánicas de apoyo, se lo asumió como neutro multiplicativo tal como lo recomienda el programa.

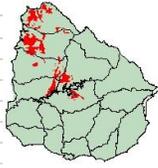
Se genera una base de datos de pérdida de suelo de todas las unidades de suelos del Uruguay para diferentes pendientes, ingresando en una hoja de cálculo del programa informático Excel los factores de la ecuación universal de pérdida de suelo, todas las unidades de suelos y sus respectivos factores K y erodabilidad. Estimando una pendiente máxima global se determinaron aquellos suelos que mejor se comportan en lo que a erosión antrópica refiere, así como los que presentan mayor susceptibilidad.

Para las rotaciones 2, 3 y 4 también se aplica el programa Erosión 6.0, se estima la pérdida de suelo en nueve unidades representativas del litoral agrícola uruguayo para tres rotaciones posibles, con diverso grado de intensidad agrícola. Se analiza el ajuste al marco legal vigente. A partir de esta información se confecciona un ranking de desempeño en cuanto a erosión antrópica de todas las unidades seleccionadas en cada rotación, y se caracterizan las mejores y peores unidades en función de las pérdidas globales estimadas. De las unidades seleccionadas algunas presentan historia agrícola desde el comienzo del proceso de migración de la agricultura desde el sur del territorio nacional hacia el litoral oeste y otras se han incorporado en la última década.

Las rotaciones 2 y 4 son agrícola-ganaderas y por lo tanto presentan una fase de pasturas permanentes. Se opta por una mezcla forrajera compleja de ciclos complementarios que consiste en 6 kg de *Medicago sativa*, 10 kg de *Dactylis glomerata* y 3 kg de *Trifolium repens*. Se elige esta mezcla, por la disponibilidad de datos y la posibilidad de consorciarse con cultivos de invierno.

En el cuadro 2, se indican las nueve unidades de suelos seleccionadas con sus respectivos grupos de suelos, área total que abarcan y factores correspondientes.

Cuadro No. 2. Unidades de suelos seleccionadas, ubicación espacial.

Unidad San Manuel	Unidad Bequeló	Unidad Cañada Nieto	Unidad Chapicuy
			
Unidad Cuchilla de Corralito	Unidad Ecilda Paulier	Unidad Fray Bentos	Unidad Itapebí - Tres Árboles
			
Unidad Young			
			

Fuente: adaptado de MAP. RENARE (1976).

Para la aplicación del programa Erosión 6.0 en la rotación 1 se tomó en cuenta el siguiente manejo: período 1: siembra y emergencia, se plantea el comienzo del afinamiento hasta un mes luego de la siembra. Para esta primera rotación de monocultivo soja se tomará el periodo 1 en octubre y el final de este periodo en el mismo mes. Se coloca el periodo de determinación de rendimiento para grupos de madurez corto mayormente en enero y febrero y para grupos de madurez intermedio en febrero, y para grupos largos en marzo.

El periodo 2 de establecimiento del cultivo va desde el fin del periodo anterior hasta el segundo mes luego de la siembra. Se pondrá el comienzo y el fin del periodo en noviembre. Se asumirá que el término establecimiento significa que el cultivo haya alcanzado el 95% del IAF crítico lo que probablemente ocurrirá a fines de noviembre o

principios de diciembre, pero se asumirá noviembre por la imposibilidad de repetir datos entre los diversos periodos del cultivo.

El periodo 3 de crecimiento y maduración va desde el fin del periodo anterior hasta la cosecha. Se asume que este periodo comienza en diciembre y finaliza con la madurez fisiológica. Ésta depende del largo del ciclo emergencia – floración y éste a su vez está determinado por la fecha de siembra, el fotoperiodo, la temperatura y el grupo de madurez. Se asumirá que se siembra con la temperatura base 6 – 9 grados Celsius o por encima de la misma y dentro de un periodo libre de heladas. Tomando como fecha de siembra el mes de octubre, si se prefija un grupo de madurez, el largo del ciclo del cultivo y el periodo de determinación de rendimiento variaría con el fotoperiodo y la temperatura según las distintas zonas del país. Por lo tanto, se asumirá la creación de un grupo de madurez que no presente respuesta al fotoperiodo y a la temperatura y que se denominará GM ficto y su largo de ciclo será el promedio entre el GM corto III y un GM VII extrapolado de la gráfica de Baigorri (2015) y en una fecha de siembra de 15 de octubre. Resulta un GM ficto de un largo de ciclo de 145 días, muy parecido al de ciclo medio, pero que no responde al fotoperiodo ni a la temperatura y que por lo tanto no variará en función de la zona en que sembremos. Por lo tanto, el periodo 3 finalizará en el mes de marzo.

El periodo 4 del rastreo va desde la cosecha hasta la próxima arada con volteo o siembra directa o con laboreo reducido. Se asume que la cosecha es en el mismo mes de la madurez fisiológica del cultivo, pero arrastrando el problema de no poder repetir valores entre periodos, se lo pondrá con inicio en abril. Como la chacra quedará en barbecho solamente con rastreo hasta la próxima siembra de soja de primera, se asumirá que el fin de este periodo será en octubre.

El nivel de producción, con manejo con siembra directa y un índice de cosecha de 0.5 y un rendimiento medio de 2.6 Mg permite deducir un nivel de producción de 3.9 Mg en base al IC y lo clasifica dentro de un nivel de producción regular.

El porcentaje de suelo cubierto luego de la siembra por residuos del cultivo anterior. En la medida que se realiza indefinidamente un monocultivo de soja primera, se ubicará ese porcentaje en torno a un 35%, pero como el programa no lo acepta, se pondrá un 50%, asumiendo que por esta causa será subestimada la erosión en el factor C.

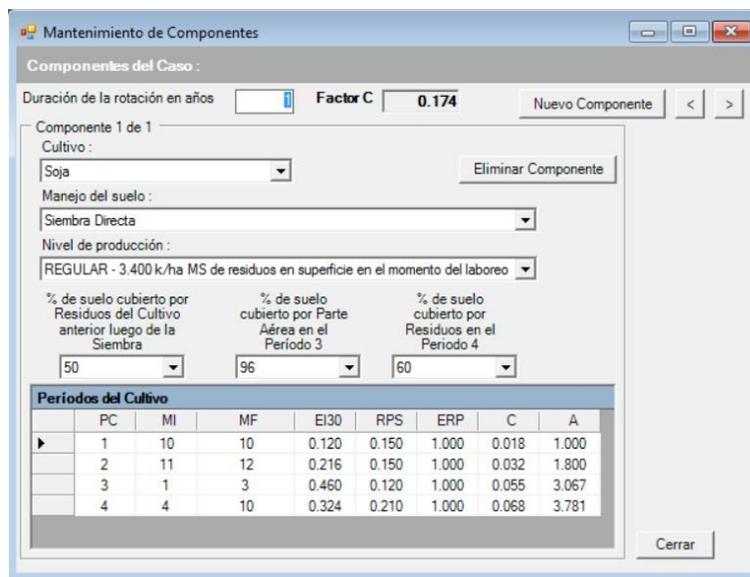
Para el porcentaje de suelo cubierto por parte aérea en el periodo 3, se asume que es un cultivo que ha alcanzado el IAF crítico y que por lo tanto cubre una superficie del 95% del suelo.

Para el porcentaje de suelo cubierto por residuos en periodo 4, se partirá de la base que un rastreo de soja al comienzo de su barbecho inmediatamente luego de la cosecha cubre un área de 60% del suelo.

Con respecto a la duración de la rotación en años, se calcula el factor C para una rotación de un año. Después asumimos que si el manejo y todos los factores se mantienen constantes en todos los años sucesivos, el factor C no debería variar para un periodo más largo de tiempo.

El resultado de la estimación del valor global del factor C es de 0,174.

Ilustración No. 3. Captura de pantalla del programa Erosión 6.0.



EI30: erosividad de lluvia acumulada del periodo.

RPS: relación de pérdida del suelo en ese periodo y el suelo desnudo.

ERP: efecto residual de la pastura (cuando la rotación la incluye, si no el efecto se mantendrá en 1).

C: valor del factor C: uso y manejo, en cada periodo.

A: erosión promedio anual estimada en cada periodo.

Para el cálculo del factor R, erosividad de la lluvia, se utiliza un mapa de isoerodentas del factor R y su distribución, que varía por cada localidad del país. El programa Erosión 6.0 brinda el factor R estimado para cada localidad nacional y regional. Como el factor R afecta a su vez el factor C, se tendría que contemplar caso por caso. Al graficar el cambio de localidad y factor R sobre el cambio del factor C

devuelto por el programa Erosión 6.0 no se encontró ninguna correlación, y ajustando por una ecuación lineal el R^2 el valor resultante es 0.0163.

En una primera instancia se apuntará a un enfoque global, por lo tanto, se promediará el factor R de todas las localidades regionales y se ajustará el modelo en base a ese valor que se denominará factor R generalium (del latín general), sin tomar la influencia de éste sobre el factor C dado que no se pudo ajustar a ningún modelo. El promedio es un factor R de 591.

Para el cálculo del factor LS, largo y gradiente de pendiente el programa requiere el ingreso de datos sobre el largo de pendiente y el gradiente de la misma, devolviendo los valores de L, S y su producto LS. El factor conjunto LS de la USLE responde al efecto combinado de la longitud y el ángulo de inclinación de las laderas, cuyos efectos son imposibles de individualizar. Su valor sirve para estimar las pérdidas de suelo que se producen en un terreno en pendiente comparativamente a las pérdidas por unidad de área que se producirían si una misma lluvia cayera sobre una parcela de 22 m de longitud y 9% de ángulo de inclinación con idénticas condiciones de tipo de suelo, cultivo y manejo.

La ilustración 4 nos muestra la ecuación para el cálculo de L y S con laderas de inclinación uniforme < 20% y longitud < 1000 pies.

Ilustración No.4. Ecuación cálculo factor LS.

$$LS = \left(\frac{X}{22,13} \right)^m (0,065 + 0,045s + 0,0065s^2), \text{ donde}$$

Factor longitud $\rightarrow L = \left(\frac{X}{22,13} \right)^m$ Factor pendiente $\rightarrow S = \frac{0,43 + 0,3s + 0,043s^2}{6,613}$

L = factor longitud
X = longitud de la ladera (en metros)
m = constante que depende de la inclinación de la pendiente

S = factor inclinación
s = inclinación en porcentaje

S (%)	m
≥ 5	0,5
3 - 5	0,4
1 - 3	0,3
< 1	0,2

Fuente: Ibáñez et al. (2012).

La longitud de las pendientes está asociada a la topografía del suelo y los gradientes en las 99 unidades de suelos del Uruguay varían entre 0 a 20%. En un enfoque global y de modo de poder sintetizar mejor los datos se prefijará el largo de pendiente en 100 metros, para un rango de 42 pendientes distintas en intervalos de gradiente de 0.5% hasta llegar al máximo de gradiente constatado en 20%.

La ecuación potencial para determinar LS con largo de pendiente fijo 100 m a partir programa Erosión 6.0 es la siguiente:

$$LS \text{ (erosión)} = 0.0333x^{1.4385} \quad R^2 = 0.999$$

Longitud de pendiente prefijada en 100 m.

X= Gradiente de la pendiente.

El cálculo del factor P, prácticas mecánicas de apoyo, que son todas aquellas prácticas para aumentar la rugosidad del suelo, ejemplo: laboreo en contorno, franjas empastadas. Cuando se utiliza siembra directa el factor P tiende a 1. Se asumirá que en nuestro sistema se usa exclusivamente la siembra directa y por lo tanto el factor P tiende a 1.

El cálculo del factor K, erodabilidad de suelo, es un factor propio y característico de cada suelo. En el programa informático Erosión 6.0 ya se encuentra ingresado para las 99 unidades de suelos del país, por lo tanto se tomará este dato del programa.

Para el cálculo de las rotaciones 2, 3 y 4, se seguirán los mismos pasos que para la primera rotación. A efectos de sintetizar el trabajo los factores y variables utilizadas en ellas se expondrán en anexos disponibles en formato natural al programa Erosión 6.0 disponible en CD-ROM. (ver Anexos 2, 3 y 4).

3.2 DETERMINACIÓN DE MÁRGENES BRUTOS DE LAS ROTACIONES

Para su cálculo se utilizarán rendimientos promedios del país para los diferentes cultivos y precios promedios de las tres últimas zafas. Los coeficientes técnicos se tomaron de dos fuentes: Unión Rural de Flores (URF) y Cámara Uruguaya de Servicios Agropecuarios (CUSA). Para determinar los márgenes agrícolas y agrícolas ganaderos se utilizará la eficiencia de conversión de kilogramos de MS de pastura a kilogramos de carne, asumiendo una utilización del 65%, una producción anual de la pastura regular y un precio nominal del novillo en el mercado. Por último, se promediará por el largo de la rotación a efectos de estabilizarla y se estudiará el margen bruto. Mediante el programa

Microsoft Excel se realizará un análisis de sensibilidad unidimensional con la variación de los precios de los distintos productos, rendimientos, eficiencias de conversión, costos y producción de pasturas; para luego estudiar el comportamiento individual de cada rotación y determinar la sensibilidad a cada variable en cada caso.

Teniendo la estimación de producción anual y su distribución (corregida ésta por la utilización mensual) se obtiene la disponibilidad mensual y acumulable de la disponibilidad de MS anual. Mediante una eficiencia de conversión 16:1 es posible estimar la producción diaria, mensual y anual acumulada de carne por hectárea. Una vez calculado ese valor se lo multiplica por el precio del novillo gordo obteniendo de esta forma el ingreso ganadero: U\$S por ha mensual y anual. Se asume que la unidad ganadera, entendida como aquella que permite mantener los requerimientos diarios de manutención de una vaca adulta de 380 kg a una asignación de forraje de 2,5%, equivale a 9,5-10 kg. de MS disponible día.

Mediante la utilización de una planilla Excel es posible ligar todas las variables y darles un orden jerárquico. De esta manera modificando la producción global de la pastura se modifican las producciones anuales de primer y segundo año, manteniendo las mismas distribuciones.

Las producciones anuales se encuentran ligadas a las distribuciones mensuales y estacionales, a porcentajes fijos. Todo el conjunto se mueve en bloque y permite estimar excesos y deficiencias de forraje, así como cargas mensuales instantáneas. Aumentos o pérdidas de producción globales o anuales de las praderas alteran el resultado económico semestral.

Para la rotación 1 no se realizará un estudio económico específico por encontrarse ésta comprendida dentro de todas las demás rotaciones y por ende analizada en el subconjunto de resultados obtenidos. Los criterios y supuestos asumidos para llevar a cabo el proceso de determinación de los márgenes económicos se expondrán en el Cuadro 3.

Cuadro No.3. Criterios y fuentes para el cálculo de los márgenes brutos.

Criterios		Fuente
Precio soja puesta NP	380US\$/tt.	Cámara Mercantil de Productos del País (s.f.).
Precio canola promedio	350US\$/tt.	Cámara Mercantil de Productos del País (s.f.).
Precio trigo exportación puesto NP	140US\$/tt.	Cámara Mercantil de Productos del País (s.f.).
Precio maíz exportación puesto NP	190US\$/tt.	Cámara Mercantil de Productos del País (s.f.).
Precio sorgo promedio	150US\$/tt.	Cámara Mercantil de Productos del País (s.f.).
Utilización promedio de la PP	65%	Simulación Excel .
Eficiencia de conversión	16kg./ms.-1kg. carne	Simeone y Beretta (2008).
Novillo gordos/precio	1,7 U\$/kg.	Asociación de Consignatarios de Ganado del Uruguay (2015).
Rendimiento de soja 1era.	2500kg./ha	MGAP. DIEA (2015)
Rendimiento de soja 2da.	2400kg./ha	MGAP. DIEA (2015)
Rendimiento de maíz	5500kg./ha	MGAP. DIEA (2015)
Rendimiento de canola	1900kg.	Besón (2013).
Rendimiento de sorgo	4000kg.	MGAP. DIEA (2015)
Rendimiento de trigo	2700kg.	MGAP. DIEA (2015)
Unidad ganadera	10kg./ms.-1UG	Plan Agropecuario (2016).
Costos de labores y de insumos		Unión Rural Flores (2015) y Cámara Uruguaya de Servicios Agropecuarios (2015).
Costos de renta por la tierra A	800kg. soja/ha	MGAP. DIEA (2015)
Costos de renta por la tierra B	148US\$/ha	MGAP. DIEA (2015)

Cuadro No. 4. Producción global y porcentual anual de la pradera.

Producción global	Kg./ms/año	Porcentaje
Pradera de 2o. año	10052	61%
Pradera de 1er. año	6504	39%
Total	16556	100%

Cuadro No. 5. Producción global y porcentual anual de la pradera estimada con limitaciones edafológicas o climatológicas.

Producción global	Kg./ms/año	Porcentaje
Pradera de 2o. año	3036	61%
Pradera de 1er. año	1964	39%
Total	5000	100%

Cuadro No. 6. Producción estacional y anual acumulada primer año pradera permanente.

Producción total Kg./ms./ha	6504												
Datos pasturas	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	Total
Ms./ha/mes				175	153	219	1.301	1.378	1.148	939	501	691	6.504
				3%	2%	3%	20%	21%	18%	14%	8%	11%	100%

Cuadro No.7. Producción estacional y anual acumulada del segundo año pradera permanente.

Producción total Kg./ms./ha	10052												
Datos pasturas	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	Total
Ms./ha/mes	542	636	692	220	193	275	1.637	1.733	1.444	1.182	630	869	10.052
% estimado/mes	5%	6%	7%	2%	2%	3%	16%	17%	14%	12%	6%	9%	100%

3.2.1 Elaboración de costos

Los costos fueron obtenidos a partir de coeficientes técnicos del departamento técnico de la Unión Rural de Flores y de la Cámara Uruguaya de Servicios Agropecuarios – CUSA, para el año 2015. Los precios sugeridos de las labores agrícolas surgen de cálculos realizados en forma sistemática por el equipo técnico de CUSA y se sustentan en fórmulas validadas e información proporcionada por los socios, recopilada y actualizada periódicamente. Esta herramienta, de libre acceso, es una referencia de precio confiable para el sector. La CUSA es una institución que nuclea contratistas del todo el país.

La Unión Rural de Flores es una cooperativa de productores que a través de la actuación cooperativa busca reducir costos de insumos y labores en general, maximizando beneficios. Como existen diferencias entre sus respectivas estimaciones de costos, se asumirá a los efectos de este trabajo que el productor se mueve en un punto medio entre ambos extremos. Cabe resaltar que empresas de gran porte como los pool de siembra tendrían una estructura de costos más ventajosa basada en su escala y diferencias competitivas.

3.2.2 Renta de la tierra

Se realizará el análisis con y sin inclusión del costo de la renta de la tierra. Éste es de alta variabilidad en función de la ubicación del predio, calidad del suelo, factores

logísticos, valor de producción, etc. Será considerado por rentas en kilogramo de soja para la fecha del estudio y rentas diferenciales para la fase ganadera de la rotación.

3.2.3 Análisis de márgenes de rendimiento económico

Para realizar este análisis se parte del supuesto de rotaciones estabilizadas en tiempo y espacio. Se estimarán márgenes brutos con y sin renta incluida.

3.2.4 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad busca medir como se afecta la rentabilidad de un proyecto cuando una o varias variables que conforman los supuestos bajo los cuales se elaboraron las proyecciones financieras se modifican. Cuando sólo una de las variables se modifica, nos encontramos frente al análisis de sensibilidad por variables o unidimensional. Si, en cambio, más de una cambia de valor, entonces estamos ejecutando un análisis de sensibilidad por escenarios, también conocido como multidimensional (Lira, 2011).

En este caso se opta por realizar un análisis unidimensional de varias variables, modificando una por vez y dejando fijas las demás. Se pretende llegar al margen bruto cero de cada rotación mediante el programa informático Microsoft Excel y su correspondiente función: buscar objetivo. El objetivo en este caso sería obtener el margen bruto cero modificando las variables analizadas, para las tres rotaciones.

En el análisis solamente se sensibilizaron márgenes calculados a partir de los coeficientes técnicos de CUSA debido a que estos márgenes son los más sensibles, y ya funcionarían por sí mismas como escenario de costos altos.

Las variables analizadas fueron.

- 2 Precio de la soja.
- 3 Precio del trigo.
- 4 Precio del maíz.
- 5 Precio de la canola.
- 6 Precio del novillo.
- 7 Producción de forraje en MS/ha pradera de 1er. año.
- 8 Producción de forraje en MS/ha pradera de 2o. año.
- 9 Producción de forraje en MS/ha pradera de 3er. año.

- 10 Producción de forraje en MS/ha pradera en 1er. y 2o. año.
- 11 Producción de forraje en MS/ha pradera en 2o. y 3er. año.
- 12 Eficiencia de conversión.
- 13 Rendimiento de soja.
- 14 Arrendamiento.
- 15 Costos totales.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de la información primaria y utilizando coeficientes técnicos y económicos generamos una matriz de resultados que expondremos en esta etapa del trabajo. Estos resultados son una mera aproximación a valores reales en lo que se refiere a erosión antrópica, ajuste al marco legal y los resultados económicos de las rotaciones estudiadas.

4.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE EFECTOS DE LA EROSIÓN Y AJUSTE DE LAS ROTACIONES AL MARCO JURÍDICO

En este subcapítulo estimaremos la erosión antrópica de suelo en las distintas rotaciones en las diferentes unidades de suelo y el ajuste al marco legal.

4.1.1 Rotación 1

Cuadro No. 8. Rotación 1

Estación de crecimiento	Invierno	Verano
Año	1	1
Cultivo	Barbecho	Soja 1er.

La evaluación de las unidades de suelo se hizo, de acuerdo a lo expuesto en el capítulo de metodología, con un valor de factor K correspondiente, factor C pre calculado, factor R generalium, y factor LS calculado por el programa. Se prefijó el largo de pendiente y en una planilla Excel se estableció para el rango 0 a 20%. Los cuadros de resultados para todas las rotaciones se encuentran en anexo 1.

En cuanto a su ajuste a la normativa en materia de uso y manejo de suelos, en base al análisis de la información procesada, se concluye que, de acuerdo a la normativa vigente si el gradiente de pendiente tendiese a cero, todas las unidades analizadas estarían por debajo de la tolerancia de pérdida de suelo. O sea que, en condiciones de terreno plano, sería posible establecer un sistema de monocultivo de soja de primera sin tomar en cuenta las condiciones edafológicas y de fertilidad natural de los suelos pues la pérdida anual estimada estaría por debajo de la tolerancia.

Existe una correlación positiva entre la pérdida de suelo y la erodabilidad del mismo o factor K. A mayor factor K mayores pérdidas de suelo estimables. A los suelos que presentaron menores valores de K se les estimó menor pérdida anual.

La otra correlación constatada es que a mayor gradiente y largo de la pendiente mayor velocidad adquiere el agua de escurrimiento que transporta los sedimentos, por lo tanto mayor erosión.

Se concluye que existen 13 suelos de alta susceptibilidad a la erosión cuando la pendiente supera el 0.5 % de gradiente. Sus valores de pérdida superan su acotada tolerancia y ellos son: Andresito (brunosol subeútrico háplico); Capilla de Farruco (litosol dístrico melánico); Carapé (litosol dístrico úmbrico); Cerro Chato (brunosol subeútrico háplico); Cerro Chato (brunosol subeútrico típico); Constitución (inceptisol ócrico); Cuchilla Caraguatá (brunosol eútrico háplico); El Ceibo (solonetz); El Ceibo (solod melánico); El Ceibo (solonetz solodizado); Rincón de Ramírez (solod ócrico); Rincón de Ramírez (solonetz); y Rincón de Ramírez (solonetz solodizado ócrico).

Estos suelos presentan ciertas características que les confieren alta susceptibilidad: van desde litosoles de escasa profundidad a suelos poco profundos, de poco y escaso desarrollo, de mala estructura, algunos de carácter salino, texturas muy livianas con poca cohesión. Estos suelos no presentan aptitud agrícola, principalmente por problemas de erosividad.

Se observan otros suelos de mejor comportamiento y menor susceptibilidad a la erosión, lo que no significa que presentan un 100% de aptitud agrícola pues tienen impedimentos de otra naturaleza. La lista de suelos del cuadro 9 indica los menos susceptibles a la erosión y los datos de gradiente de pendiente máxima que soportan para mantenerse dentro de los límites de la tolerancia, y de gradiente asociado a sus respectivos paisajes.

Cuadro No. 9. Máxima pendiente para alcanzar la tolerancia de pérdida de suelos, en distintas unidades de suelo.

Unidades de suelo carta 1:1.000.000	Max. pendiente tolerable	Rango de pendientes asociadas
Balneario Jaureguiberry: arenosol ócrico	19,5%	3 - 8%
Angostura: arenosol ócrico	6%	2 - 5%
Arapey: vertisol háplico (pri. y Ver.)	5,5%	0 - 1%
Baygorria: vertisol háplico (Pri. y Ver.)	4%	1 - 3%
Villa Soriano: vertisol háplico (Pri. y Ver.)	4%	0 - 1%
Paso Palmar: vertisol rúptico (pri. y ver.)	3,5%	1 - 5%
Lechiguana: vertisol rúptico lúvico (pri. y Ver.)	3,5%	3 - 8%
Itapebí - Tres Árboles: vertisol háplico (pri. y ver.)	3,5%	1 - 4%
Cuchilla de Corralito: vertisol rúptico lúvico (pri. y ver.)	3,5%	2 - 5%
Cuaro: vertisol háplico (pri. y ver.)	3,5%	0 - 2%
Bellaco: vertisol rúptico lúvico (pri. y ver.)	3,5%	1 - 3%

En el cuadro 9 se encuentran los 11 suelos que mejor toleran el monocultivo de soja de primera manteniéndose la pérdida de suelo por debajo de la tolerancia, siempre que el gradiente de la pendiente se mantenga dentro del límite máximo indicado. Es posible sacar algunas conclusiones con respecto a esta lista:

a) no todos son suelos agrícolas. Los arenosoles ócricos de las unidades Angostura y Jaureguiberry son suelos de mucha profundidad, con relieve de dunas y lomadas costeras. Son de prioridad forestal y se encuentran en la costa de Canelones y Rocha. Su gran profundidad y su fertilidad prácticamente nula y uniforme hacen que la erosión en ellos no sea un problema o mejor dicho una preocupación. Pero del punto de vista agronómico es inviable realizar cualquier cultivo. Estos suelos son los que mayor gradiente de pendiente soportan sin llegar al límite de tolerancia: 12Mg/ha/año valor que ya está por encima del promedio nacional. En el caso de Jaureguiberry este suelo llega a superar el límite de tolerancia recién con un gradiente del 19.50%. Se asume que en este suelo se podría implementar monocultivo de soja indefinidamente, por lo menos según la normativa jurídica vigente. Las pendientes asociadas a esta unidad oscilan entorno del 3 al 8% por lo que la pérdida de suelo estaría muy por debajo de la tolerancia establecida.

El factor que explica que estos suelos sin ninguna aptitud agrícola, puedan ser los que mejor soporten al sistema, es la característica erodabilidad de los mismos o factor K. Se clasifican dentro de los suelos lixiviados desaturados, con bajo contenido de materia orgánica y una estructura granular conferida por su principal componente: la fracción arena. El contenido de materia orgánica en estos tipos de suelos es tan bajo que no presentan mucha variación en el perfil. Se podrían considerar de fertilidad

homogénea, lo que sumado a su profundidad les confiere la característica de ser resistentes a la erosión. Según el Compendio de suelos no presentan erosión.

b) los suelos agrícolas que conforma esta lista, en mayoría, son representativos del litoral agrícola y conforman lo que se conoce como zona núcleo. Son por lo general profundos, de alta fertilidad natural y buena estructura. Conforman un grupo minoritario: solamente representan el 9% de las unidades de suelos que conforman el mosaico de suelos de las 99 unidades de la carta 1.1.000.000.

c) por la complejidad del paisaje uruguayo y su amplia gama de suelos asociados son pocas las situaciones en las que la pendiente no supera 3,5% de gradiente y los 100 m de longitud, valores que representan el límite superior al sistema de monocultivo de soja y que solo 9 unidades de suelos podrían tolerar.

A modo de conclusión primaria de la primera rotación, se podría afirmar que un sistema soja-soja no es apto para la amplia mayoría de los suelos del Uruguay y realizarlo conllevaría problemas de erosión y degradación de nuestro principal recurso natural.

4.1.2 Rotación 2

Cuadro No. 10. Rotación 2.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3
Cultivo	Trigo	Sorgo	Barbecho	Soja 1era.	Cobertura	Soja 1era.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	4	4	5	5	6	6
Cultivo	Trigo/pp. consociada	Pradera 1er. año	Pradera 2o. año	Pradera 2o. año	Pradera 3er. año	Pradera 3er. año

La rotación analizada tiene un componente de 33% de pasturas perennes y una relación dentro de la fase del cultivo c3/c4 alta. La línea negra del cuadro No.11 marca cuales unidades de suelo superaron la tolerancia admitida y cuáles no. De las nueve unidades seleccionadas seis se mantienen, para la rotación prevista, dentro del marco legal, o sea dentro de los límites de tolerancia permitida.

En todas las unidades de suelos el periodo más crítico para la erosión es el periodo de cultivo 3: crecimiento y maduración. Este periodo resulta el más largo de los cuatro y por ello con mayor probabilidad de ocurrencia de precipitaciones y fenómenos erosivos hídricos acumulados.

Los periodos 1 (siembra y emergencia) y 2 (establecimiento) están asociados a la implantación y al crecimiento vegetativo. No obstante, no siempre en estas instancias

se alcanza el IAF crítico y se llega a cubrir bien el surco. Por eso los datos de estimación de erosión resultantes responden a la arquitectura del canopeo, a la distribución espacial, crecimiento inicial y macollaje de cada cultivo individual. Si bien en las representaciones gráficas la erosión en estos dos periodos iniciales parece ser menos significativa que en los dos subsiguientes, ésto responde a la diferente extensión temporal asumida para cada periodo: un mes para cada uno de los dos primeros; tres a cuatro meses para el tercero, y hasta seis meses para el cuarto. Debe tomarse en cuenta que los cuatro periodos representados en la gráfica tienen muy distinta extensión temporal y que la pérdida de suelo referida es la correspondiente a todo el periodo.

Los cultivos que presentaron mayor erosión acumulada fueron principalmente trigo y soja. El trigo fue el cultivo al que se le estimó mayor erosión debido principalmente a que ubica su inicial crecimiento y parte de su maduración en el periodo de recarga hídrica de los campos en el que la oferta excede la demanda atmosférica y los suelos tienden a alcanzar su capacidad de campo, dando lugar al escurrimiento superficial del exceso hídrico. La soja, principalmente la de primera, resulta ser el segundo cultivo en importancia en lo que a estimación de erosión se refiere. La siembra de la soja de primera en octubre o noviembre a efectos de asegurar el periodo crítico de determinación de rendimiento en las mejores condiciones ambientales, encuentra al suelo con mayor probabilidad de estar recargado por un barbecho largo y con una menor demanda atmosférica y por lo tanto implica mayor probabilidad de ocurrencia de fenómenos de escurrimiento superficial. La soja de segunda es el tercer cultivo al cual se le estimó mayor erosión acumulada. En este caso la erosión se debe a la alta tasa de desarrollo que tiene el cultivo que no es compensada por una alta tasa de crecimiento, y al acortamiento del ciclo por fotoperiodo y temperatura, que resulta en plantas de menor IAF que no alcanzan a cubrir el surco, afectando el factor C.

El periodo de cultivo 4 (rastrojo; desde la cosecha hasta la próxima arada con volteo o siembra directa o con laboreo reducido), que coincide con el de barbecho, no representó problemas debido a la implementación de pasturas perennes que acortan el ciclo agrícola, también de coberturas o del doble cultivo con barbecho cero.

La pérdida de suelo estimable del periodo 4 para el componente cobertura no fue muy significativa debido a que éstas fueron quemadas un mes antes de la siembra del próximo cultivo, dándole al barbecho un tiempo ajustado para descomponerse e incidiendo de esta forma sobre el porcentaje de residuos en la siembra. En los brunosoles de las unidades Itapebí - Tres Árboles y Cañada Nieto este problema ni siquiera existió. De igual manera no hubo erosión en este periodo en el componente cobertura.

Como contrapartida, el acortamiento del barbecho, aunque fue beneficioso para combatir la erosión, probablemente afectó las condiciones de siembra (sementera) del próximo cultivo, especialmente la disponibilidad de nitrógeno debido a una probable inmovilización de nitrógeno por el rastrojo y a las condiciones físicas del suelo. Un mes

no es tiempo suficiente para descomponer las raíces del suelo y descompactarlo, independientemente de la baja relación c/n.

El cultivo de sorgo no presentó problemas significativos de pérdida de suelo en el largo periodo de barbecho. Debido a que su ciclo es largo llegando a la madurez total en otoño y a que tiende a rebrotar y perennizar, generalmente, no se puede realizar después ningún cultivo de invierno. Además, su relación c/n es muy alta y su rastrojo de difícil degradación inmoviliza por mucho tiempo el nitrógeno, inviabilizando la siembra de un cultivo de invierno y dejando el suelo en barbecho hasta el cultivo de verano. Atendiendo a su buena y alta relación c/n y a la buena calidad de su rastrojo en términos de lenta degradación podríamos decir que es el cultivo ideal para pasar el invierno en forma de rastrojo.

Solamente la unidad Cañada Nieto manifestó problemas significativos de pérdida de suelo en el largo período de barbecho a causa de las pendientes asociadas a la zona, que incidieron en el factor LS y tendieron a maximizar la erosión en dicho periodo.

No se registran datos de pérdida de suelo en las praderas en todos los períodos, salvo la pradera de segundo año que tiene alguna pérdida estimada en el período 3. Que no se registren pérdidas durante la implantación se explica porque ésta se llevó a cabo consociada con trigo. Cuando se realiza la cosecha del trigo, en teoría, la pradera ya estaría bien implantada con un tapiz denso y tupido. La pérdida de suelo del segundo año podría explicarse por problemas en el verano del primer año si las condiciones no hubiesen sido adecuadas y se hubiesen originado espacios que no hubiesen sido colonizados por otras especies.

En lo que a erosión refiere, de las nueve unidades seleccionadas, seis se ajustan al marco legal vigente. Las restantes tres no son aptas para este tipo de rotación ya sea por su poca tolerancia (caso de la unidad San Manuel), su alta erodabilidad (factor K) o por las pendientes promedio asociadas a sus pasajes (L y S) (caso unidad Cañada Nieto). En ellas la erosión anual estimada fue mayor a la tolerancia.

Cuadro No. 11. Rotación 2. Erosión estimada en diferentes unidades de suelo seleccionadas.

Unidades de suelo seleccionadas	Tolerancia (Mg/ha/año)	Longitud de pendiente (mts.)	Gradiente promedio (%)	Factor R (J.há-1)	Factor K (Mg.J)	Factor P	Factor L	Factor S	Factor LS	Factor C	A (Mg/ha)
Cuchilla de Corralito: vertisol rúptico lúvico (pri. y ver.)	7	100	3,5	554	0,1	1	1,665	0,408	0,679	0,054	2
Ecilda Paullier - Las Brujas: brunosol eútrico/subeútrico típico	7	100	2	532	0,23	1	1,445	0,246	0,355	0,055	2,4
Itapebí - Tres Árboles: brunosol eútrico típico	7	100	2	662	0,21	1	1,445	0,246	0,355	0,056	2,8
Fray Bentos: brunosol eútrico típico	7	100	3,5	554	0,26	1	1,665	0,408	0,679	0,054	5,3
Young: brunosol eútrico típico	7	100	4	659	0,19	1	1,725	0,462	0,797	0,056	5,6
Bequeló: brunosol eútrico háplico/típico	7	100	6	554	0,18	1	1,921	0,677	1,301	0,054	7,0
San Manuel: brunosol eútrico típico	5	100	5,5	659	0,18	1	1,878	0,623	1,17	0,056	7,8
Chapicuy: brunosol subeútrico típico	7	100	4,5	662	0,24	1	1,78	0,516	0,918	0,056	8,2
Cañada Nieto: brunosol subeútrico típico	7	100	7	554	0,34	1	2	0,784	1,568	0,054	15,9

Ilustración No. 5. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad de suelo Itapebí-Tres Árboles.

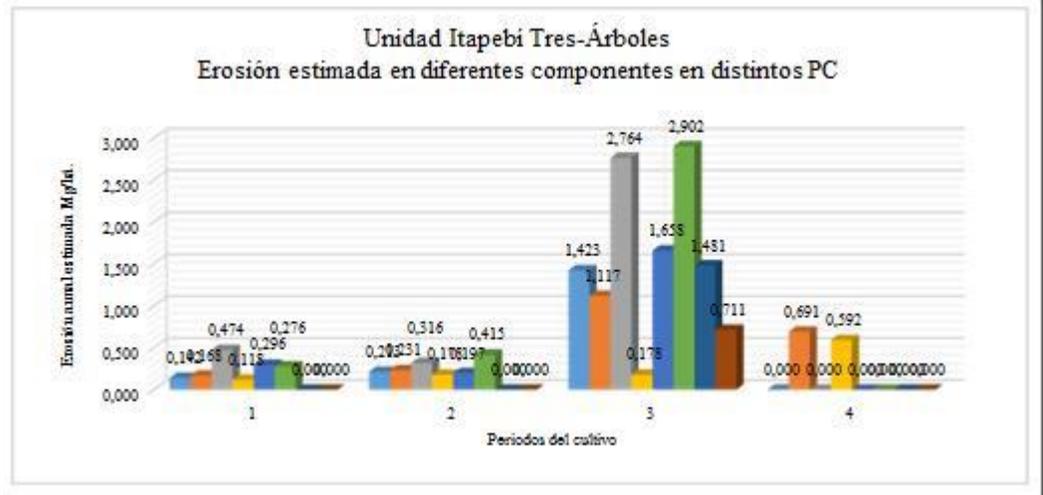


Ilustración No. 6. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Ecilda Paullier.

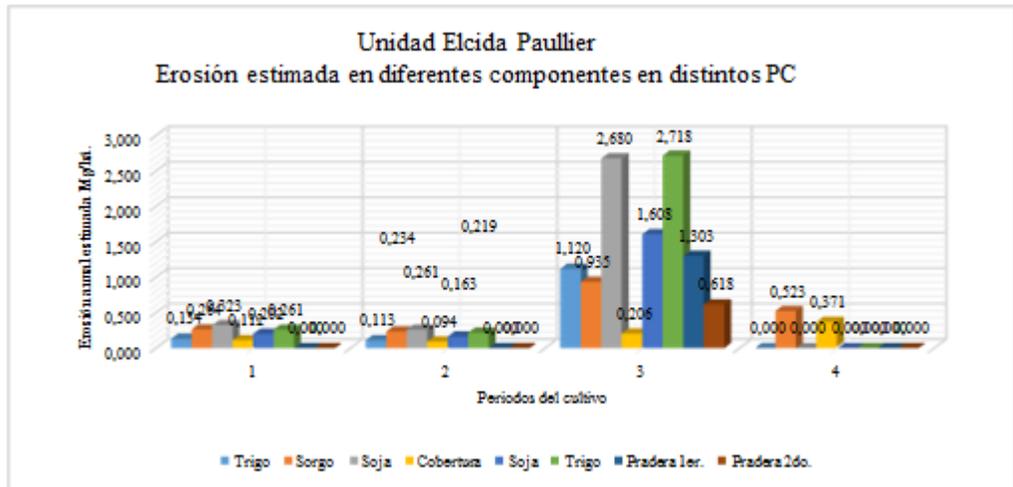


Ilustración No. 7. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Fray Bentos.

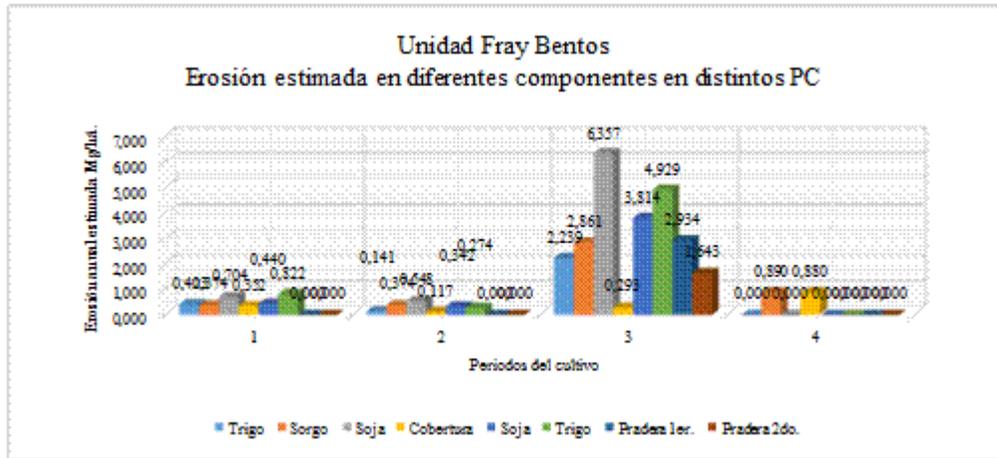


Ilustración No. 8. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Bequeló.

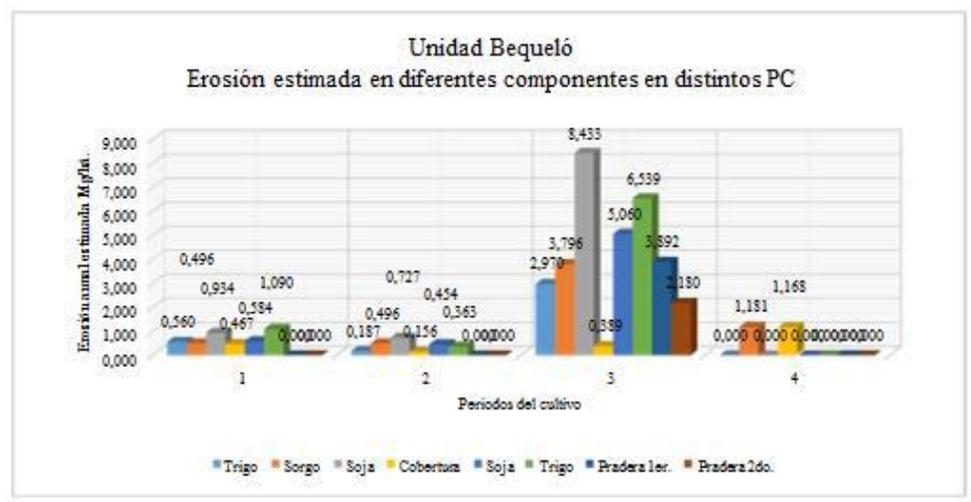


Ilustración No. 9. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Cañada Nieto.

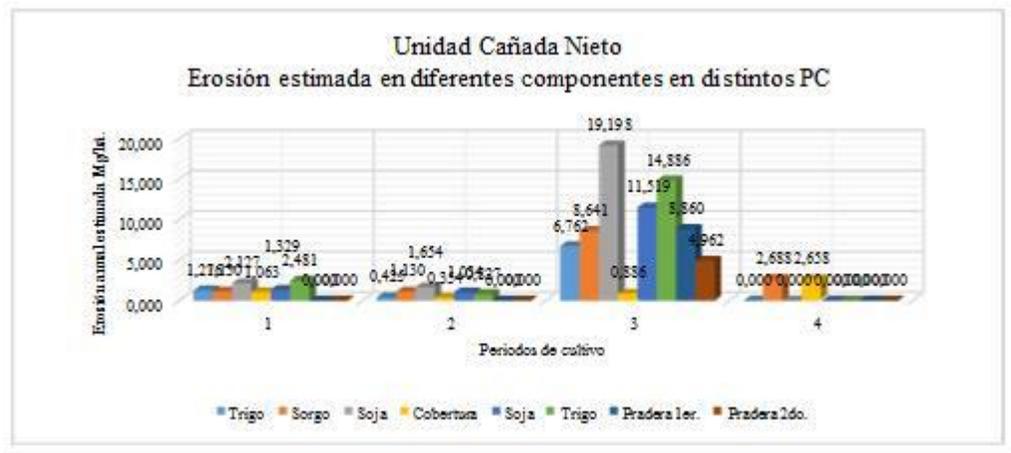


Ilustración No. 10. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Chapicuy.

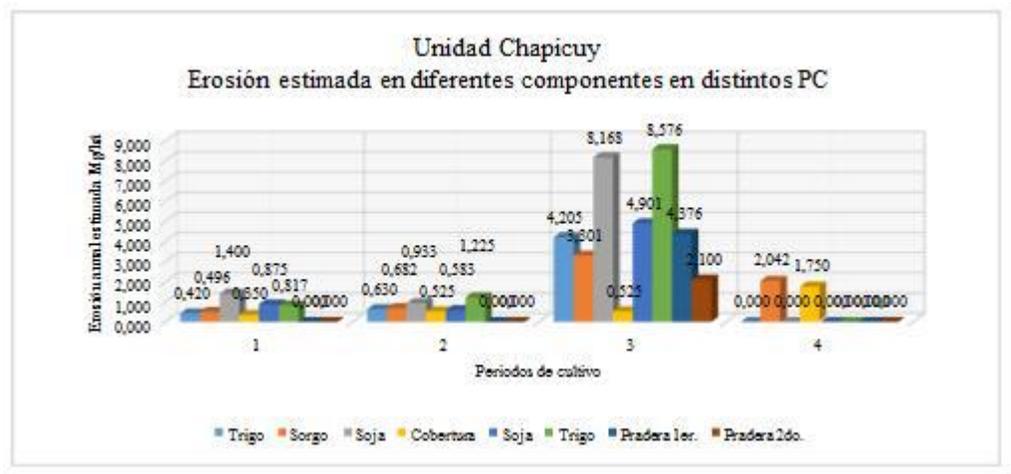


Ilustración 11. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad San Manuel.

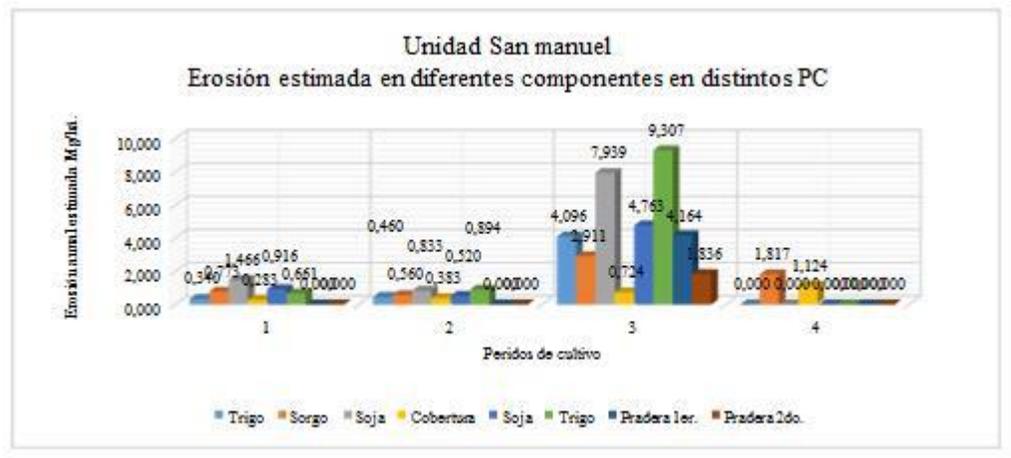


Ilustración 12. Pérdida de suelo estimada en unidad Cuchilla de Corralito.

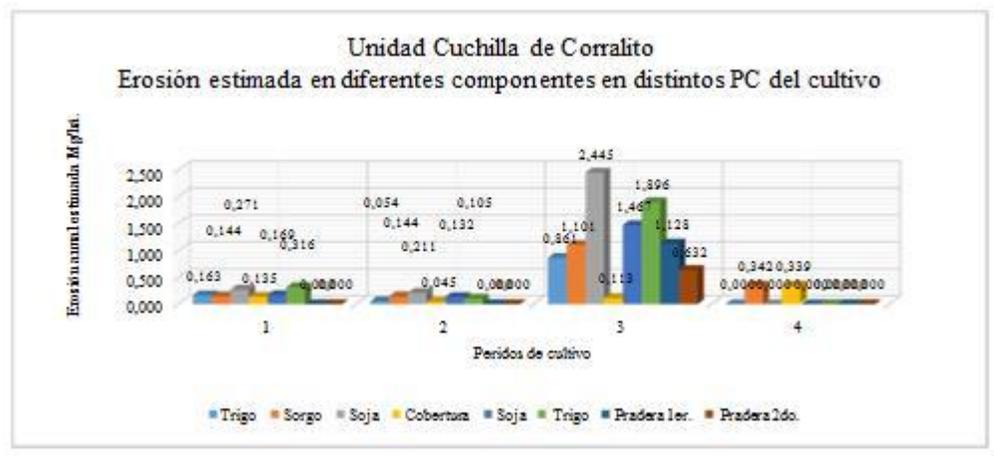
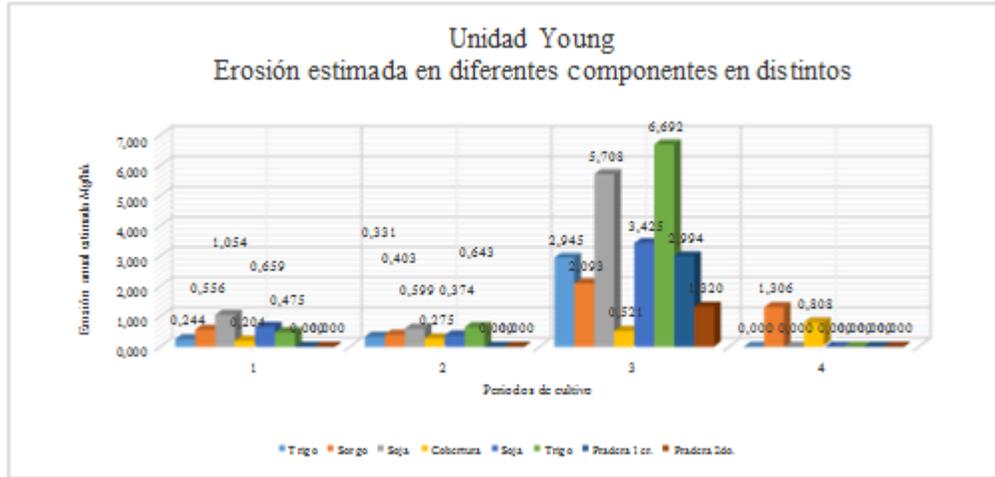


Ilustración No. 13. Rotación 2. Pérdida de suelo estimada en unidad Young.



4.1.3 Rotación 3

Cuadro No. 12. Rotación 3.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Cultivo	Cobertura	Soja de 1era.	Canola	Soja de 2da.	Trigo	Maíz	Cobertura	Soja de 1era.	Trigo	Soja de 2da.

La rotación 3 se caracteriza por ser netamente agrícola, de alta intensidad (1.3), con una relación $c4/c3$ de 0,14. No tiene periodos de pasturas perennes ni barbechos descubiertos. Solamente los brunosoles de Itapebí, Ecilda Paullier y los vertisoles de Cuchilla de Corralito quedaron dentro del límite de la tolerancia admitida. Esta rotación posee un componente no tradicional en el sistema agrícola nacional: la colza-canola. Este cultivo es una nueva opción dentro del repertorio de invierno. Presenta, en general, una erosión estimada para el período de cultivo 3 similar o igual a la del trigo. Es un cultivo con dificultad innata de implantación y bajo crecimiento inicial. Sin embargo, el programa no acusó grandes problemas en términos de erosión en los periodos 1 y 2. Ésto se debe a que el programa no permite diferenciar los cultivos de invierno cerealeros de la canola y por lo tanto asume como si fuera el mismo componente.

No existen diferencias de valores de pérdida de suelos entre los diversos cultivos, con excepción de la soja de segunda que se separa del grupo presentando mayores valores. Ello se debe probablemente a lo explicado para la rotación 2: alto

desarrollo no compensado por elevado crecimiento y plantas más chicas con dificultad en alcanzar el IAF crítico. El componente cobertura presenta una mayor pérdida estimada en el periodo 1. Se ha comprobado, a modo de prueba, que variando la fecha de siembra también varían los valores de pérdida: a fechas de siembra más tempranas mayores son los valores de erosión.

En el periodo 3 nuevamente el trigo lidera en este periodo con más erosión anual estimada, debido a lo ya mencionado del periodo de recarga hídrica. La soja, con excepción del caso de unidad Itapebí-Tres Árboles, posee en este periodo una erosión acumulada similar.

El trigo, la canola, la soja de primera y la soja de segunda están en ese orden de secuencia en la lista de cultivos que presentan más erosión estimada en el periodo 3. No muy lejos aparece el maíz: quinto en la lista en importancia de erosión relativa. Posiblemente el motivo por el que causa menor erosión que los otros cultivos sea su alta producción de biomasa. El maíz es una gramínea c4 y no presenta foto respiración detectable. Es de alta eficiencia metabólica y a diferencia de los cultivos c3, el maíz produce biomasa más rápida y eficientemente, alcanzando mayor IAF y cubriendo mejor el suelo (factor C).

La erosión en el periodo 4 de barbecho de la cobertura (suponiendo que se trate de una pastura con una baja relación c/n y por tanto rápida degradación) se explica por su extensión temporal (dos meses); por el contenido de residuos (factor C) y por los factores topográficos asociados a la localidad y unidad de suelo. La alta erosión estimada en el barbecho de soja se explicaría por un bajo nivel de residuos en suelo (60% de rastrojo) y por extenderse durante un mes en el período de recarga hídrica. Al suceder a la soja, en la rotación analizada, la canola, se requiere para su implantación ideal un bajo nivel de rastrojo en superficie que no interfiera. La variabilidad de la pérdida estimada se debe a los factores topográficos y erosividad de la lluvia de cada localidad y unidad de suelos. De las nueve unidades de suelos seleccionadas solamente tres se adaptan al marco legal, quedando comprendidas las pérdidas anuales de suelo dentro de la tolerancia.

Cuadro No. 13. Rotación 3. Erosión estimada en diferentes unidades de suelo seleccionadas.

Unidades de suelo seleccionadas	Tolerancia (Mg/há/año)	Longitud de pendiente (mts.)	Gradiente promedio (%)	Factor R (J.há. ⁻¹)	Factor K (Mg.J)	Factor P	Factor L	Factor S	Factor LS	Factor C	A (Mg/há)
Itapebí – Tres Árboles: vertisol háplico (pri. y ver.)	7	100	2,5	662	0,1	1	1,526	0,3	0,458	0,091	2.8
Cuchilla de Corralito: vertisol rúptico lúvico (pri. y ver.)	7	100	3,5	554	0,1	1	1,665	0,408	0,679	0,085	3.2
Ecilda Paullier - Las Brujas: brunosol eútrico/subeútrico típico	7	100	2	532	0,23	1	1,445	0,246	0,355	0,085	3.7
Fray Bentos: brunosol eútrico típico	7	100	3,5	554	0,26	1	1,665	0,408	0,679	0,084	8.2
Young: brunosol eútrico típico	7	100	4	659	0,19	1	1,725	0,462	0,797	0,085	8.5
Bequeló: brunosol eútrico háplico/típico	7	100	6	554	0,18	1	1,921	0,677	1,301	0,084	10.9
San Manuel: brunosol eútrico típico	5	100	5,5	659	0,18	1	1,878	0,623	1,17	0,085	11.8
Chapicuy: brunosol subeútrico típico	7	100	4,5	662	0,24	1	1,78	0,516	0,918	0,084	12.3
Cañada Nieto: brunosol subeútrico típico	7	100	7	554	0,34	1	2	0,784	1,568	0,084	24.8

Ilustración No. 14. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Itapebí-Tres Árboles.

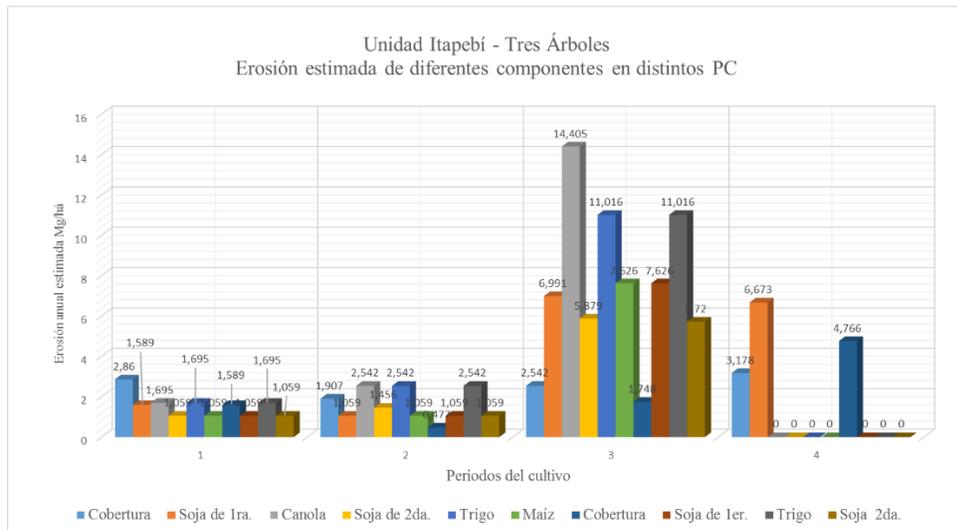


Ilustración No. 15. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Cuchilla del Corralito.

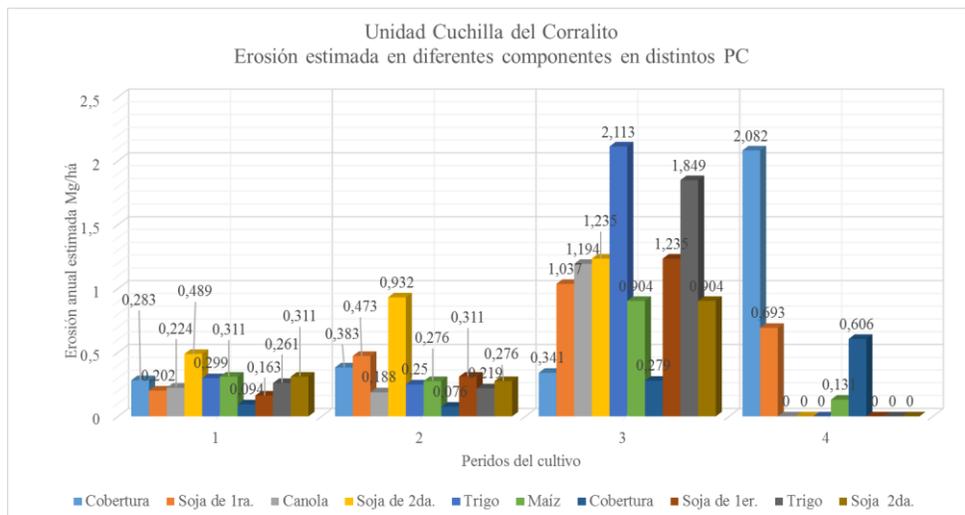


Ilustración No.16. Rotación 3. Pérdida de suelo estima en unidad Ecilda Paullier.

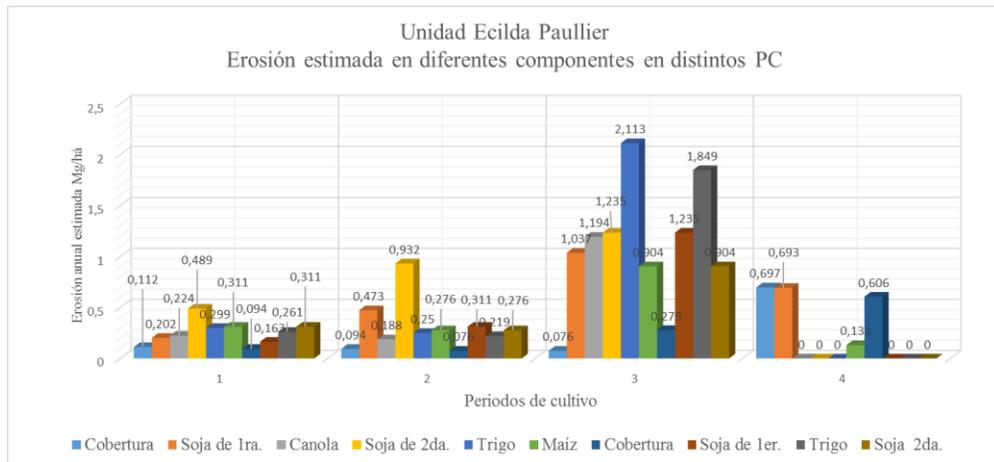


Ilustración No. 17. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Fray Bentos.

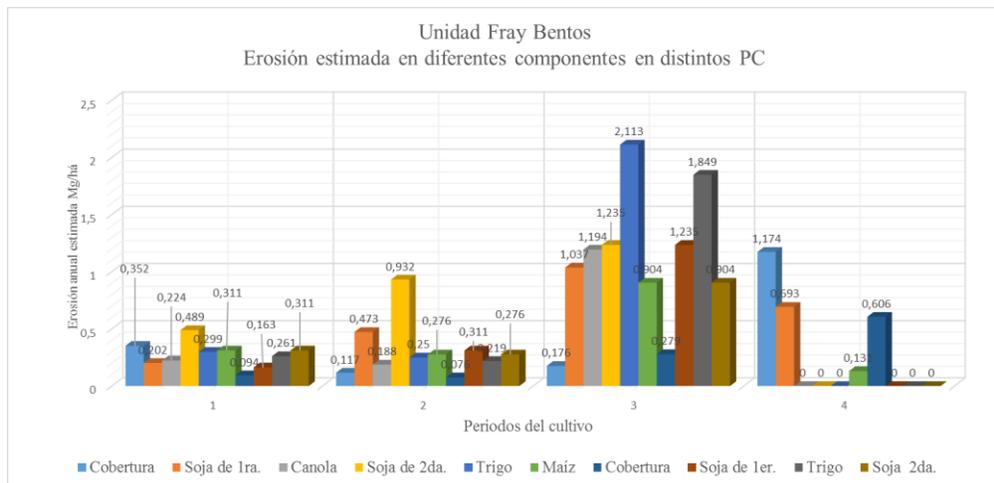


Ilustración No. 18. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Young.

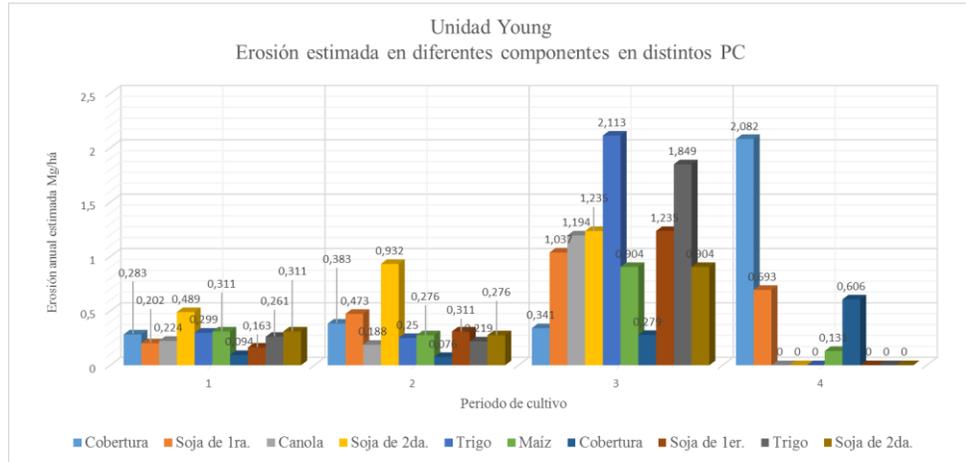


Ilustración No. 19. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Bequeló.

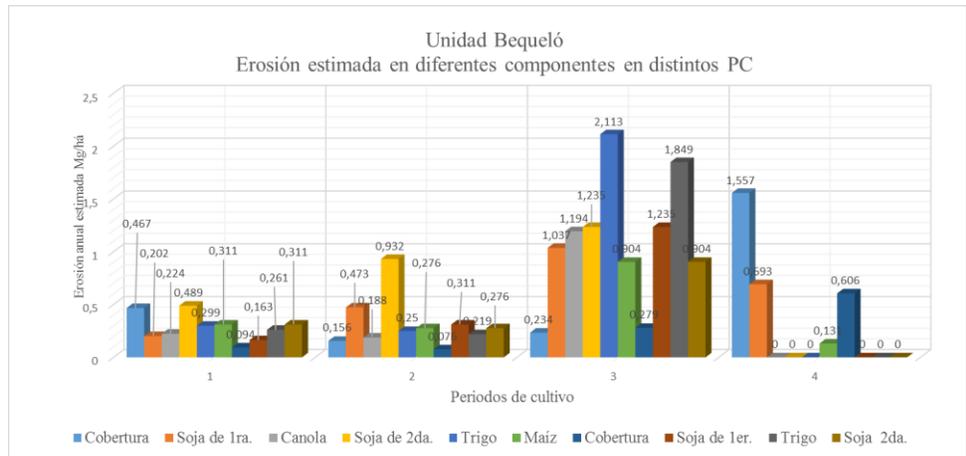


Ilustración No. 20. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad San Manuel.

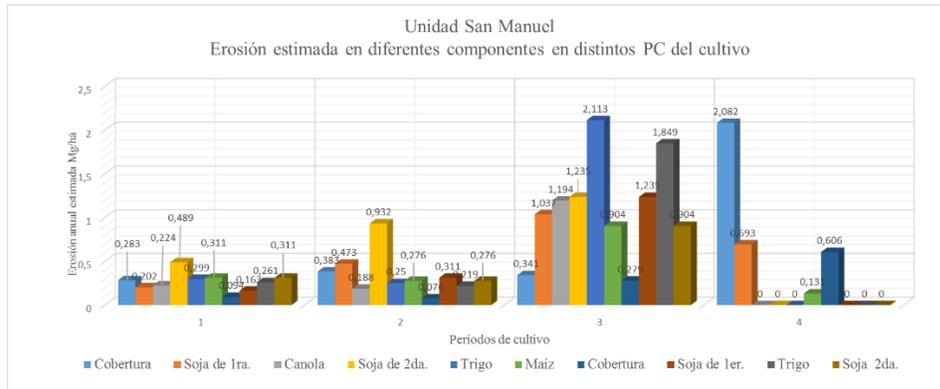
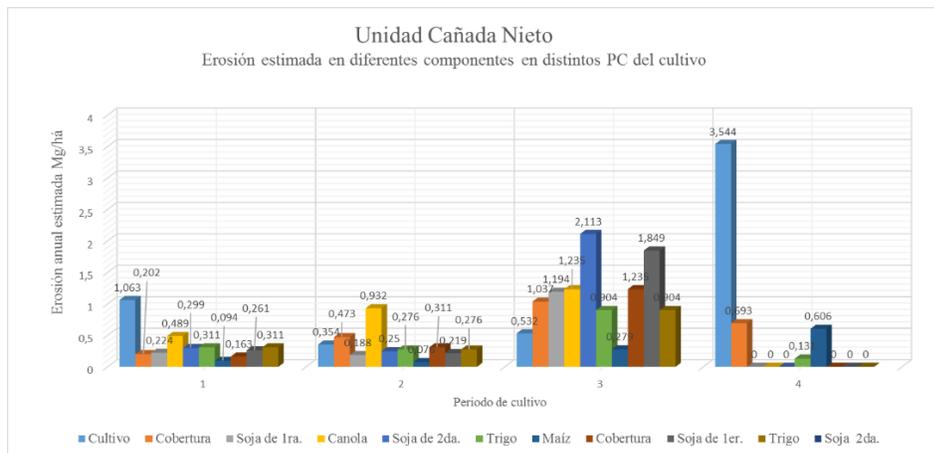


Ilustración No. 21. Rotación 3. Pérdida de suelo estimada en unidad Cañada Nieto.



4.1.4 Rotación 4

Cuadro No. 14. Rotación 4.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4
Cultivo	Cobertura	Soja 1era.	Cobertura	Soja 1era.	Pradera Pp1.	Pradera pp1.	Pradera pp2.	Pradera pp2.

Esta rotación posee un componente de 50% de pasturas perennes. En la fase agrícola la soja es el único cultivo. La cobertura está dispuesta para evitar los barbechos descubiertos y la erosión que éstos generan. La fase de pasturas diluye la erosión generada en la fase agrícola. Aun así, como lo indica el cuadro No 15, no en todas las unidades se mantiene dentro de la tolerancia.

En los periodos 1 y 2, el único componente en todas las unidades que se estimó con una erosión significativa fue la primera cobertura otoño-invernal, por las mismas razones explicadas con anterioridad en la rotación 3. A medida que se atrasa la fecha de siembra la erosión disminuye. La segunda cobertura sembrada en fechas tardías de mayo no presentó pérdidas significativas por erosión en los periodos 1,2 y 3.

En el periodo 3 la estimación de pérdida fue poca en todas las unidades y prácticamente uniforme en la mayoría de los componentes. La erosión no representó un problema en este periodo. El periodo 4 fue en términos de erosión el de mayor importancia, debido fundamentalmente a las pérdidas sufridas por las coberturas otoñales. La primera cobertura cabecera de rotación fue la de mayor importancia en cuanto a valores de pérdida de suelo, seguida luego por la cobertura del periodo otoñal del segundo año. La única unidad que no presentó problemas en este período, para este componente, fue la de Itapebí-Tres Árboles.

De las 9 unidades de suelo seleccionadas solamente seis se ajustan al marco legal, quedando comprendidas las pérdidas de suelo dentro de la tolerancia.

Cuadro No. 15 . Rotación 4. Erosión estimada en diferentes unidades de suelo seleccionadas.

Unidades de suelo seleccionadas	Tolerancia (Mg/ha/año)	Longitud de pendiente (mts.)	Gradiente promedio (%)	Factor R (J.há ⁻¹)	Factor K (Mg.J)	Factor P	Factor L	Factor S	Factor LS	Factor C	A (Mg/ha)
Itapebí - Tres Árboles: vertisol háplico (pri. y ver.)	7	100	2,5	662	0,1	1	1,526	0,3	0,458	0,055	1.7
Cuchilla de Corralito: vertisol rúptico lúvico (pri. y ver.)	7	100	3,5	554	0,1	1	1,665	0,408	0,679	0,052	2.0
Ecilda Paullier - Las Brujas: brunosol eútrico/subeútrico	7	100	2	532	0,23	1	1,445	0,246	0,355	0,051	2.3
Young: brunosol eútrico típico	7	100	4	659	0,19	1	1,725	0,462	0,797	0,052	5.2
Fray Bentos: brunosol eútrico típico	7	100	3,5	659	0,26	1	1,665	0,408	0,679	0,054	6.3
Bequeló: brunosol eútrico háplico/típico	7	100	6	554	0,18	1	1,921	0,677	1,301	0,052	6.7
San Manuel: brunosol eútrico típico	5	100	5,5	659	0,18	1	1,878	0,623	1,17	0,052	7.2
Chapicuy: brunosol subeútrico típico	7	100	4,5	662	0,24	1	1,78	0,516	0,918	0,052	7.6
Cañada Nieto: brunosol subeútrico típico	7	100	7	554	0,34	1	2	0,784	1,568	0,052	15.4

Ilustración No. 22. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Itapebí-Tres Árboles.

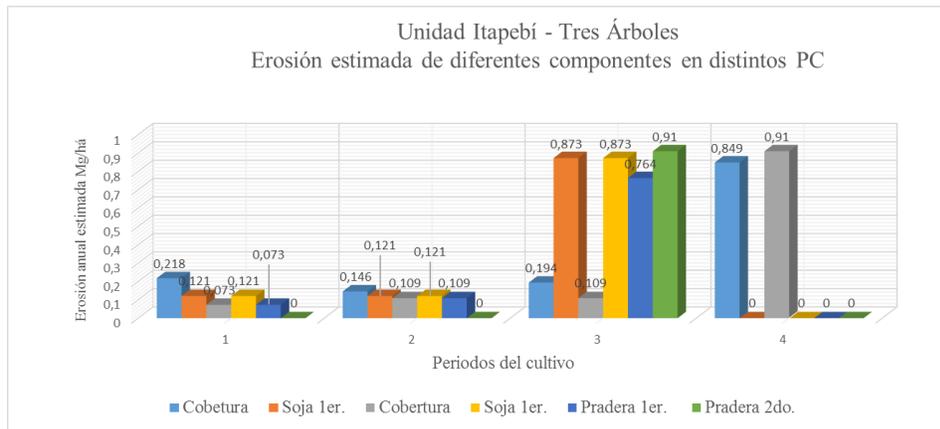


Ilustración No. 23. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Cuchilla del Corralito.

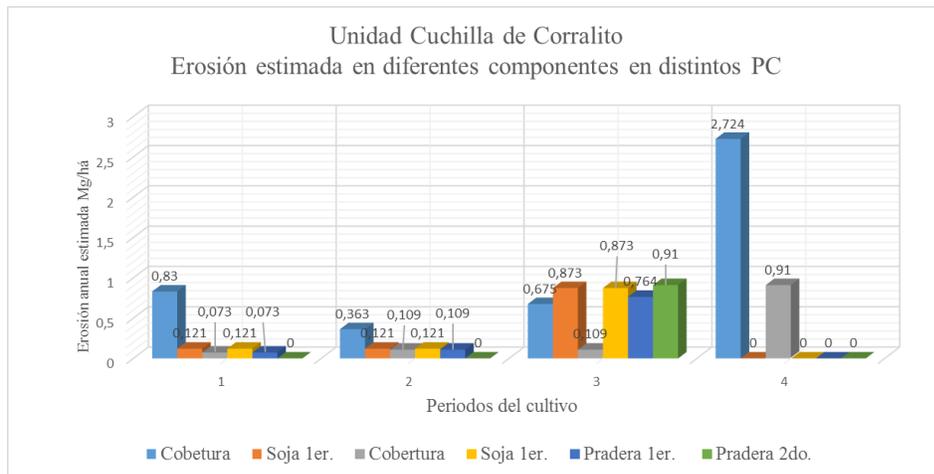


Ilustración No. 24. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Ecilda Paullier.

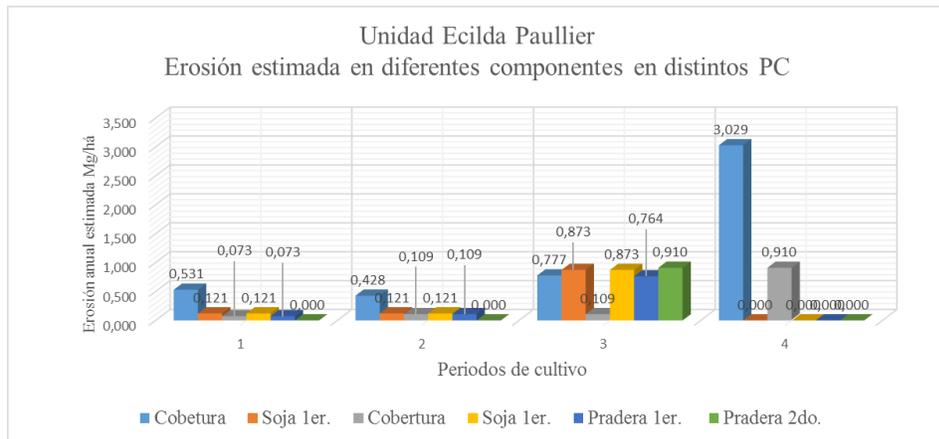


Ilustración No. 25. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Young.

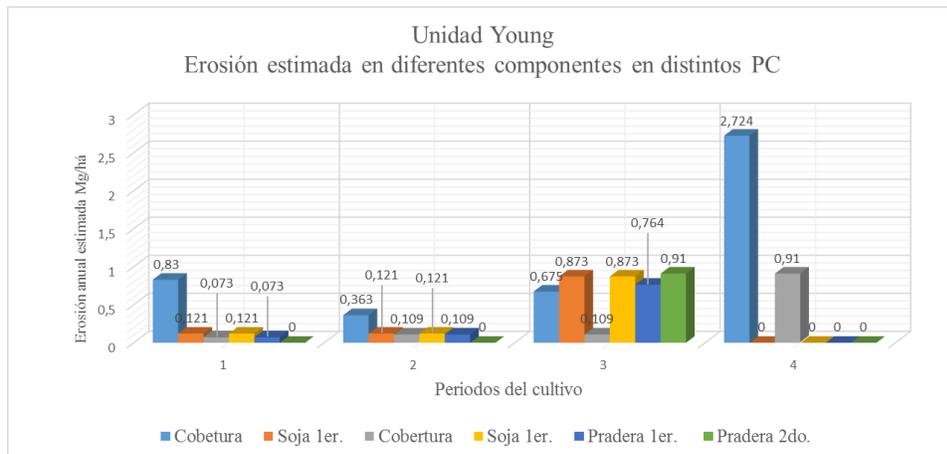


Ilustración No. 26. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Fray Bentos.

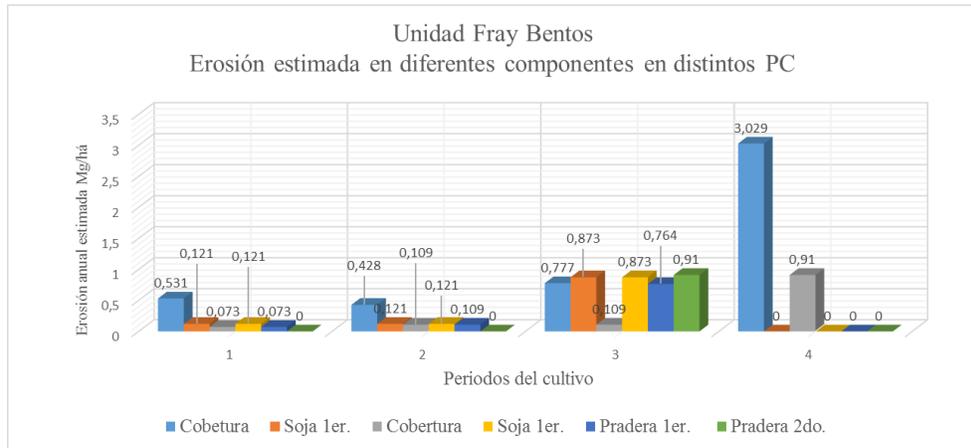


Ilustración No. 27. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Bequeló.

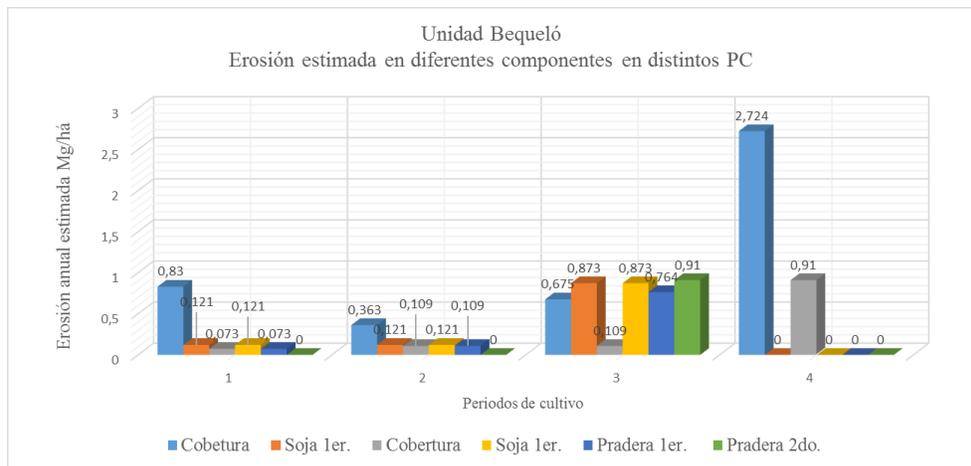


Ilustración No. 28. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad San Manuel.

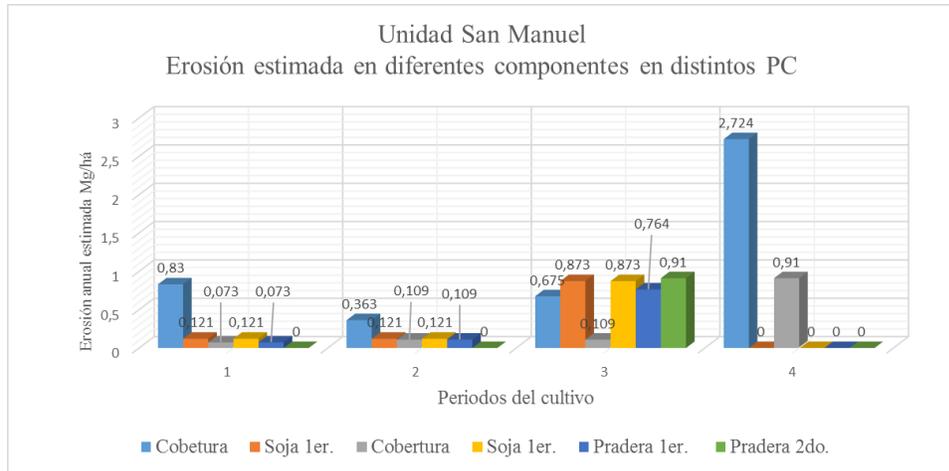


Ilustración No. 29. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Chapicuy.

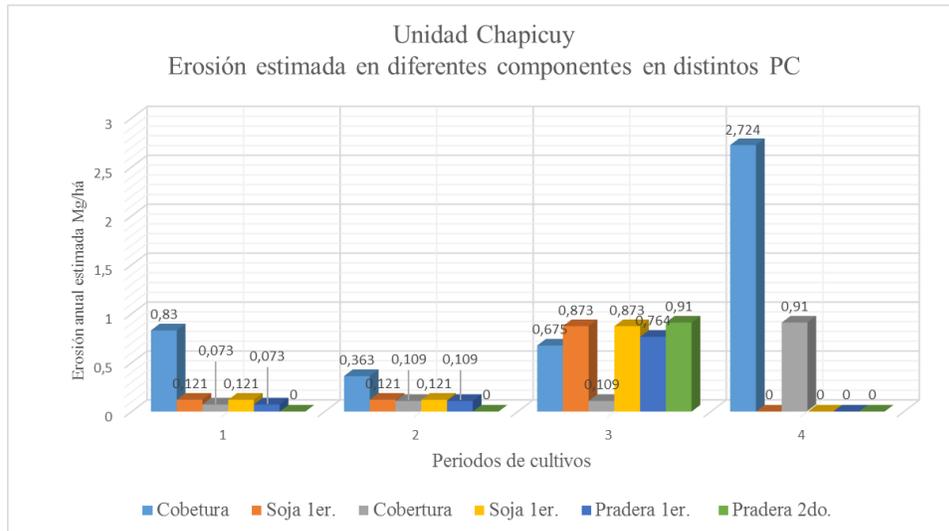
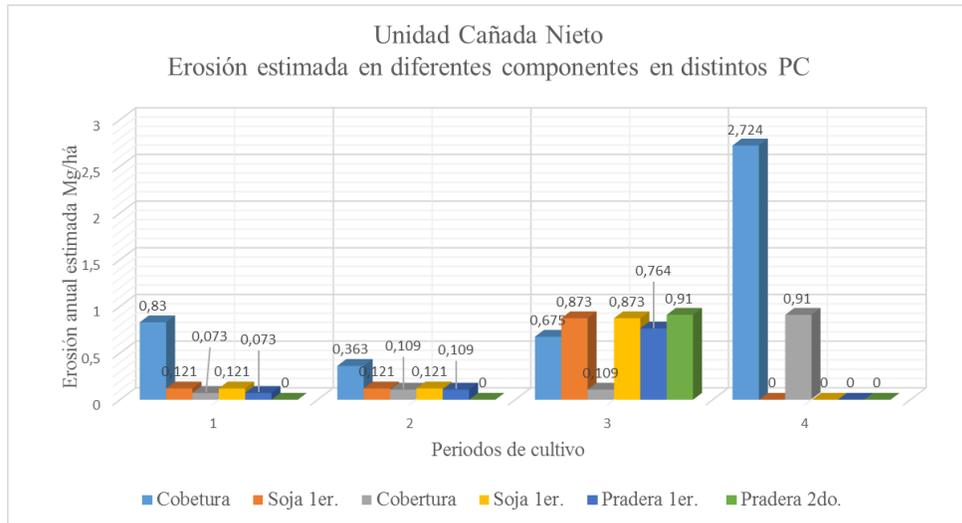


Ilustración No. 30. Rotación 4. Pérdida de suelo estimada en unidad Cañada Nieto.



4.2 RESULTADOS ECONÓMICOS

En el presente apartado analizaremos los márgenes económicos en términos de rendimiento bruto en el periodo de tiempo del cultivo y anual; y la media de la rotación estabilizada. También se realizará un análisis de sensibilidad para determinar cómo afectan a los márgenes brutos el cambio de las variables elegidas.

4.2.1 Rotación 1

Cuadro No. 16. Rotación 1

Estación de crecimiento	Invierno	Verano
Año	1	1
Cultivo	Barbecho	Soja 1er.

Esta rotación no cuenta con un cultivo invernal, el campo permanece en barbecho con el rastrojo del verano anterior. La secuencia se repite en el tiempo y conlleva a grandes problemas de erosión y enmalezamiento que a la larga repercuten tanto en los costos del sistema como en la sustentabilidad del mismo. Los márgenes dependen exclusivamente del precio y el rendimiento de la soja.

En los cuadros 17 y 18 podemos observar los márgenes brutos, costos totales en la rotación calculados según los diferentes coeficientes técnicos de la URF y CUSA.

Cuadro No. 17. Rotación 1, costos totales, márgenes brutos. Costos URF.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano
Año	1	1
Cultivo	Barbecho	Soja 1er.
Costo/cultivo (U\$\$/ha)		314,1
Rendimiento (tt.)		2,5
Ingreso total (U\$\$/ha)		950
Margen bruto período (U\$\$/ha)		635,9
Margen bruto anual (U\$\$/ha)	636	
Margen bruto anual – R (U\$\$/ha)	332	

Cuadro No. 18. Rotación 1, costos totales, márgenes brutos. Costos CUSA.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano
Año	1	1
Cultivo	Barbecho	Soja 1er.
Costo/cultivo (U\$\$/ha)		389
Rendimiento (tt.)		2,5
Ingreso total (U\$\$/ha.)		950
Margen bruto periodo (U\$\$/ha)		561
Margen bruto anual (U\$\$/ha)	561	
Margen bruto anual – R (U\$\$/ha.)	257	

4.2.2 Rotación 2

Cuadro No. 19. Rotación 2.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3
Cultivo	Trigo	Sorgo	Barbecho	Soja 1er.	Cobertura	Soja 1er.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	4	4	5	5	6	6
Cultivo	Trigo/pp. consociada	Pradera 1er. año	Pradera 2o. año	Pradera 2o. año	Pradera 3er. año	Pradera 3er. año

El primer año de la rotación presenta como componente invernal el trigo y estival el sorgo. Se observa que éste es uno de los períodos que presenta mayor debilidad de la secuencia. A consecuencia de esto, el manejo de los costos se vuelve altamente sensible, y se pueden producir márgenes negativos, o positivos escasamente atractivos. Los márgenes brutos para dicho periodo fueron: Margen bruto (URF): U\$S 373; con renta U\$S 69. Margen bruto (CUSA): U\$S 229; con renta U\$S -75.

El segundo año es el que presenta los mejores márgenes de toda la secuencia. Al existir un barbecho de sorgo que cubre el suelo se minimizan los problemas de erosión, no se agregan costos de cultivo de coberturas, y se posibilita la elección de una fecha óptima de siembra. Margen bruto (URF): U\$S 639; con renta U\$S 332. Margen bruto (CUSA): U\$S 561; con renta U\$S 257.

El tercer año se repite el componente estival soja de primera. Por la ausencia de cultivos de ciclo invernal y de cantidad y calidad de rastrojos, se realiza una cobertura no pastoreable que implica agregar un costo extra al sistema, perjudicando el margen de rendimiento económico. Representa una opción interesante si se manejan con eficiencia los costos. Margen bruto (URF): U\$S 543; con renta U\$S 239. Margen bruto (CUSA): U\$S 447; con renta U\$S 143.

El cuarto año presenta doble debilidad en la secuencia: por un lado el trigo que es un cultivo riesgoso y suele estar acompañado de márgenes negativos; y por otra parte el hecho de estar consociado con una pastura permanente que presenta un alto costo de instalación, que recién podrá ser pastoreada en su segundo año de vida y cuyo rendimiento sólo será el 80% del de la misma pradera sembrada convencionalmente. La corrección del rendimiento tal como se observa en el cuadro que sigue influye en la

disminución de los márgenes. Margen bruto (URF): U\$S -129; con renta U\$S -227. Margen bruto (CUSA): U\$S -262; con renta U\$S -410.

El quinto y sexto año presentan la pradera del 2º. y del 3er. año corregida. Los márgenes de rendimiento bruto son positivos. Los costos de refertilización y de laboreo son bajos, se acorta la diferencia entre los márgenes calculados a partir de los costos de la URF y los calculados a partir de los costos de CUSA. En todo caso debe tenerse en cuenta que no se incluyeron en estos dos años costos de amortización. Margen bruto (URF): U\$S 458; con renta U\$S 310. Margen bruto (CUSA): U\$S 452; con renta U\$S 304.

Los márgenes brutos por hectárea, con y sin renta incluida en costos, de la rotación estabilizada utilizando los coeficientes técnicos de URF fueron los siguientes: costo sin renta U\$S 319 y con renta U\$S 545. Márgenes brutos sin renta U\$S 403; con renta U\$S 177. Utilizando los coeficientes de CUSA los costos y márgenes por hectárea son los siguientes: costos sin renta U\$S 395; con renta U\$S 621; y los márgenes brutos fueron sin renta U\$S 300; y con renta U\$S 74.

A modo de conclusión, la diferencia de márgenes brutos encontrada se explicaría por la diferencia en el manejo de los costos y podría ser la clave para la sustentabilidad económica financiera de las empresas. A su vez resulta claro que el correcto diseño de la rotación y elección de sus componentes es fundamental para obtener márgenes aceptables.

En los cuadros 20 al 22 se puede observar la rotación completa, sus márgenes brutos por hectárea en el período y determinar el efecto leverage negativo que realizan en el primer año el trigo y el sorgo; y el extremo flujo de caja negativo que representa un trigo consorciado en el cuarto año.

Cuadro No. 20. Rotación 2. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos URF.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
Cultivo	Trigo	Sorgo	Barbecho	Soja 1er.	Cobertura	Soja 1er.	Trigo/Pcons.	Pp1.	Pp2.	Pp2.	Pp3.	Pp3.
Costo/cultivo U\$\$/ha	US\$ 381	US\$ 368		US\$ 389	US\$ 114	US\$ 389	US\$ 640		US\$ 46		US\$ 46	
Rendimiento Kgs./ha	2.700	4.000		2.500		2.500	2.700					
Producción carne kgs./ha									90	225	83	210
Ingreso total U\$\$/ha	US\$ 378	US\$ 600		US\$ 950		US\$ 950	US\$ 378		US\$ 152	US\$ 382	US\$ 142	US\$ 356
Margen bruto periodo U\$\$/ha	-US\$ 3	US\$ 232		US\$ 561	-US\$ 114	US\$ 561	-US\$ 262		US\$ 106	US\$ 382	US\$ 96	US\$ 356
Margen bruto anual U\$\$/ha	US\$ 229		US\$ 561		US\$ 447		-US\$ 262		US\$ 489		US\$ 452	
Margen bruto anual-R U\$\$/ha	-US\$ 75		US\$ 257		US\$ 143		-US\$ 410		US\$ 340		US\$ 304	

Cuadro No. 21. Rotación 2. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha., costos CUSA

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
Cultivo	Trigo	Sorgo	Barbecho	Soja 1er.	Cobertura	Soja 1er.	Trigo/Pcons.	Pp1.	Pp2.	Pp2.	Pp3.	Pp3.
Costo/cultivo U\$\$/ha	US\$ 308	US\$ 297		US\$ 314	US\$ 93	US\$ 314	US\$ 507		US\$ 40		US\$ 40	
Rendimiento Kgs./ha	2.700	4.000		2.500		2.500	2.700					
Producción carne Kgs./ha									90	225	83	210
Ingreso total U\$\$/ha	US\$ 378	US\$ 600		US\$ 950		US\$ 950	US\$ 378		US\$ 152	US\$ 382	US\$ 142	US\$ 356
Margen bruto periodo U\$\$/ha	US\$ 70	US\$ 304		US\$ 636	-US\$ 93	US\$ 636	-US\$ 129		US\$ 112	US\$ 382	US\$ 102	US\$ 356
Margen bruto anual U\$\$/ha	US\$ 373		US\$ 636		US\$ 543		-US\$ 129		US\$ 494		US\$ 458	
Margen bruto anual-R U\$\$/ha	US\$ 69		US\$ 332		US\$ 239		-US\$ 277		US\$ 346		US\$ 310	

Cuadro No. 22. Rotación 2. Renta ficta correspondiente a la tierra.

Renta por la tierra	US\$/ha	Kgs. soja	% Total
1er. año	US\$ 304	800	22%
2o. año	US\$ 304	800	22%
3er. año	US\$ 304	800	22%
4o. año	US\$ 148	390	11%
5o. año	US\$ 148	390	11%
6o. año	US\$ 148	390	11%
Total	US\$ 1.357	3570	100%

En lo que respecta a la fase de pasturas podemos observar que recién a partir del segundo o del tercer año, se amortizan totalmente los costos del consorcio con trigo y, por consiguiente, la persistencia y la alta productividad se tornan fundamentales. En los cuadros 23 y 24 se observa una estimación de lo producido. Para optimizar la utilización de las pasturas se debe manejar correctamente el pastoreo en intensidad y frecuencia, así como prever la logística que implica la correcta entrada y salida de semovientes, atendiendo a la estacionalidad anual y a la pérdida de producción interanual. Esta particular mezcla no soportaría altas cargas en el invierno, apenas, en promedio de ambos inviernos, 0.41 UG por ha. La situación se revierte totalmente en primavera cuando el crecimiento es explosivo. En verano se produce una pérdida de calidad de la pastura. Por eso es fundamental el correcto manejo y presupuestación forrajera.

Cuadro No.23.Rotación 2. Estimación de producción MS/ha, su utilización, producción de carne, ingresos U\$\$/ha y carga UG/ha de una pradera de 2o. año de *dactylis*, alfalfa y trébol blanco.

	Otoño			Invierno			Primavera			Verano				
2o. Año	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	Total	Media
Utilización (%)	70	70	70	70	70	70	60	60	60	60	60	60		65
Ms./ha/mes	541,8	635,8	691,8	220,1	192,6	275,1	1636,8	1733,1	1444,2	1181,6	630,2	869,0	10.052	838
Ms./ha/mes corregido p/c	433	509	553	176	154	220	1.309	1.386	1.155	945	504	695	8.042	
Ms. utilizable/ha	303	356	387	123	108	154	786	832	693	567	302	417	5.030	419
Ms. utilizable/ha/día	10	12	13	4	4	5	26	28	23	19	10	14		14
Kgs. carne /día/ha	0,6	0,7	0,8	0,3	0,2	0,3	1,6	1,7	1,4	1,2	0,6	0,9		1
Kgs. carne /mes/ha	18,96	22,25	24,21	7,70	6,74	9,63	49,10	51,99	43,33	35,45	18,91	26,07	314	26
U\$\$/ha	32,2	37,8	41,2	13,1	11,5	16,4	83,5	88,4	73,7	60,3	32,1	44,3	534	44,5
UG/ha	1,01	1,19	1,29	0,41	0,36	0,51	2,62	2,77	2,31	1,89	1,01	1,39		1,40

Cuadro No. 24. Rotación 2. Estimación de producción MS/ha, su utilización, producción de carne, ingresos U\$\$/ha y carga UG/ha, de una pradera de 3er. año de *dactylis*, alfalfa y trébol blanco.

	Otoño			Invierno			Primavera			Verano				
3er. Año	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	Total	Media
Utilización (%)	70	70	70	70	70	70	60	60	60	60	60	60		65
Ms./ha/mes	404	474	516	164	144	205	1.221	1.293	1.077	881	470	648	7.498	625
Ms. utilizable/ha	283	332	361	115	101	144	733	776	646	529	282	389	4.689	391
Ms. utilizable/ha/día	9	11	12	4	3	5	24	26	22	18	9	13		13
Kg. carne /día/ha	0,59	0,69	0,75	0,24	0,21	0,30	1,53	1,62	1,35	1,10	0,59	0,81		1
Kg. carne /mes/ha	17,68	20,75	22,58	7,18	6,28	8,98	45,78	48,48	40,40	33,05	17,63	24,31	293,1	24
U\$\$/ha	30,1	35,3	38,4	12,2	10,7	15,3	77,8	82,4	68,7	56,2	30,0	41,3	498,3	41,5
UG/ha	0,94	1,11	1,20	0,38	0,34	0,48	2,44	2,59	2,15	1,76	0,94	1,30		1,30

4.2.3 Rotación 3

Cuadro No. 25. Rotación 3.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3
Cultivo	Cobertura	Soja de 1ra.	Canola	Soja de 2da.	Trigo	Maíz

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	4	4	5	5
Cultivo	Cobertura	Soja de 1er.	Trigo	Soja de 2da.

En el primer año, como cabeza de rotación, se descarta el cultivo de invierno y se lo reemplaza, para evitar la erosión hídrica, por una cobertura. En verano se realiza cultivo de soja de primera que es el único que significa un ingreso efectivo dentro del período. Margen bruto (URF): U\$S 543; con renta U\$S 239. Margen bruto (CUSA): U\$S 447; con renta U\$S 143.

El segundo año se presenta una combinación no convencional destacando como componente invernal a la canola. El ingreso generado por la canola presenta alta variabilidad debido a la poca estabilidad productiva. Los precios subsidiados también introducen un factor de riesgo importante. Sin embargo, cuando los rendimientos son favorables, sumados al ingreso por la soja, los márgenes se vuelven muy interesantes. Margen bruto (URF): U\$S 892; con renta U\$S 588. Margen bruto (CUSA): U\$S 765; con renta U\$S 461.

En el tercer año la secuencia es trigo/maíz. El maíz es un cultivo de alta productividad y con un precio internacional menos volátil que el de la soja. Presenta una limitante de producción que conlleva cierto riesgo y que es la alta dependencia que tiene el cultivo de las lluvias en el periodo crítico de la floración. Asimismo, presenta altos costos de cultivo con marcada incidencia de los costos de labores. Se aprecia una sensible diferencia entre los márgenes de rendimiento según los datos sobre costos provengan de URF o de CUSA. Margen bruto (URF): U\$S 658; con renta U\$S 354. Margen bruto (CUSA): U\$S 497; con renta U\$S 193.

El cuarto año es igual al primero en su secuencia y márgenes. En el quinto año se observa la secuencia trigo-soja. Debido a los escasos márgenes del trigo incluso a veces negativos y a los disminuidos márgenes de la soja resentida por la baja de su precio y el estancamiento de su rendimiento, otra vez los costos juegan un rol importante a la hora de obtener márgenes de rendimiento aceptables. Margen bruto es de (URF): U\$\$ 731; con renta U\$\$ 427. Margen bruto (CUSA): U\$\$ 593; con renta U\$\$ 289.

En la rotación estabilizada los márgenes brutos fueron los más elevados de todas las rotaciones. Utilizando coeficientes técnicos URF: costo por ha U\$\$ 565; con renta U\$\$ 869. Margen bruto por ha U\$\$ 673; con renta U\$\$ 369. Utilizando coeficientes técnicos de CUSA: costo por ha U\$\$ 688; con renta U\$\$ 992. Margen bruto por ha U\$\$ 550; con renta U\$\$ 246.

En los cuadros 26 y 27 podemos observar que esta rotación presenta márgenes positivos en casi todos los períodos y sub períodos con excepción de los inviernos del 1er. y 4o. años, debido a que la cobertura no genera ingresos. Además, se observa el buen balance entre los componentes dentro de los períodos, no apreciándose combinaciones que deriven en márgenes negativos.

Cuadro No. 26. Rotación 3. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos URF.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Cultivo	Cobertura	Soja de 1ra.	Canola	Soja de 2da.	Trigo	Maíz	Cobertura	Soja de 1er.	Trigo	Soja 2da.
Costo/cultivo U\$\$/ha	US\$ 93	US\$ 314	US\$ 435	US\$ 251	US\$ 308	US\$ 457	US\$ 93	US\$ 314	US\$ 308	US\$ 251
Rendimiento kgs./ha		2500	1900	2400	2700	5500		2500	2700	2400
Ingreso total U\$\$/ha		US\$ 950	US\$ 665	US\$ 912	US\$ 378	US\$ 1.045		US\$ 950	US\$ 378	US\$ 912
Margen bruto periodo U\$\$/ha	-US\$ 93	US\$ 636	US\$ 230	US\$ 661	US\$ 70	US\$ 589	-US\$ 93	US\$ 636	US\$ 70	US\$ 661
Margen bruto anual U\$\$/ha	US\$	543	US\$	892	US\$	658	US\$	543	US\$	731

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Cultivo	Cobertura	Soja de 1ra.	Canola	Soja de 2da.	Trigo	Maíz	Cobertura	Soja de 1er.	Trigo	Soja 2da.
Costo/cultivo U\$\$/ha	US\$ 114	US\$ 389	US\$ 496	US\$ 316	US\$ 381	US\$ 545	US\$ 114	US\$ 389	US\$ 381	US\$ 316
Rendimiento kgs./ha		2500	1900	2400	2700	5500		2500	2700	2400
Ingreso total U\$\$/ha		US\$ 950	US\$ 665	US\$ 912	US\$ 378	US\$ 1.045		US\$ 950	US\$ 378	US\$ 912
Margen bruto periodo U\$\$/ha	-US\$ 114	US\$ 561	US\$ 169	US\$ 596	-US\$ 3	US\$ 500	-US\$ 114	US\$ 561	-US\$ 3	US\$ 596
Margen bruto anual U\$\$/ha	US\$	447	US\$	765	US\$	497	US\$	447	US\$	593
Margen bruto anual-R U\$\$/ha	US\$	143	US\$	461	US\$	193	US\$	143	US\$	289

Cuadro No. 27. Rotación 3. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos CUSA.

La renta por la tierra es 100% agrícola como se observa en la cuadro No. 28. De todas maneras, es la rotación que presenta mejores márgenes de toda la secuencia.

Cuadro No. 28. Rotación 3. Renta ficta correspondiente a la tierra.

Renta por la tierra	US\$/ha	kgs. soja	% total
1er. año	US\$ 304	800	20%
2o. año	US\$ 304	800	20%
3er. año	US\$ 304	800	20%
4o. año	US\$ 304	800	20%
5o. año	US\$ 304	800	20%
Total	US\$ 1.520	4000	100%

4.2.4 Rotación 4

Cuadro No. 29. Rotación 4.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4
Cultivo	Cobertura	Soja 1er.	Cobertura	Soja 1er.	Pradera Pp1.	Pradera pp1.	Pradera pp2.	Pradera pp2.

En esta rotación los dos primeros años se caracterizan por un componente estival: soja de primera; y por la ausencia de cultivos de ciclo invernal. En su lugar se implanta una cobertura no pastoreable que, si bien implicará un costo extra al sistema, significará a mediano y largo plazo una mejor conservación del recurso suelo en la medida que ayuda a evitar la erosión hídrica y degradación del mismo. Margen bruto 1er. y 2o. años (URF): U\$S 543; con renta U\$S 329. Margen bruto (CUSA): U\$S 447; con renta U\$S 143.

Al tercer año se instala una mezcla forrajera que implica un alto costo de siembra e instalación, costo concentrado en el primer año de vida de la pradera, y que se amortizará en los siguientes años. En junio y julio será posible un pastoreo moderado en intensidad y frecuencia. Por tanto, la producción anual es muy baja no alcanzando a cubrir los costos. Margen bruto (URF y CUSA): U\$S 135; con renta U\$S -13.

El cuarto año de la rotación, que representa el segundo año de la pradera, está subsidiado por el primer año de la instalación. Los costos totales de la pradera están concentrados en su primer año de vida. Los costos de refertilización son bajos. Por estas razones los márgenes se tornan muy positivos. Margen bruto (URF y CUSA): U\$S 628; con renta U\$S 480.

Los márgenes brutos y costos por hectárea totales de la rotación 4 estabilizada fueron los siguientes. Costos (URF): U\$S 285; con renta U\$S 511. Costos (CUSA): U\$S 333; con renta U\$S 559.

Márgenes brutos por hectárea de la rotación estabilizada: margen bruto (URF): U\$S 462; con renta U\$S 236. Margen bruto (CUSA): U\$S 414; con renta U\$S 188.

En los cuadros 30 y 31 podemos observar la rotación completa: sus márgenes brutos por hectárea en el período o estación y cultivo; con y sin deducción del costo de la renta; y también la producción estacional de carne y los costos de producción de cada cultivo o actividad.

Cuadro No. 30. Rotación 4. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos URF.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4
Cultivo	Cobertura	Soja 1er.	Cobertura	Soja 1er.	Pradera pp1.	Pradera pp1.	Pradera pp2.	Pradera pp2.
Costo/cultivo U\$/ha	US\$ 93	US\$ 314	US\$ 93	US\$ 314	US\$ 286		US\$ 40	
Rendimiento kgs./ha		2500		2500				
Producción Carne kgs./ha					24	223	112	281
Ingreso total U\$/ha		US\$ 950		US\$ 950	US\$ 41	US\$ 380	US\$ 190	US\$ 478
Margen bruto periodo U\$/ha	-US\$ 93	US\$ 636	-US\$ 93	US\$ 636	-US\$ 245	US\$ 380	US\$ 150	US\$ 478
Margen bruto anual U\$/ha	US\$	543	US\$	543	US\$	135	US\$	628
Margen bruto anual-R U\$/ha	US\$	239	US\$	239	-US\$	13	US\$	480

Cuadro No. 31. Rotación 4. Márgenes brutos, costos totales y producción de carne por ha, costos CUSA.

Estación de crecimiento	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Año	1	1	2	2	3	3	4	4
Cultivo	Cobertura	Soja 1er.	Cobertura	Soja 1er.	Pradera pp1.	Pradera pp1.	Pradera pp2.	Pradera pp2.
Costo/cultivo U\$/ha	US\$ 114	US\$ 389	US\$ 114	US\$ 389	US\$ 286		US\$ 40	
Rendimiento kgs./ha		2500		2500				
Producción carne kgs./ha					24	223	112	281
Ingreso total U\$/ha		US\$ 950		US\$ 950	US\$ 41	US\$ 380	US\$ 190	US\$ 478
Margen bruto periodo U\$/ha	-US\$ 114	US\$ 561	-US\$ 114	US\$ 561	-US\$ 245	US\$ 380	US\$ 150	US\$ 478
Margen bruto anual U\$/ha	US\$	447	US\$	447	US\$	135	US\$	628
Margen bruto anual-R U\$/ha	US\$	143	US\$	143	-US\$	13	US\$	480

Este modelo es viable siempre que el productor pueda convenir con el propietario de la tierra una renta diferenciada para la fase ganadera. De no ser así los márgenes de rendimiento se verán sensiblemente afectados. En el cuadro No. 32 se puede observar cómo se distribuye la renta total según la fase de la rotación.

Cuadro No. 32 . Rotación 4. Renta ficta correspondiente a la tierra.

Renta por la tierra	US\$/ha	kgs. soja	% total
1er. año	US\$ 304	800	34%
2o. año	US\$ 304	800	34%
3er. año	US\$ 148	390	16%
4o. año	US\$ 148	390	16%
Total	US\$ 904	2380	100%

Cuadro No. 33. Rotación 4. Estimación de producción MS/ha, su utilización, producción de carne, ingresos U\$\$/ha y carga UG/ha de una pradera de 1er. año de *dactylis*, alfalfa y trébol blanco.

	Otoño			Invierno			Primavera			Verano				
1er. año	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	Total	Media
Utilización (%)	70	70	70	70	70	70	60	60	60	60	60	60		65
Ms./ha/mes				175	153	219	1.301	1.378	1.148	939	501	691	6.504	723
Ms. utilizable/ha	0	0	0	122	107	153	781	827	689	564	301	414	3.957	330
Ms. utilizable/ha/día	0	0	0	4	4	5	26	28	23	19	10	14	132	11
kgs. carne/día/ha	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,3	1,6	1,7	1,4	1,2	0,6	0,9		1
kgs. carne/Mes/ha	0	0	0	8	7	10	49	52	43	35	19	26	247	21
U\$\$/ha	0,0	0,0	0,0	13,0	11,4	16,3	82,9	87,8	73,2	59,9	31,9	44,0	420,4	35,0

Cuadro No. 34. Rotación 4. Estimación de producción MS/ha, su utilización, producción de carne, ingresos U\$\$/ha y carga UG/ha de una pradera de 2o. año de *dactylis*, alfalfa y trébol blanco

	Otoño			Invierno			Primavera			Verano				
2o. año	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	Total	Media
Utilización (%)	70	70	70	70	70	70	60	60	60	60	60	60		65
Ms./ha/mes	542	636	692	220	193	275	1.637	1.733	1.444	1.182	630	869	10.052	838
Ms. utilizable/ha	379	445	484	154	135	193	982	1.040	867	709	378	521	6.287	524
Ms. utilizable/ha/día	13	15	16	5	4	6	33	35	29	24	13	17		17
Kgs. carne/día/ha	0,8	0,9	1,0	0,3	0,3	0,4	2,0	2,2	1,8	1,5	0,8	1,1		1
kgs. carne/Mes/ha	24	28	30	10	8	12	61	65	54	44	24	33	393	33
U\$\$/ha	40,3	47,3	51,5	16,4	14,3	20,5	104,3	110,5	92,1	75,3	40,2	55,4	668,0	55,7

A modo de conclusión observamos que esta rotación mixta, agrícola ganadera, presenta márgenes interesantes de rendimiento y engloba la rentabilidad de la fase agrícola con menor riesgo y de la fase ganadera en iguales partes temporales. Presenta como problema la corta duración de la fase pastoril que no permite amortizar el costo de instalación de la pastura.

4.2.5 Análisis de sensibilidad y precios de equilibrio

En este apartado procederemos a realizar un análisis de sensibilidad unidimensional a diferentes variables ya anteriormente explicadas.

4.2.5.1 Rotación 2

Ésta es la rotación que presenta márgenes de rendimiento más bajos de las tres analizadas y por eso es esperable que sea la que presenta mayor sensibilidad. La variable más sensible y principal factor de riesgo son los costos totales. Solo toleran un 19% de aumento. En el caso hipotético en que los costos suban, ya sea a causa de la inflación, del aumento de tarifas de los contratistas u otros factores, en torno a un 10% y no se verifique una suba paralela de los precios de los productos, los márgenes tenderían a cero o a volverse negativos.

Los márgenes brutos de rendimiento oscilaron entre 177 U\$\$/há (URF) y 74 U\$\$/há (CUSA), resultando un margen promedio de 126 U\$\$/há.

Cuadro No. 35. Rotación 2. Erosión, márgenes y precio equilibrio.

	Unidades de suelo seleccionadas	Erosión anual estimada (Mg/ha) R2	Márgenes brutos U\$\$/ha (URF)	Márgenes brutos U\$\$/ha (CUSA)	Promedio márgenes U\$\$/ha	Precio equilibrio Mg tierra/U\$\$
1	Itapebí- Tres Árboles: vertisol háplico (pri. y ver.)	1,7	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 74
2	Cuchilla de Corralito: vertisol rúptico lúvico (pri. y ver.)	2	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 63
3	Ecilda Paullier - Las Brujas: brunosol eútrico/subeútrico	2,4	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 52
4	Young: brunosol eútrico típico	5,6	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 22
5	Fray Bentos: brunosol eútrico típico	5,3	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 24
6	Bequeló: brunosol eútrico Háplico/típico	7	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 18
7	San Manuel: brunosol eútrico típico	7,8	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 16
8	Chapicuy: brunosol subeútrico típico	8,2	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 15
9	Cañada Nieto: brunosol subeútrico típico	15,9	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	US\$ 8

En segundo lugar, el rendimiento de la soja, tiene una alta sensibilidad -24%. En los años en los que fue sembrada soja solo serían admisibles pérdidas del rendimiento o del precio entorno a este porcentaje. El rendimiento no podría caer de 1907 kg/ha, ni el precio de 289 U\$\$/tt. Si esto sucediera se comprometerían los márgenes económicos. Esto se debe básicamente a que la soja del segundo y tercer año sostienen de forma positiva los márgenes de toda la rotación y es por eso que tienen tanta sensibilidad en precio y rendimiento.

Cuadro No. 36. Rotación 2. Análisis de sensibilidad.

Análisis de sensibilidad	Margen bruto-R = 0	% Sensibilidad
Precio soja	289U\$\$/tt.	-24%
Precio trigo	57 U\$\$/tt.	-59%
Producción pp. 3er. año	-	
Producción pp. 2o. año	-	
Producción pp 2o. + pp 3er.	9668kg.	-45%
Costo totales	19%	19%
Precio del novillo	0,96U\$\$/kg.s.	-44%
Eficiencia de conversión	1kgs.carne: 28 kg./ms. pastura	75%
Arrendamiento A	402U\$\$/ha	32%
Arrendamiento G	199 U\$\$/ha	32%
Rendimiento soja	1907kgs.	-24%

4.2.5.2 Rotación 3

Esta rotación es la que presenta mejores márgenes de todas las analizadas, probablemente por ser una rotación netamente agrícola y en la que más veces se repite el cultivo de soja. Éste cultivo es el que confiere mayor rentabilidad al conjunto estudiando.

Los márgenes brutos oscilaron entre 369 U\$\$/há (URF) y 246 U\$\$/há (CUSA) resultando un margen promedio de 308 U\$\$/há. El precio equilibrio Mg.tierra/U\$\$ se observa en el cuadro No. 37.

Cuadro No. 37. Rotación 3. Erosión, márgenes y precio equilibrio.

Rotación No. 3						
	Unidades de suelo seleccionadas	Erosión anual estimada (Mg/ha) R3	Márgenes Brutos U\$\$/ha (URF)	Márgenes Brutos U\$\$/ha (CUSA)	Promedio Márgenes U\$\$/ha	Precio equilibrio Mg Tierra/U\$\$
1	Itapebí- Tres Árboles: vertisol háplico (pri. y ver.)	2,8	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 110
2	Cuchilla de Corralito: vertisol rúptico lúvico (pri. y ver.)	3,2	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 96
3	Ecilda Paullier - Las Brujas: brunosol eútrico/subeútrico	3,7	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 83
4	Young: brunosol eútrico típico	8,5	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 36
5	Fray Bentos: brunosol eútrico típico	8,2	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 38
6	Bequeló: brunosol eútrico Háplico/típico	10,9	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 28
7	San Manuel: brunosol eútrico típico	11,8	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 26
8	Chapicuy: brunosol subeútrico típico	12,3	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 25
9	Cañada Nieto: brunosol subeútrico típico	24,8	U\$\$ 369	U\$\$ 246	U\$\$ 308	U\$\$ 12

Las variables de mayor sensibilidad son el rendimiento y los costos totales, con 32% y 36% de sensibilidad respectivamente. No es tan sensible el precio de la soja - 55,8%, debido a la gran cantidad de veces que se repite en la secuencia este cultivo y a la presencia de otros cultivos con márgenes positivos como el maíz y la canola. El rendimiento constante de la soja actúa sosteniendo los márgenes y realizando un efecto leverage.

Cuadro No. 38. Rotación 3. Análisis de sensibilidad.

Análisis de sensibilidad	Margen bruto-R = 0	% Sensibilidad
Precio soja	168US\$/tt.	-55,8%
Precio trigo	-	
Precio maíz	-	
Precio canola	-	
Costos totales	36%	36%
Arrendamiento	550US\$/ha	81%
Rendimiento soja	1644kgs.	-32%

4.2.5.3 Rotación 4

Representa una posición intermedia en cuanto a sus márgenes con relación a las demás rotaciones. Presenta poca sensibilidad a los costos, y comparativamente con la segunda rotación, también agrícola ganadera, es menos sensible a pérdidas de eficiencia de conversión, de producción de pasturas y aumento de rentas. Es relativamente más sensible a indicadores agrícolas como rendimiento y precio de la soja, debido a que este cultivo representa el 100% de la fase agrícola de la misma.

Los márgenes brutos de rendimiento oscilaron entre 236 U\$/há (URF) y 188 U\$/há (CUSA) resultando un margen promedio de 212 U\$/há. El precio equilibrio Mg.tierra/U\$ se observa en el cuadro No.42.

Cuadro No. 39. Rotación 4. Erosión, márgenes y precio equilibrio.

Unidades de suelo seleccionadas	Erosión anual estimada (Mg/ha) R4	Márgenes brutos U\$\$/ha (URF)	Márgenes brutos U\$\$/ha (CUSA)	Promedio márgenes U\$\$/ha	Precio equilibrio Mg tierra/U\$\$
1 Itapebí- Tres Árboles: vertisol háplico (pri. y ver.)	1,7	236	188	212	125
2 Cuchilla de Corralito: vertisol rúptico lúvico (pri. y ver.)	2	236	188	212	106
3 Ecilda Paullier - Las Brujas: brunosol eútrico/subeútrico	2,3	236	188	212	92
4 Young: brunosol eútrico típico	5,2	236	188	212	41
5 Fray Bentos: brunosol eútrico típico	6,3	236	188	212	34
6 Bequeló: brunosol eútrico Háptico/típico	6,7	236	188	212	32
7 San Manuel: brunosol eútrico típico	7,2	236	188	212	29
8 Chapicuy: brunosol subeútrico típico	7,6	236	188	212	28
9 Cañada Nieto: brunosol subeútrico típico	15,4	236	188	212	14

Cuadro No. 40. Rotación 4. Análisis de sensibilidad.

Análisis de sensibilidad	Margen Bruto-R = 0	% Sensibilidad
Precio soja	229U\$\$/tt.	-40%
Producción pp. 2o. año	-	
Producción pp. 1er. año	-	
Producción pp. 1er. y pp. de 2dp	5116kg.s/Ms.	-69%
Costo totales	58%	58%
Precio del novillo	0,52U\$\$/kgs.	-69%
Eficiencia de conversión	1 kgs. carne: 59 kg./Ms. pastura	156%
Arrendamiento G	271U\$\$/ha	83%
Arrendamiento A	556U\$\$/ha	83%
Rendimiento soja	1510U\$\$/ha	-40%

En el cuadro 41 se observa un análisis de sensibilidad comparativo entre las diferentes rotaciones, y la sensibilidad de las mismas a cada variable. Se puede observar que la más sensible de todas es la rotación número 2 que presenta un mal diseño estratégico, dependiendo de la soja la mayor parte de los ingresos. Esto determina una sensibilidad muy alta a su precio y a la disminución de rendimiento. La disminución de

un 25 % en alguno de estos componentes determinaría márgenes negativos en toda la secuencia.

Las rotaciones 3 y 4 presentan, en general, una baja sensibilidad. Midiendo comparativamente la sensibilidad a partir del margen cero en costos totales se observa que la rotación número 4 presenta menor sensibilidad y mejor desempeño, logrando el margen cero con un 58% de aumento de los costos. En cambio la rotación 3 llega al margen cero con 36% de aumento de costos.

Cuadro No. 41. Análisis de sensibilidad comparativo.

Variables analizadas	Sensibilidad	Sensibilidad	Sensibilidad
	Rotación 2	Rotación 3	Rotación 4
Precio soja	-24%	-55,8%	-40%
Precio canola	--	N.S	--
Precio maíz	--	N.S	--
Precio trigo	-59%	N.S	--
Producción pp. 3er. año	--	--	--
Producción pp. 2o. año	N.S	--	N.S
Producción pp. 1er. año	N.S	--	N.S
Producción pp2. + pp3.	-45%	--	--
Producción pp1. + pp2.	--	--	-69%
Costo totales	19%	36%	58%
Precio del novillo	-44%	--	-69%
Eficiencia de conversión	75%	--	156%
Arrendamiento A	32%	81%	83%
Arrendamiento G	32%	--	83%

La rotación 3 fue la que presentó mejores márgenes de rendimiento, y la que aceptó una presión de renta más alta. Se consideró para ella una renta netamente agrícola mientras que para las restantes rotaciones se consideró una renta mixta según la fase y con un promedio sensiblemente inferior. Esto significa que las demás rotaciones pierden sustentabilidad económica si la renta no es ajustada de acuerdo a la fase de actividad.

Los márgenes más elevados de la rotación 3 se explican por ser una rotación más intensiva, netamente agrícola, con alta diversidad de cultivos y predominio de la soja, por sus elevados márgenes. Los cultivos de maíz y canola presentan márgenes interesantes que ayudan a mejorar el resultado final. El cultivo del trigo está presente solo en el 20% de la secuencia invernal y aunque le agregue niveles altos de riesgo, subsidia en cierta manera los costos de la soja de segunda. Su conjunto dual trigo/soja de segunda presenta márgenes más elevados que el de cobertura/soja de primera, debido al

subsidio de costos cruzados que existe y a que la cobertura no presenta finalidades productivas sino solamente de sustentabilidad edafológica.

La combinación canola/soja se presenta como la opción más interesante, dejando un excelente margen anual superior a todas las otras, aunque no se pudo cuantificar y traducir en términos de riesgo los problemas de producción de la canola como la variabilidad de rendimiento y los problemas de ajuste del paquete tecnológico colza-canola. También hay que considerar que presenta una distorsión del precio final ya comentada anteriormente, que obliga a replantear la sustentabilidad económica del cultivo y relativiza los buenos resultados obtenidos.

Las rotaciones 3 y 4 son agrícola-ganaderas y la integración horizontal que esto conlleva acota los riesgos. Al incorporar otra actividad presentan más problemas de logística, le agregan complejidad a la operación, y suponen pactar rentas diferenciales de acuerdo a la fase de la rotación. Presentan márgenes más acotados. Se destaca la baja sensibilidad de las mismas. Son adecuadas para zonas que presentan limitantes edafológicas y topográficas. El éxito de las mismas está dado por utilizar en la fase agrícola cultivos probados con alta probabilidad de márgenes positivos como la soja, y evitar cultivos riesgosos como el trigo. Si la rotación no es estabilizada no sería prudente consociarlo pues transporta una alta cantidad de costos al primer año, la pradera resultante no sería pastoreable hasta el segundo año, presenta más riesgos de mala implantación y producción menor y, consecuentemente, un flujo de caja negativo para ese año.

Otro aspecto a destacar es que la pradera se amortiza a partir del segundo año. Una vez amortizada la inversión los años subsiguientes son solamente ganancia. Los costos de fertilización de la pradera son relativamente bajos y, por lo tanto, cuanto más larga la duración de la pastura ésta será más rentable en la secuencia.

El factor manejo es muy importante en la fase de pasturas. Requiere un asesoramiento técnico adecuado para poder conjuntar una alta producción con una adecuada persistencia de la pradera, manejos adecuados en primavera y verano, control de la intensidad y frecuencia del pastoreo, pastoreos rotativos, cargas, genotipo, adecuada sanidad, disponibilidad de aguadas y sombra, mano de obra capacitada. Todo esto afecta la utilización de la pastura y la eficiencia de conversión y por consiguiente los márgenes brutos de rendimiento.

La rotación trigo-soja demostró ser la más rentable económicamente. No obstante, es un sistema que ha comenzado a mostrar señales de agotamiento a causa de los bajos precios internacionales de trigo y a la afectación de su calidad y rendimiento por enfermedades.

En segundo lugar, aparece el monocultivo de soja. Económicamente se muestra atractivo, pero produce un importante efecto sobre el suelo por erosión hídrica y

seguramente caducará si llegamos a una aplicación cabal de la ley de conservación de suelos y aguas.

En tercer lugar y con márgenes similares al monocultivo de soja aparece la rotación 3. Por su intensidad es altamente exigente con el recurso suelo. Si bien es atractiva desde el punto de vista económico presenta componentes de riesgo, como ser por un lado la canola que por su variabilidad de rendimiento, precios subsidiados y un techo de producción de 50.000 hectáreas determinado por el único comprador; y por el otro, el maíz por su variabilidad de rendimiento.

Las rotaciones agrícolas ganaderas son las menos rentables de las analizadas. En el cuadro No.42 se puede observar que las rotaciones 2 y 4 sólo representan un 43% y un 72% respectivamente, del margen de rendimiento económico del monocultivo de soja. La secuencia cobertura-soja es 35% menos rentable que la de soja-soja. Las rotaciones agrícolas ganaderas se presentan como las mejores desde el punto de vista de la sustentabilidad ambiental porque reducen la erosión y permiten recuperar la fertilidad y la estructura del suelo. Pero no producen márgenes atractivos de rendimiento económico y presentan problemas logísticos importantes.

En vista a la elección de una de las alternativas es importante que en la fase agrícola se usen los cultivos más rentables y probados. En tanto en la fase de pasturas es fundamental el correcto manejo de la pradera, cuidando la producción, la persistencia y la eficiencia de conversión de las pasturas en carne. Se puede pensar en realizar un subsidio cruzado entre la fase agrícola y la ganadera. Para aumentar la eficiencia de conversión del sistema, si se dispone de infraestructura adecuada, suplementar en otoño e invierno con sorgo y maíz; y encerrar el ganado con agua y sombra en verano en horas de estrés térmico.

Siempre y en todo caso para viabilizar cualquier sistema o rotación es indispensable un correcto y eficiente manejo de los costos. Esto, sumado a la planificación económica financiera, presupuestación, realización de planes de inversión, y cuantificación de riesgos simulando la mayor cantidad de escenarios posibles. La eficiencia productiva y comercial de la empresa determina el éxito de la misma. La intensificación e integración horizontal juegan un rol importante para acotar el riesgo y maximizar los beneficios. Es recomendable comparar opciones, realizar coberturas y utilizar contratos a futuro, de modo de fijar los precios y capitalizar subas de los mismos. Es importante contemplar todos los ámbitos del sistema productivo: la producción, la gestión económica financiera y la correcta comercialización del producto. Fijar objetivos viables. Recordar que el objetivo de la empresa es maximizar los beneficios, acotar el riesgo y mantenerse sustentable en el mediano y largo plazo.

Cuadro No. 42. Márgenes brutos en distintos sistemas.

Márgenes brutos en diferentes sistemas	Márgenes brutos U\$\$/ha. (URF)	Márgenes brutos U\$\$/ha. (CUSA)	Promedio márgenes U\$\$/ha.	% Márgenes brutos monocultivo soja-soja
Mono cultivo soja-soja	US\$ 332	US\$ 257	US\$ 295	100%
Mono cultivo cobertura-soja	US\$ 239	US\$ 143	US\$ 191	65%
Mono cultivo trigo-soja	US\$ 427	US\$ 289	US\$ 358	122%
Rotación agrícola R3	US\$ 369	US\$ 246	US\$ 308	104%
Rotación agrícola-ganadera R4	US\$ 236	US\$ 188	US\$ 212	72%
Rotación agrícola-ganadera R2	US\$ 177	US\$ 74	US\$ 126	43%

5. CONCLUSIONES

Se determinó que el monocultivo de soja de primera sin ninguna cobertura en la estación invernal es inviable en las condiciones de nuestro país para la mayoría del mosaico de suelos de la carta de suelos del Uruguay 1.1.000.000. Solo 13 unidades de suelo se ajustan al marco legal en este sistema de rotación, siempre que no superen la pendiente asociada a su paisaje para una longitud de pendiente de 100 mts. Si las condiciones topográficas fueran de plano total todas las unidades se ajustarían al marco legal.

La pérdida de suelo en la segunda rotación para todas las unidades es importante. Solo seis unidades se mantuvieron dentro de la tolerancia y se ajustaron al marco legal.

La pérdida de suelo en la rotación 3 para todas las unidades muestra que solo tres unidades se mantuvieron dentro de la tolerancia y se ajustaron al marco legal.

Para la rotación 4 solo seis unidades se mantuvieron dentro de la tolerancia y se ajustaron al marco legal.

En términos generales y de acuerdo a las propiedades físicas las rotaciones agrícolas presentaron mayores pérdidas por erosión y solo tres unidades de las seleccionadas se mantuvieron dentro de la tolerancia y se ajustaron al marco legal. La unidad Itapebí-Tres Árboles fue de las analizadas, la que mejor puntuó en el ranking global, la pérdida se mantuvo siempre por debajo de la tolerancia para las tres rotaciones. La unidad Cañada Nieto fue la que peor puntuó dentro del ranking de las seleccionadas. Su pérdida erosiva se mantuvo siempre por encima de la tolerancia para las tres rotaciones.

En término de resultados económicos las rotaciones agrícolas puras fueron más rentables que las agrícolas ganaderas. Dentro de las rotaciones agrícolas-ganaderas, aquellas que en la fase agrícola tuvieron cultivos más probados como la soja, fueron más rentables. El componente fundamental para incrementar los márgenes fue el correcto manejo de los costos siendo ésta la variable que presentó más peso relativo. La rotación agrícola ganadera puede presentar menor sensibilidad al aumento de los costos y por lo tanto tener menores riesgos que la agrícola pura, siempre y cuando la primera tenga un buen diseño estratégico.

Se constató una correlación positiva entre intensidad agrícola y pérdida por erosión. Las rotaciones agrícolas ganaderas fueron menos rentables, pero fueron las que tuvieron menores pérdidas de suelo por erosión, manteniéndose mayor número de unidades dentro de la tolerancia.

6. RESUMEN

Este trabajo, que se realizó como requisito para la culminación de la carrera de ingeniero agrónomo de la Facultad de Agronomía de la UDELAR, tuvo por objeto analizar cuatro diferentes rotaciones de cultivos en nueve diversas unidades de suelo del litoral agrícola uruguayo, cuantificando la pérdida de suelo por erosión en cada caso y el rendimiento económico bruto de cada rotación. A estos efectos se utilizó para el cálculo de pérdida de suelo el programa informático Erosión 6.0 y para la estimación del rendimiento económico coeficientes técnicos de diferentes fuentes, de forma de obtener márgenes diferenciales según distintos manejos de costos. Se realizó asimismo un análisis de sensibilidad unidimensional con aplicación de diferentes variables. Una vez obtenidos estos datos se realizó un análisis comparativo entre las diversas rotaciones y unidades de suelo; y un análisis de correlación entre los valores de pérdida de suelo por erosión y los valores de rendimiento económico bruto. Se estudió también la viabilidad conforme a la normativa vigente (ley 15.239 y normas complementarias y modificativas) y la sustentabilidad del monocultivo de soja en las 99 unidades de la carta de suelos del Uruguay 1.1.000.000, mediante la aplicación del referido programa Erosión 6.0 para diferentes pendientes topográficas.

Palabras clave: Erosión; Rentabilidad agrícola; Rentabilidad agrícola ganadera.

7. SUMMARY

This paper is one of the requirements in order to achieve the graduate degree of agricultural engineer. Due to the new macroeconomic context and a new law which has been passed in Uruguay (law 18.564 regarding preservation, use and management of the soil), the soybean monoculture model has become unfeasible in many areas of the country. In order to adapt to the new situation farmers are required to present their plans for use and handling of the land; incorporating permanent pasture rotation, with annual grasses and other unconventional crops. The purpose of this paper is to select 4 rotations in 9 different units of soil located in the Oriental Republic of Uruguay in order to analyze their gross profitability, evaluate them through the software erosión 6.0, quantify erosion losses in different agricultural systems and/or agriculture-pasture rotations and correlate that with the yield obtained in each case, thus estimating the sensitivity of the different variables by means of unidimensional sensitivity analysis. Technical coefficient from different institutions and different handling costs were used in order to calculate differential gross margins. As a second objective we propose the evaluation and discussion of the viability and sustainability of the monoculture of soybeans in the 99 soil units from the Uruguayan soil map 1/1.000.000, by the simulation of soil losses via coefficients found in different topographic gradients provided by the software erosión 6.0 and by the use of the universal equation of soil losses (RUSLE).

Keyword: Erosion; Agriculture profitability; Breeders profitability.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ACG (Asociación de Consignatarios de Ganado, UY). 2016. Precios del ganado. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jun. 2016. Disponible en http://acg.com.uy/semanas_anteriores.php
2. Arbeletche, P.; Carballo, C. 2006. Sojización y concentración de la agricultura uruguaya. In: Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria (37a., 2006, Córdoba, AR). Libro de resúmenes. Córdoba, AR, Universidad Empresarial Siglo XXI. Facultad de Ciencias Agropecuarias de Córdoba. s.p.
3. _____.; _____. 2008. La expansión agrícola en el Uruguay; algunas de sus principales consecuencias. In: Congreso Regional (2°.), Congreso Rioplatense (3°.), Reunión Anual de Economía Agraria (20a., 2008, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Uruguay, s.e. pp. 7-20.
4. _____.; Ernst, O.; Hoffman, E. 2010a. La agricultura en Uruguay y su evolución. In: García Préchac, F. ed. Intensificación agrícola; oportunidades para un país productivo y natural. Montevideo, Uruguay, UdelaR. FA. CSIC. pp.111-124.
5. _____. 2010b. Impactos socioeconómicos de la expansión agrícola. In: García Préchac, F. ed. Intensificación agrícola; oportunidades para un país productivo y natural. Montevideo, Uruguay, UdelaR. FA. CSIC. pp. 13-27.
6. _____.; Gutiérrez, G. 2011 Crecimiento de la agricultura en Uruguay; exclusión social o integración económica en redes. Revista Pampa. 6: 113-138.
7. Baigorri, H. s.f. Criterios para la elección y el manejo de cultivares de soja. (en línea). Marcos Juárez, AR, INTA. 21 p. Consultado jun. 2015. Disponible en http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/Eleccion_cultivares.pdf
8. Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. 1985. Erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Piracicaba, SP, BR, Livroceres. 392 p.

9. Besón, P. 2013. Bajos precios y escaso rendimiento frenan crecimiento de colza. (en línea). El País, Montevideo, UY, set. 30: s.p. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://www.elpais.com.uy/economia/rurales/precios-rendimiento-frenan-crecimiento-colza.html>

10. Bordoli, J.; Casanova, O. 2004. Respuesta a la fertilización fosfatada de Lotus Rincón. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (20a., 2004, Salto, UY). Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas; memorias. Salto, UY, UdelaR. Regional Norte/FA. pp.279-280.

11. Cámara Mercantil de Productos del País, UY. s.f. Información de mercados. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2016. Disponible en <http://www.camaramercantil.com.uy/>

12. Casanova, O. 1999. Acidez y encalado en suelos del Uruguay. Montevideo, UY, UdelaR. FA. 14 p.

13. Clérico, C.; García Préchac, F. 2001 Aplicaciones del modelo USLE/RUSLE para estimar pérdidas de suelo por erosión en Uruguay y en la región Sur de la cuenca del Río de la Plata. Agrocienca (Montevideo). 5 (1): 92-103.

14. CUSA (Cámara Uruguaya de Servicios Agropecuarios, UY). s.f. Precios sugeridos de labores agrícolas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2016. Disponible en <http://cusa.org.uy/cusa/precios>

15. Dellazoppa, R. 2014. Agro. La revolución sorprendente. Montevideo, UY, Fin de Siglo. pp. 41-56.

16. Durán, A.; García Préchac, F. 2007. Uso, manejo y conservación de los suelos en Uruguay. El modelo USLE/RUSLE para estimar la erosión en Uruguay y la región sur de la cuenca del Plata. In: Durán, A.; García Préchac, F. eds. Suelos del Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, UY, Hemisferio Sur. v.1, cap. 3, pp. 58-105.

17. Durán, V. 2011. Contexto macroeconómico. In: Vasallo, M. ed. Dinámica y competencia intrasectorial en el agro; Uruguay 2000-2010. Montevideo, UY, UdelaR. FA. CSIC. pp. 17-34.

18. Ernst, O.; Siri, G. 1997. Crecimiento inicial de cultivos sembrados sin laboreo. Cangüé. no. 9: 29-31.

19. Errea, E.; Peyrou, J.; Secco, J.; Souto, G. 2011. Transformaciones en el agro uruguayo; nuevas instituciones y modelos de organización empresarial. Montevideo, UY, Universidad Católica. 107 p.
20. Fernández Reyes, J. 2012. El nuevo régimen de conservación de suelos y aguas con fines agropecuarios; obligaciones y responsabilidades. (en línea). Revista CADE. 15: s.p. Consultado 25 oct. 2015. Disponible en <http://www.cade.com.uy/cade-doctrina-jurisprudencia-indice-tomo-xv.php>
21. Ferraris, G.; Mousegne, F. 2009. Fertilización de maíz; deficiencias de azufre, potasio y zinc en el área núcleo. Pergamino, AR, INTA. 5 p.
22. Frezatti, F.; Braga do Aguiar, A. 2007. EBITDA; possíveis impactos sobre o gerenciamento das empresas. (en línea). Revista Universo Contabil. 3 (3): 6-24. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1170/117016548002.pdf>
23. Gadea Butierrez, R. 1991. La ley de conservación de suelos y aguas; su reglamentación e incidencia en la contratación agraria. Revista Jurídica La Justicia Uruguaya. no. 103: 6-20.
24. García Préchac, F. 1992. Guía para la toma de decisiones en conservación de suelos; 3a. aproximación. Montevideo, UY, INIA. 60 p. (Serie Técnica no. 26)
25. _____. 1996. Erosión del suelo; predicción y control. In: Morón, A.; Restaino, E.; Martino, D. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, UY, INIA. pp. 149-155 (Serie Técnica no. 76).
26. _____.; Durán, A. 1998. Propuesta de estimación del impacto de la erosión sobre la productividad del suelo en Uruguay. Agrociencia (Montevideo). 2 (1): 26-36.
27. _____.; Hill, M.; Clérici, C.; Pérez, M. 2010. La erosión de suelos en sistemas agrícolas. In: García Préchac, F. ed. Intensificación agrícola; oportunidades para un país productivo y natural. Montevideo, Uruguay, UdelaR. FA. CSIC. pp. 67 – 88.
28. Genta, J.; Failache, N. 2010. Disponibilidad de agua en Uruguay; variabilidad predicción – institucionalidad. In: Seminario Internacional (1º., 2010,

Paysandú, UY). Potencial del riego extensivo en cultivos y pasturas. Montevideo, UY, INIA. pp. 177-182.

29. Griffin, E. 1972. Agricultural land use in Uruguay. PhD. Thesis. Michigan, USA. Michigan State University. s.p.
30. Hill, M.; García Préchac, F.; Terra, J.; Sawchik, J. 2008. Incorporación del efecto del contenido de agua en el suelo en el modelo USLE/RUSLE para estimar erosión en Uruguay. Agrociencia (Montevideo). 2 (12): 1-6.
31. _____; Clérico, C. 2013. Avances en políticas de manejo y conservación de suelos en Uruguay. (en línea). IAH. 12: 2-6. Consultado oct. 2015. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B387A9BDC39CF5C985257C39005C4C6B/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B387A9BDC39CF5C985257C39005C4C6B/$FILE/2.pdf)
32. Hoffman, E. 2015. ¿Dónde queremos estar en el mediano plazo? (en línea). Montevideo, s.e. s.p. Consultado dic.2015. Disponible en <http://unicampo.com.uy/images/analisis-donde-estar-mediano-plazo.pdf>
33. Hudson, N. 1982. Conservación de suelos. (en línea). Barcelona, ES, Reverté. 352 p. Consultado set. 2015. Disponible en https://books.google.com.uy/books?id=u137pQPxYGAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
34. Ibáñez, S.; Moreno, H.; Gisbert, J. 2012. El factor LS de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). (en línea). Valencia, ES, Universidad Politécnica de Valencia. ETSIAMN. s.p. Consultado ago. 2016. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16569/AD%20LS%20%20USLE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
35. IGC (International Grains of Cereals, US). 2013. Indicadores de granos. El País Agropecuario. no.254: 48-49.
36. Jiménez de Aréchaga, P. 2013. Perspectivas para el agro. El País Agropecuario. no. 213: 38-40.
37. _____. 2015. Mercado de la soja. El País Agropecuario. no. 250: 17-30.

38. Karlen, M.; Sorrondegui, J. 2013. Alternativas de control de conyza spp.en barbecho y cultivos de soja sin laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 50 p.
39. Lenoir, C.; Tornari, G. 2004. Contaminación y tratamiento de suelo. (en línea). Buenos Aires, AR, s.e. 65 p. Consultado set. 2015. Disponible en http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/ing/cont_y_tratam_suelos.pdf
40. Lira, P. 2011. El análisis de sensibilidad (parte 1). (en línea). Diario Gestión, Lima, PE, mar. 18: s.p. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://blogs.gestion.pe/deregresoalobasico/2011/03/el-analisis-de-sensibilidad-pa.html>
41. Lussich, N. 2013. El agro en zona de riesgo. El País Agropecuario. no. 207: 18-21.
42. MAP. RENARE (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Renovables. División Suelos y Aguas, UY). 1976. Compendio actualizado de información de suelos del Uruguay. Montevideo. Escala 1:1.000.000.
43. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2000. Censo agropecuario 2000. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct.2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-censo-2000-antecedentes,O,es,0>
44. _____. _____. 2006. Anuario estadístico agropecuario 2006. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2006,O,es,0>
45. _____. _____. 2009. Anuario estadístico agropecuario 2009. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2009,O,es,0>
46. _____. _____. 2010. Anuario estadístico agropecuario 2010. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2010,O,es,0>

47. _____. _____. 2011. Censo agropecuario 2011. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-censo-2011-antecedentes,O,es,0>.
48. _____. _____. 2013. Anuario estadístico agropecuario 2013. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2013,O,es,0>.
49. _____. _____. 2014. Anuario estadístico agropecuario 2014. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2014,O,es,0>.
50. _____. _____. 2015. Anuario estadístico agropecuario 2015. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2015,O,es,0>.
51. _____. _____. 2016. Arrendamientos año 2015; serie precios de la tierra de uso agropecuario. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-precio-dela-tierra,O,es,0>.
52. _____. OPYPA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Oficina de Planificación y Políticas Agropecuarias. UY). 2007. Anuario OPYPA 2007. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,opypa,opypa-anuario-2007,O,es,0>.
53. _____. _____. 2015. Anuario 2015. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,opypa,opypa-anuario-2014-858,O,es,0>.
55. Mondelli, M.; Silva, M.; Arbeletche, P.; Pelocche, D. 2015. Differences in conservation practices among farming organizational models; evidence from grain crops production in Uruguay. (en línea). In: Research Workshop on Institutions and Organizations (10th., 2015, Río de Janeiro, BR). Proceedings. Río de Janeiro, RWIO. Center for Organization Studies. s.p. Consultado oct. 2016. Disponible en <http://cors.usp.br/rwio/10rwio/23.pdf>

55. Morón, A. 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. *In*. Díaz Rosselló, R. coord. Siembra directa en el cono Sur. Montevideo, UY, PROCISUR. pp. 387- 405.
56. Ocampo, H. 2016. La zafra de soja culminó con caída del 30% en la producción. (en línea). El Observador, Montevideo, UY, ago. 16: s.p. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://www.elobservador.com.uy/la-zafra-soja-culmino-caida-30-la-produccion-n957330>
57. Oddone, G. 2015. Reflexiones. El Observador. Suplemento Agropecuario. Montevideo, UY, feb. 24: 6-11.
58. PLANAGRO (Instituto del Plan Agropecuario, UY). 2016. Calculadora de cargas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jun. 2016. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/>
59. Renard, K.; Foster, G.; Weesies, G.; Porter, J. 1991. RUSLE Revised universal soil loss equation. (en línea). Journal of Soil and Water Conservation. 46 (1): 30-33. Consultado jun. 2016. Disponible en <http://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/pdffiles/775.pdf>
60. _____.; _____.; _____.; McCool, D.; Yonder, D. 1997. Predicting soil erosion by water; a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). (en línea). Washington, D. C., USGPO. 367 p. (USDA. Agriculture Handbook no. 703). Consultado may. 2016. Disponible en https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/64080530/RUSLE/AH_703.pdf
61. Rodríguez, N. 2011. Agricultura de secano. *In*: Vasallo, M. ed. Dinámica y competencia intrasectorial en el agro; Uruguay 2000-2010. Montevideo, UY, UdelaR. FA.CSIC. pp. 73-88.
62. Sganga, J.; Cayssials, R.; Victora, C. 2005. Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía. Montevideo, UY, MVOTMA. DINARA. s.p.
63. Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Producción de carne a pasto. Asignación de forraje, respuesta animal y utilización de forraje. (en línea). *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10^a. 2008, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 20- 23. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://www.upic.com.uy/pdf/upic-2008.pdf>

64. Souto, G. 2007. Los rasgos de la agricultura de secano en Uruguay. El camino recorrido hasta el actual auge de la actividad; sus posibilidades futuras. Anuario OPYPA 2007: 130-140.
65. Troeh, F.; Hobbs, J.; Donalue, R. 1980. Soil and water conservation for productivity and environmental protection. New York, USA, Prentice-Hall. 718 p.
66. URF (Unión Rural de Flores, UY). 2016. Costo de cultivos 2015. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2016. Disponible en <http://www.urf.com.uy/spip.php?article289>
67. Vasallo, M. 2011a. Conclusiones e interpretación. In: Vasallo, M. ed. Dinámica y competencia intrasectorial en el agro; Uruguay 2000-2010. Montevideo, UY, UdelaR. FA. CSIC. pp.147-169.
68. _____. 2011b. Objetivos, hipótesis y marco teórico. In: Vasallo, M. ed. Dinámica y competencia intrasectorial en el agro; Uruguay 2000-2010. Montevideo, UY, UdelaR. FA. CSIC. pp. 1-16.
69. Wischmeier, W.; Smith, D. 1960. A universal soil loss equation to guide conservation farm planning. In: International Congress of Soil Science (71st., 1960, USA). Proceedings. Madison, WI, s.e. pp. 418-425.

9. ANEXOS

Rotación 1

Se evaluaron todas las unidades de suelos con su factor K correspondiente, factor R generalium, con el factor LS calculado por el programa, pero se prefijó el largo de pendiente y en una planilla Excel se estableció para el rango 0 a 20%, el factor C se precalculó anteriormente. Los resultados obtenidos son los siguientes.

Para facilitar la interpretación de los cuadros que siguen se explicará la composición de los mismos.

En la primera columna se muestra la unidad de suelo, seguida por la clasificación edafológica taxonómica del mismo, y en algunos casos se muestran también momentos del año en los que fueron medidos, ejemplo: otoño e invierno o primavera y verano. No está incluido el valor K de cada unidad de suelo debido a la imposibilidad de compaginar tanta información. Las columnas que suceden a la primera hacen referencia a la pérdida de suelo estimada anualmente y en las primeras filas se encuentra validada la pendiente asociada a esa pérdida de suelo de la unidad correspondiente.

Se utilizó el formato condicional de Excel, herramienta que permite agregar más información no representada numéricamente. Esta herramienta remarca celdas que cumplen condiciones específicas, en este caso la tolerancia a pérdida de suelo, que varía dependiendo de la unidad, dentro de un rango de 2 – 12 Mg/ha/ año.

Con este método es posible, manteniendo constante ciertos valores como el largo de pendiente y la erosividad de la lluvia, generar una plantilla que permita observar simultáneamente el comportamiento de todas las unidades de suelos y suelos del país, bajo diferentes rotaciones o cultivos y asociados a diferentes pendientes. Las tablas están adjuntadas al trabajo en un archivo formato excel.