Simposio Fertilidad 2011

La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción

Rosario de Santa Fe, 18 y 19 de mayo de 2011

¿Cómo vemos los sistemas de producción actuales?
¿Cuál es el rol actual y futuro de la nutrición?

1. El suelo y los modelos productivos
Una aproximación a la problemática agrícola de la Región Pampeana Norte

Ing. Agr. Fernando Martínez
vascomartinez@correo.inta.gov.ar
INTA Casilda

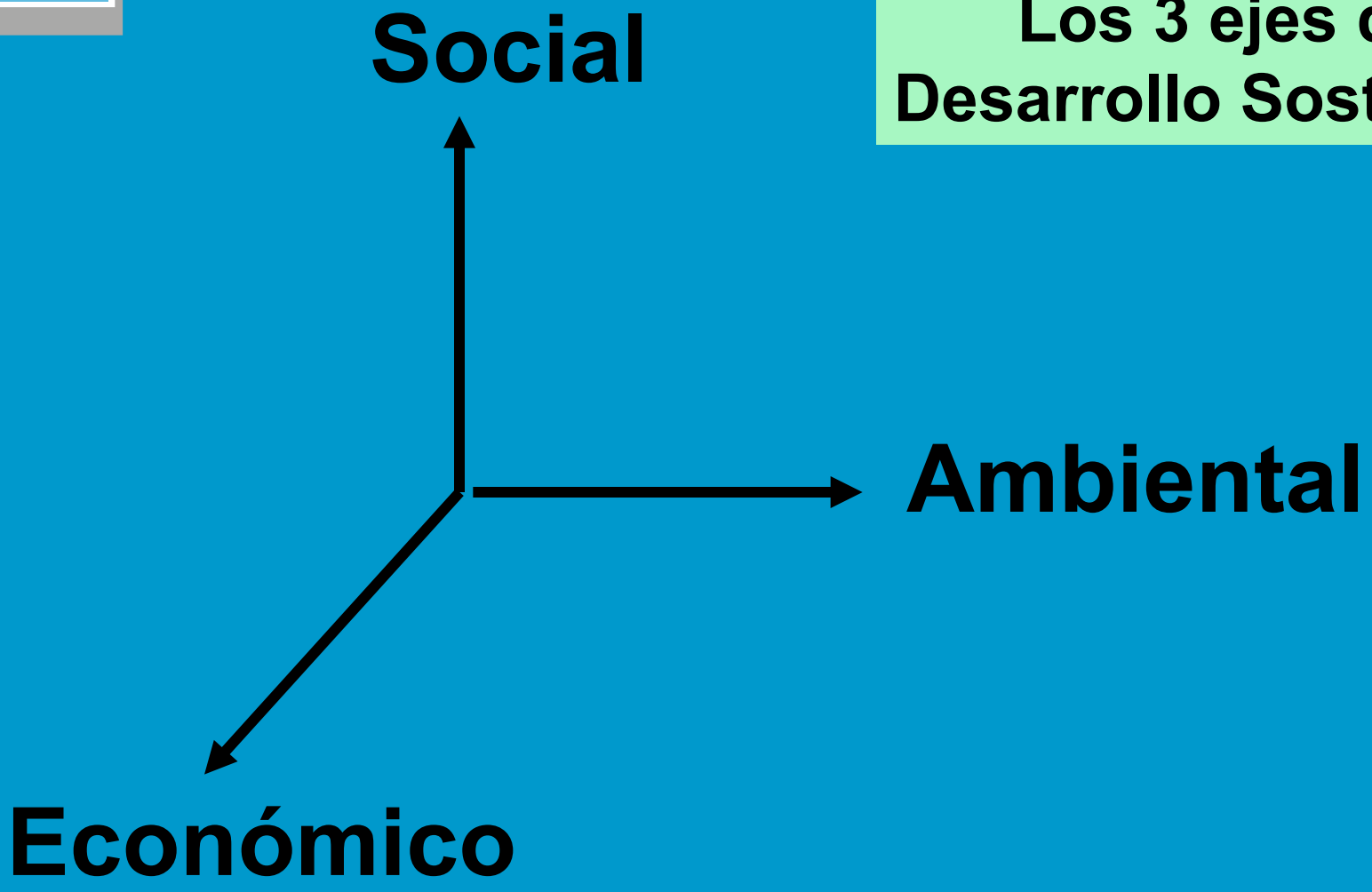
1. Conceptuales

La “Agricultura Sostenible”

y el

DESARROLLO SOSTENIBLE

Los 3 ejes del Desarrollo Sostenible



La visión del INTA

Objetivos institucionales:

Competitividad Económica

Equidad Social

Salud Ambiental

La visión del INTA Casilda

Objetivos locales:

Eficiencia productiva

Equidad social

Equilibrio ambiental

(La búsqueda de la virtuosa Triple E)

El sistema

Componentes:

Recursos naturales (RRNN)

Insumos

Equipos

Prácticas (Técnicas o Procesos)

Recursos humanos (RRHH)

Productos

Modelos Productivos (MP) e Indicadores

Un Modelo Productivo (MP)

es una forma de combinar los componentes de un sistema productivo.
A esa forma o procedimiento también se lo conoce como Itinerario Técnico

Un MP puede ser practicado en exclusividad,

puede ser practicado por unos pocos

o ser muy popular y practicado por una amplia mayoría de las Unidades de Producción

Modelos Productivos

Pueden caracterizarse considerando diversos aspectos: régimen de uso de la tierra, tamaño, producto/s, etc.

Elegimos caracterizarlos por la **"intensidad"** con que se utilizan los recursos y por el nivel de aplicación de insumos **(inputs).**

Utilizamos **Indicadores** para medir esa intensidad

Indicadores

Indicadores

1º. Sociales

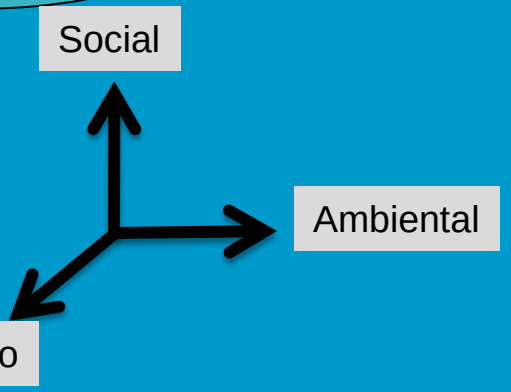
Horas hombre/ha.año
Horas hombre/tonelada
Relación Distribución fK/fW
% NBI Locales
% bajo Línea Pobreza
% bajo Línea Indigencia
% Población Línea Dignidad
Brecha Ingreso Altos/bajos
??

2°. Ambientales

Radiación captada/radiación incidente
Balance Nutrientes (NPS)
Balance Carbono edáfico
Huella Carbono/tonelada
Volumen Contaminantes/ha.año
Volumen contaminantes/tonelada
E producida/ E consumida
??

3°. Productivos

IB/ha.año
MB/ha.año
Rentabilidad s/ K invertido
kg grano/ha.año
kg PB/ha.año
kg grano/mm lluvia
kg PB/mm lluvia
kg etanol equiv/ha.año
kg etanol equiv/mm lluvia
??



Indicadores Productivos

Económico-financieros

- IB/ha.año
- MB/ha.año
- Rentabilidad
  s/ Capital invertido

Físicos

- kg de grano/ha.año
- kg de proteína/ha.año
- kg grano/mm de lluvia anual
- kg proteína/mm de lluvia anual
- kg de etanol equivalente/ha.año
- kg etanol equiv./mm de lluvia

Indicadores Seleccionados

Físicos

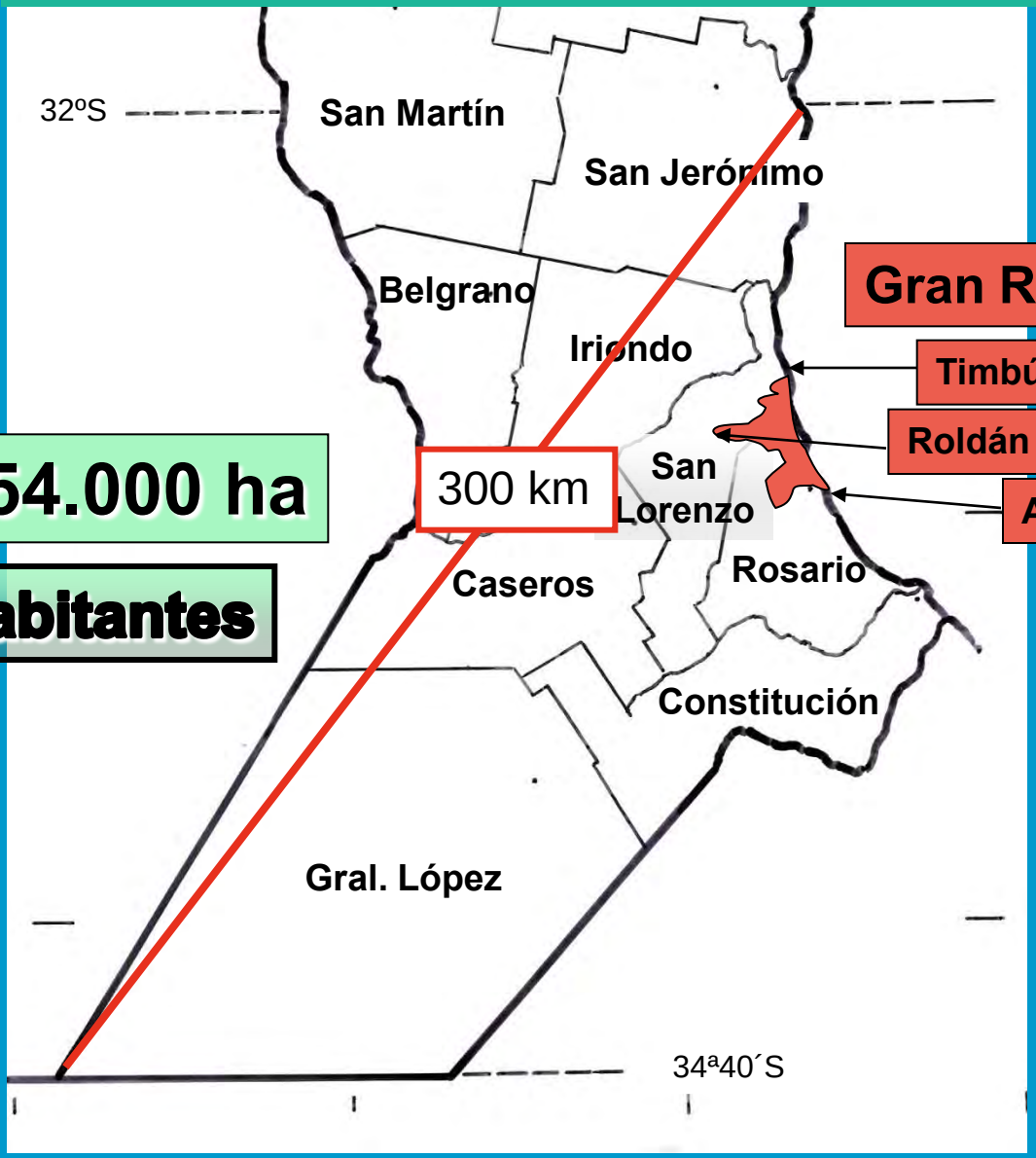
- kg de grano por ha.año
- kg de grano por mm de lluvia anual

Ambientales

- Balance Anual de Nitrógeno (N), de Fósforo (P) y de Azufre (S) en kg por ha
- Balance de Carbono del suelo en kg por ha
- Intensidad de ocupación del suelo en % de tiempo total considerado

2. Territorio

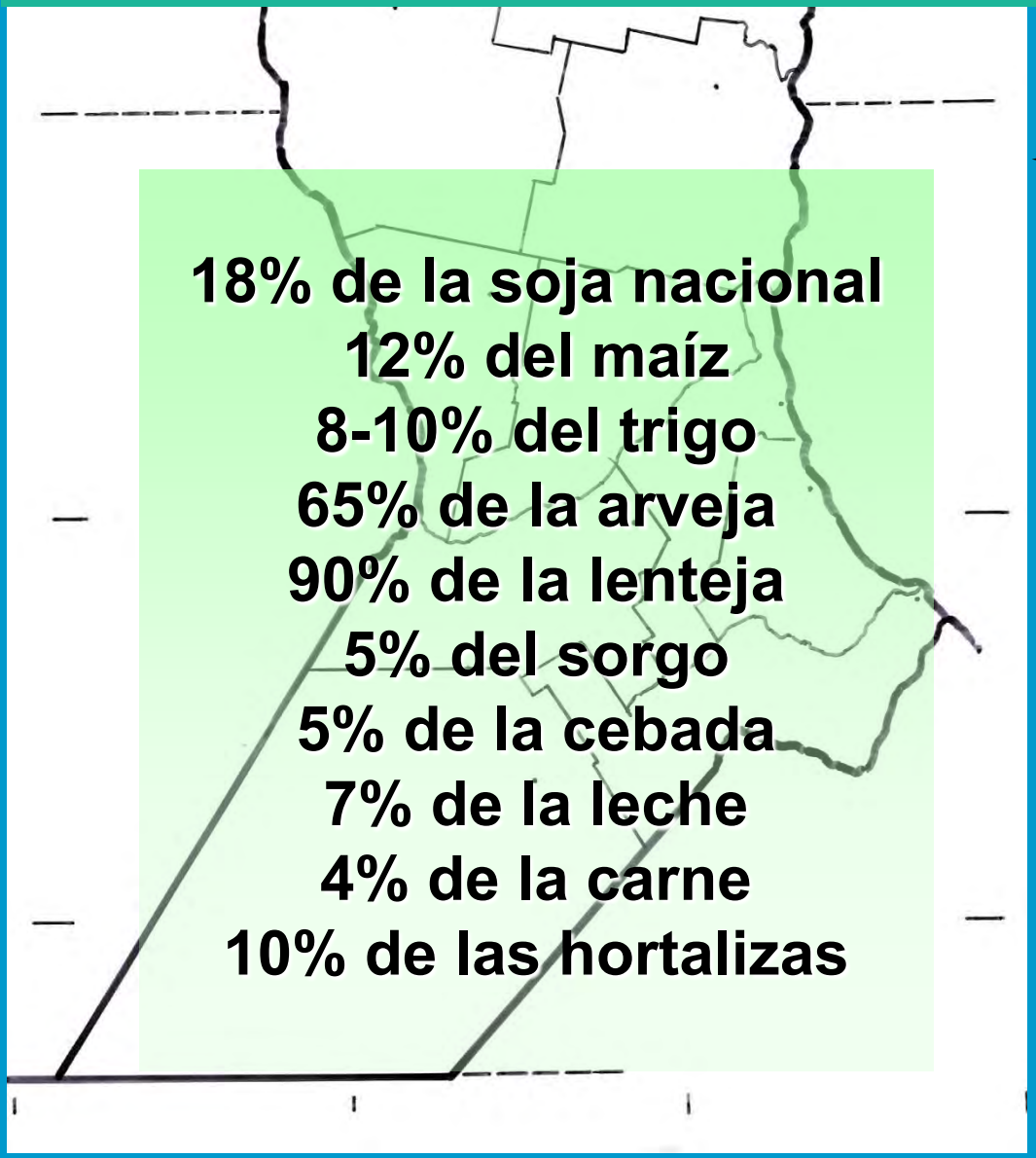
Sur de Santa Fe



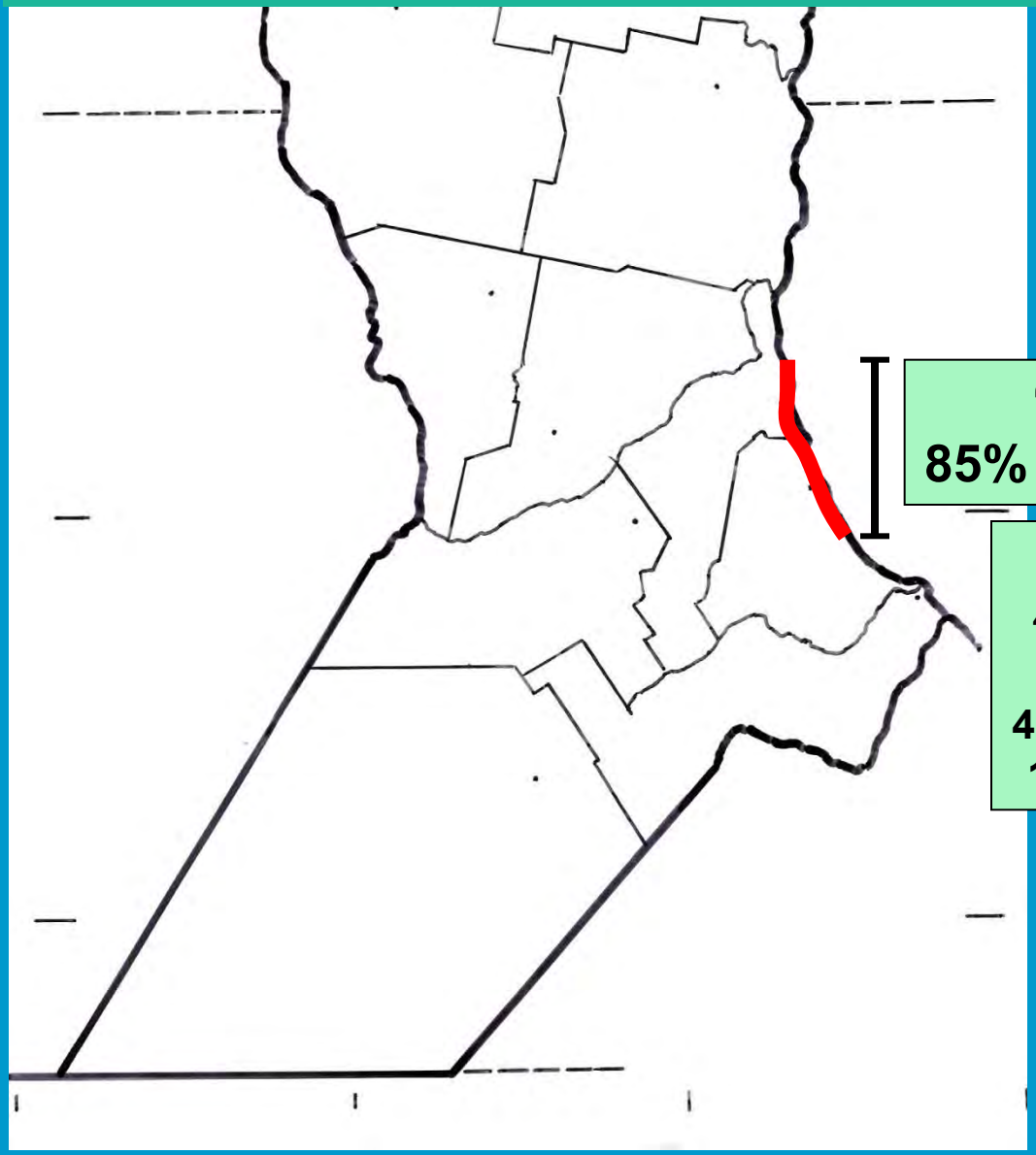
3.254.000 ha

2.250.000 habitantes

Sur de Santa Fe



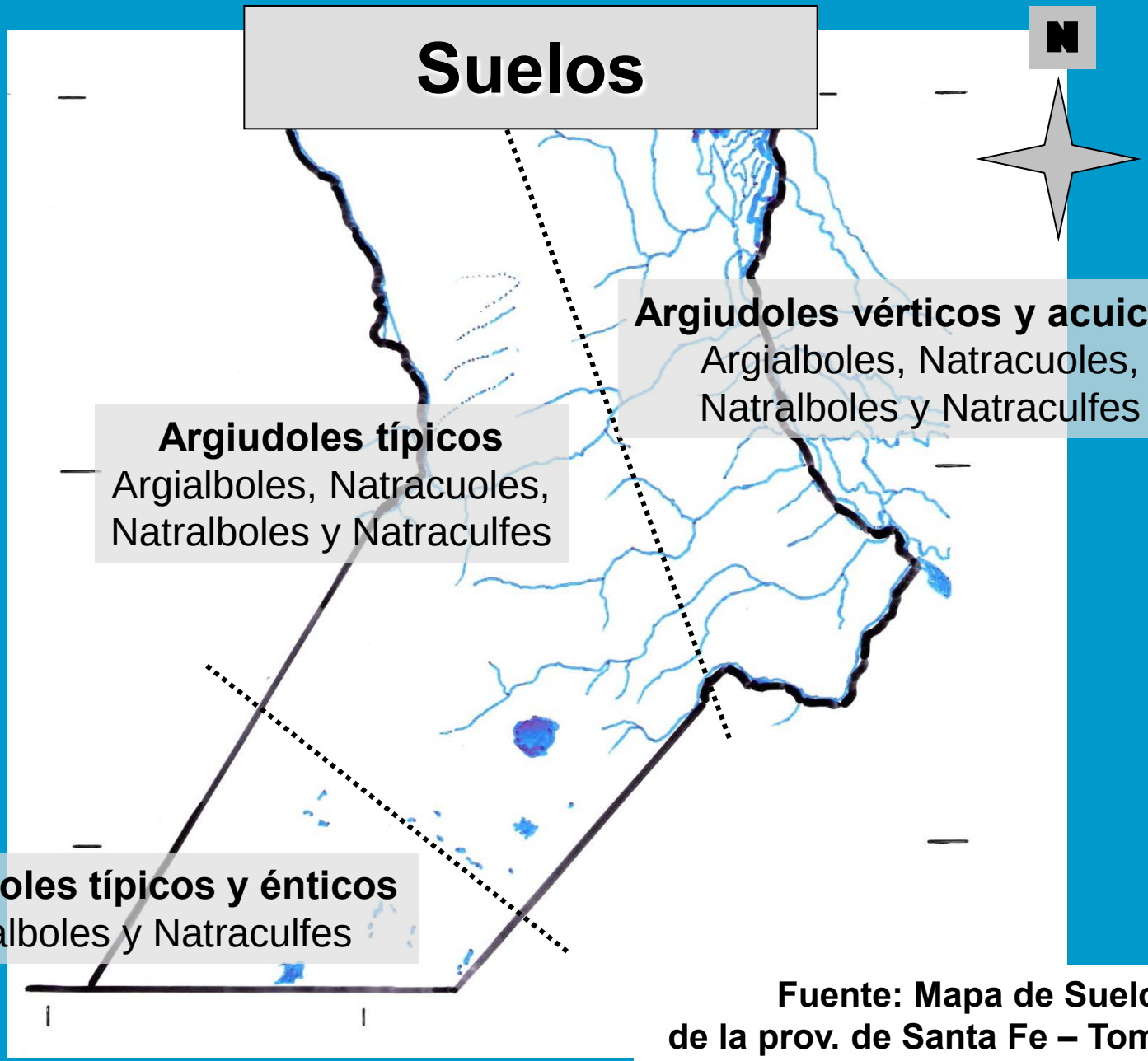
Sur de Santa Fe



“Up river”
85% molienda soja

125.000 t diarias
42.000.000 t año
-
4.200 camiones/ día
1.100 buques/ año

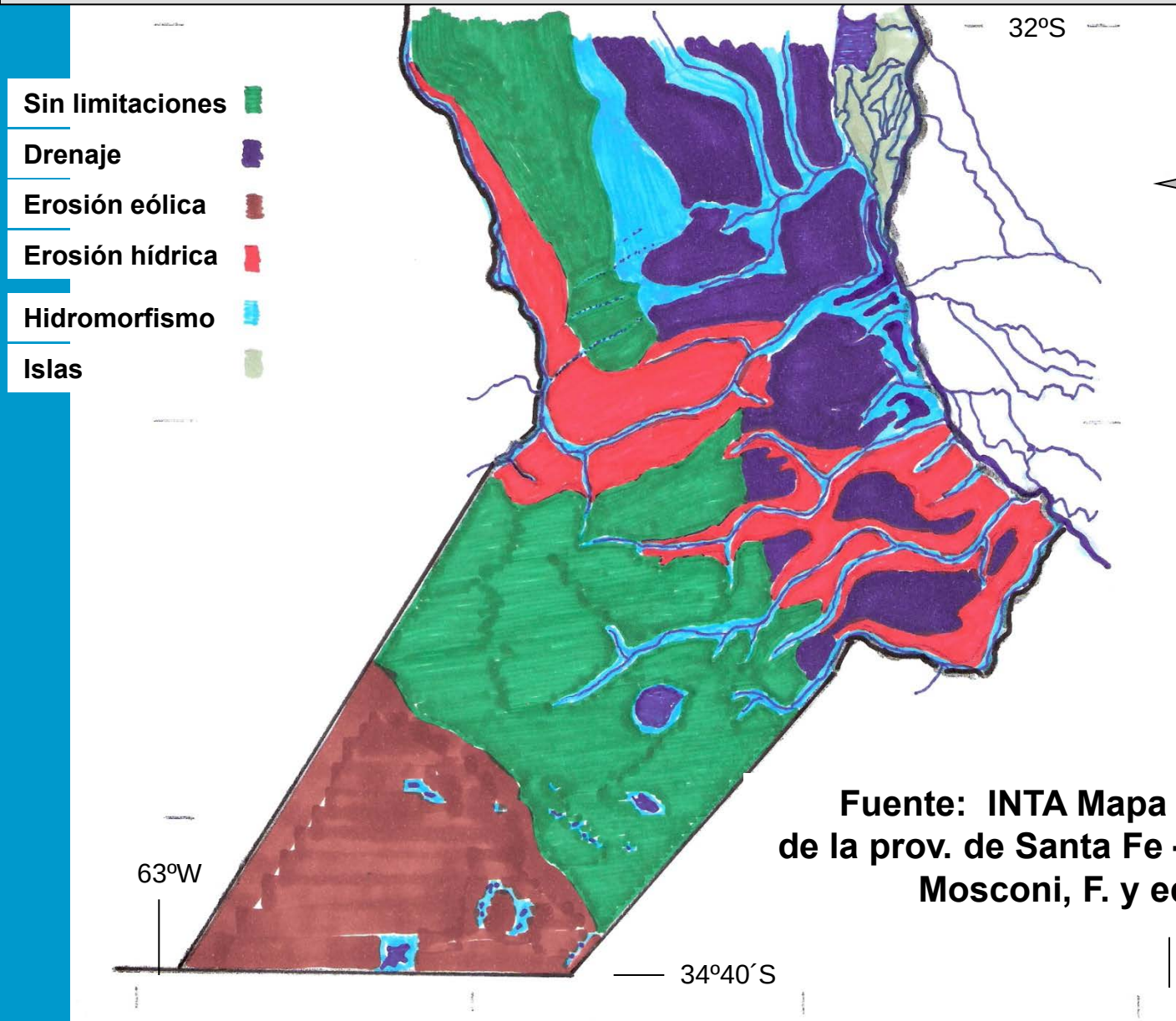
Suelos



Fuente: Mapa de Suelos
de la prov. de Santa Fe – Tomo I 1981
Mosconi, F. y equipo

El recurso “AGUA”

MAPA DE SUELOS por Capacidad de Uso



Fuente: INTA Mapa de Suelos de la prov. de Santa Fe – Tomo I 1981 Mosconi, F. y equipo

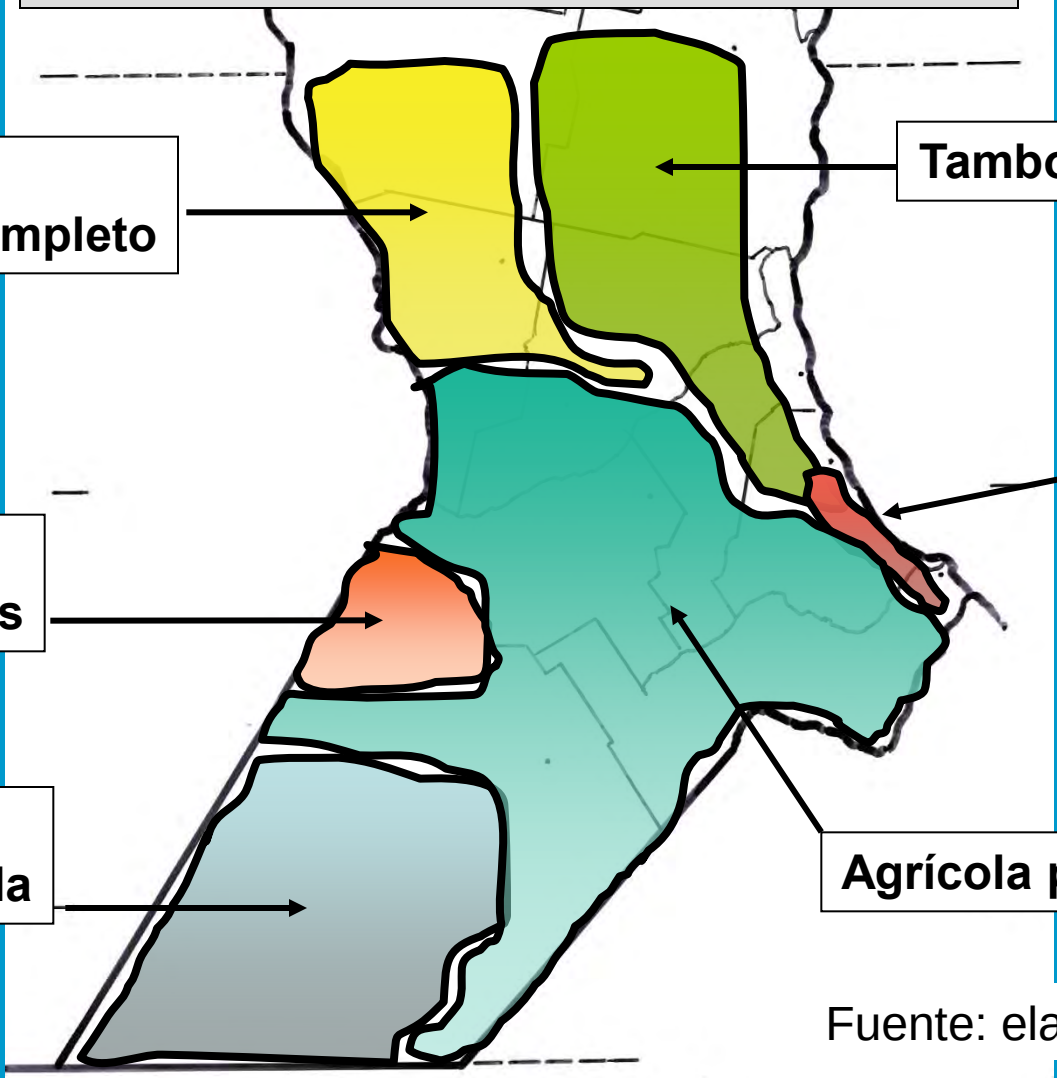
Sur de Santa Fe

Caracterización
mediante Indicadores tradicionales

Modelos Productivos
mediante Indicador tradicional : producto/s

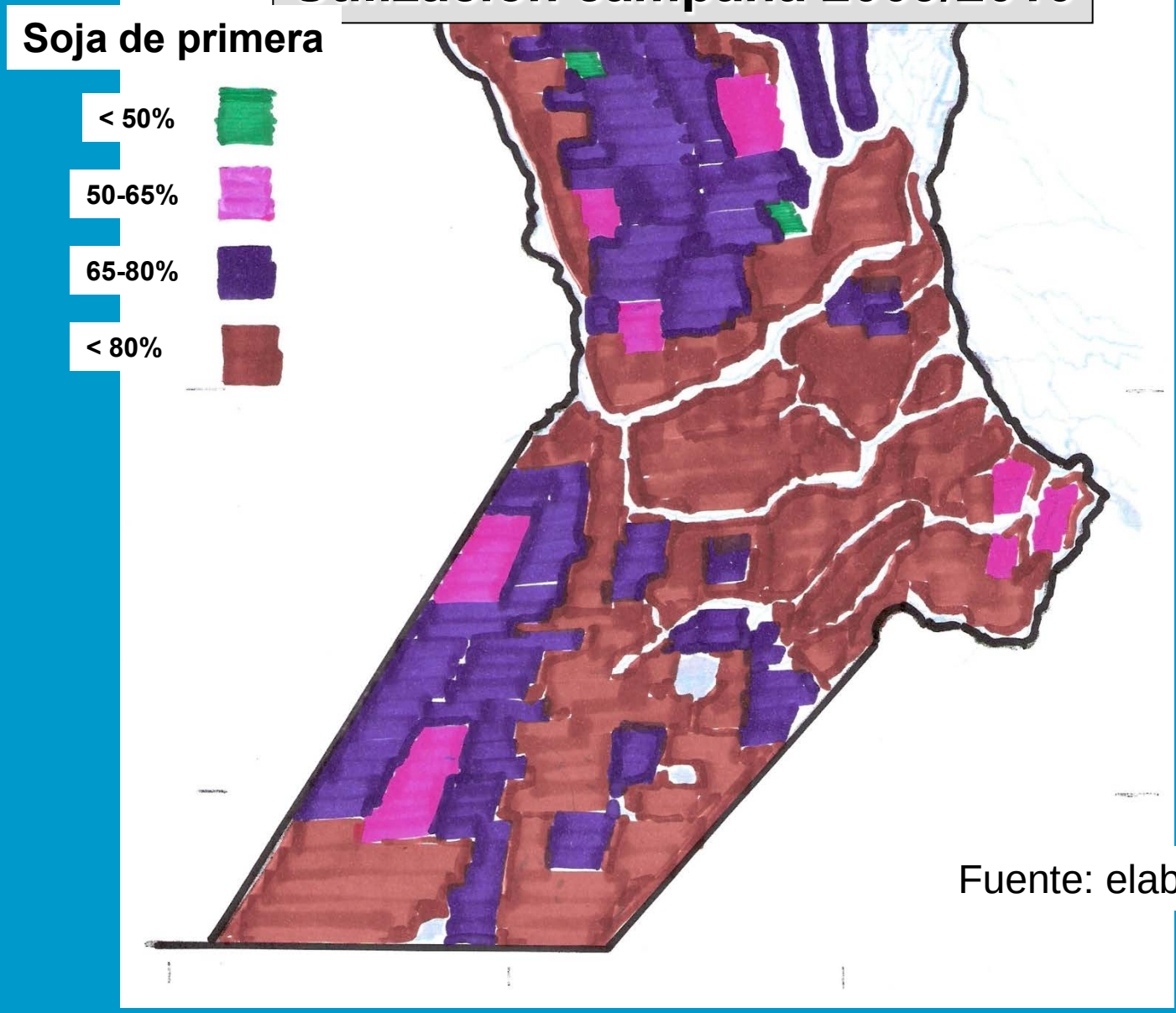
- Agrícola (granos)
- Mixto con invernada (granos + carne)
- Mixto con ciclo completo (granos+carne)
- Mixto con porcinos (granos + capón)
- Cría (ternero)
- Recría (novillito)
- Invernada (novillo + vaquillona)
- Tambo (leche)

Sur de Santa Fe
Modelos Productivos
1930 - 1980



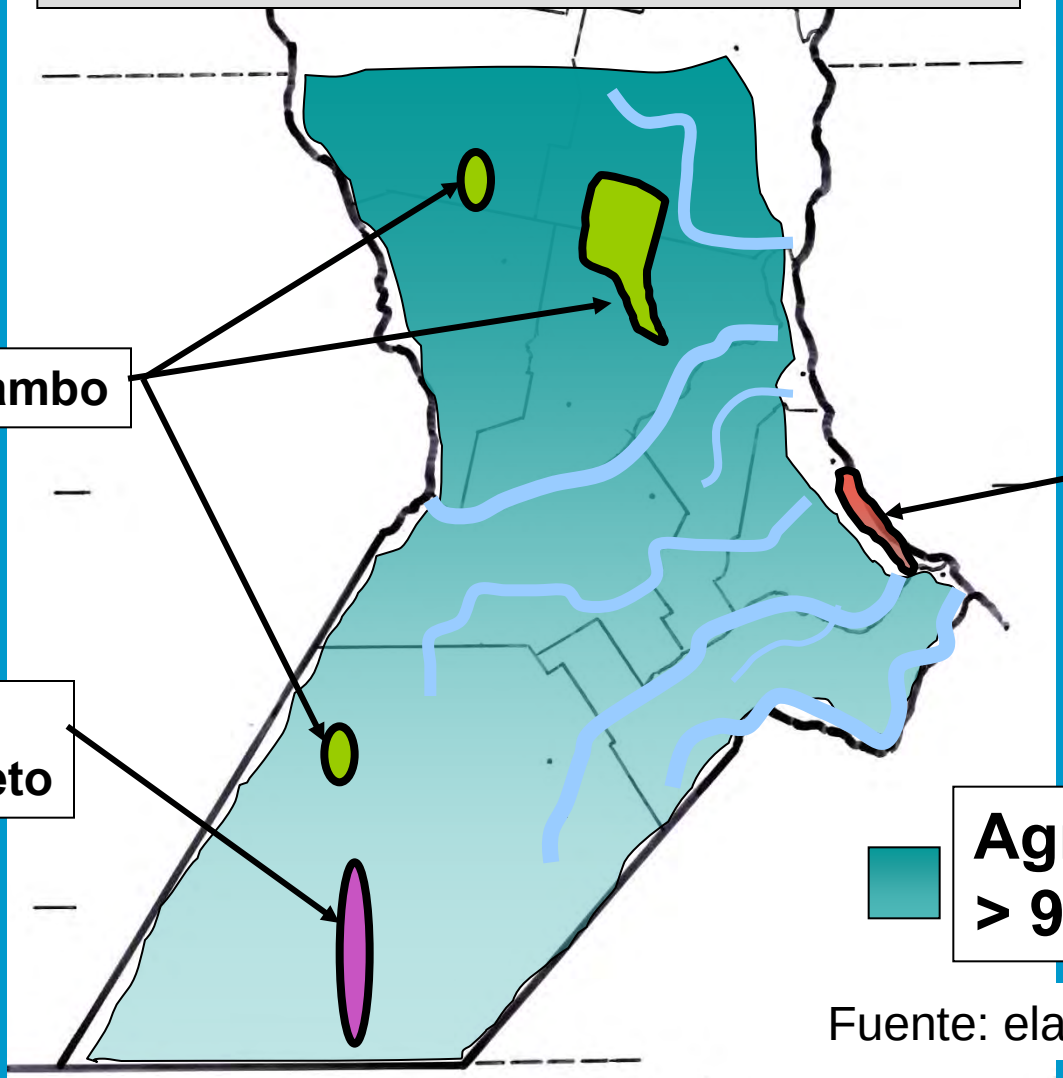
Fuente: elaboración propia

SUELOS
Utilización campaña 2009/2010



Fuente: elaboración propia

Sur de Santa Fe
Modelos Productivos
2000 - 2010



Fuente: elaboración propia

3. Análisis

Análisis 1

Distrito Arteaga

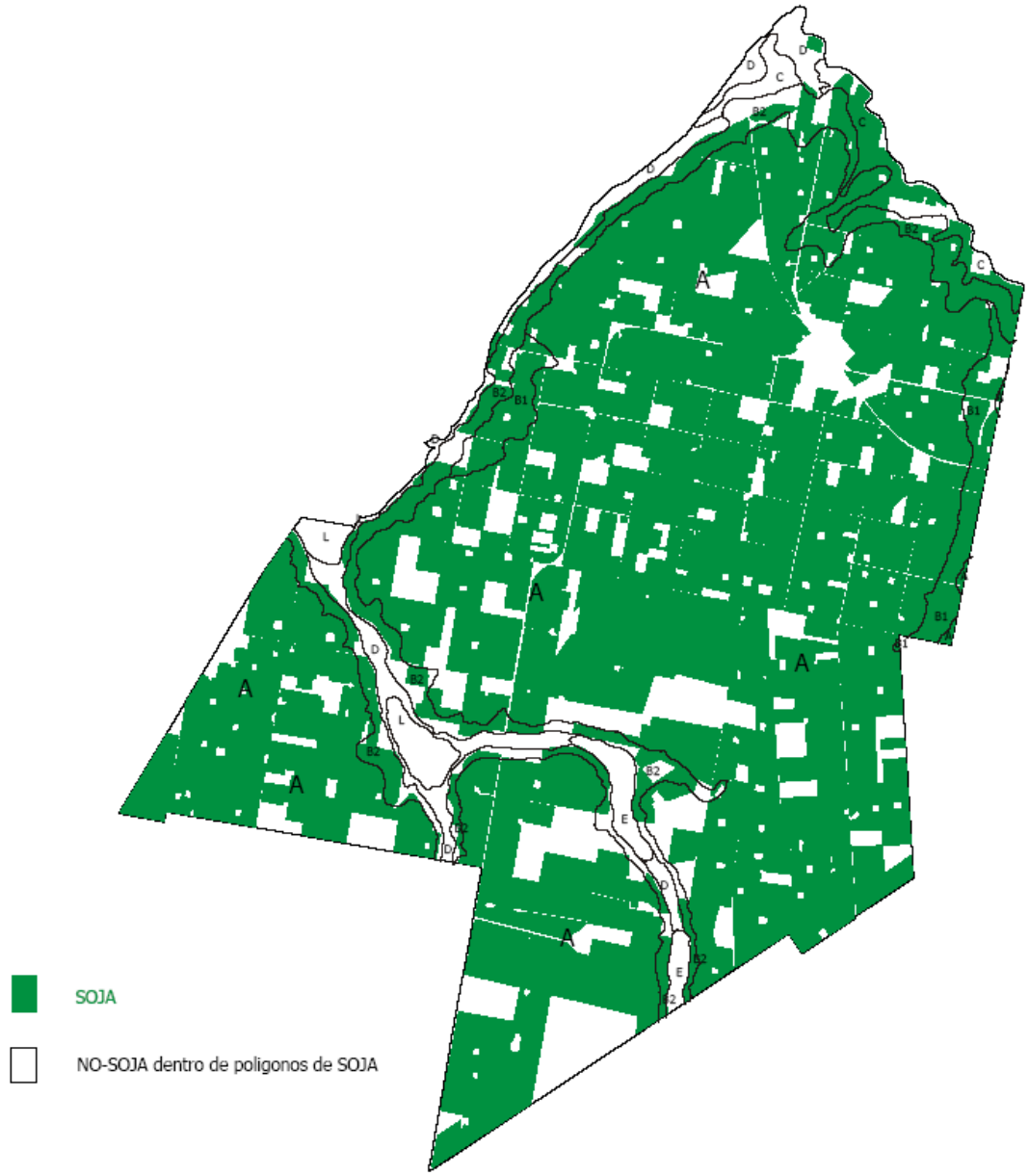
Departamento Caseros

Sur de SF

Departamento CASEROS - Distrito ARTEAGA
IMAGEN SATELITAL Y CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LAS TIERRAS
Imagen Satelital Landsat 5 TM F.C.C.
Bandas 4,5 y 3 - 10-02-2006

Departamento CASEROS - Distrito ARTEAGA
Mapa del cultivo SOJA - campaña 2005-2006

N



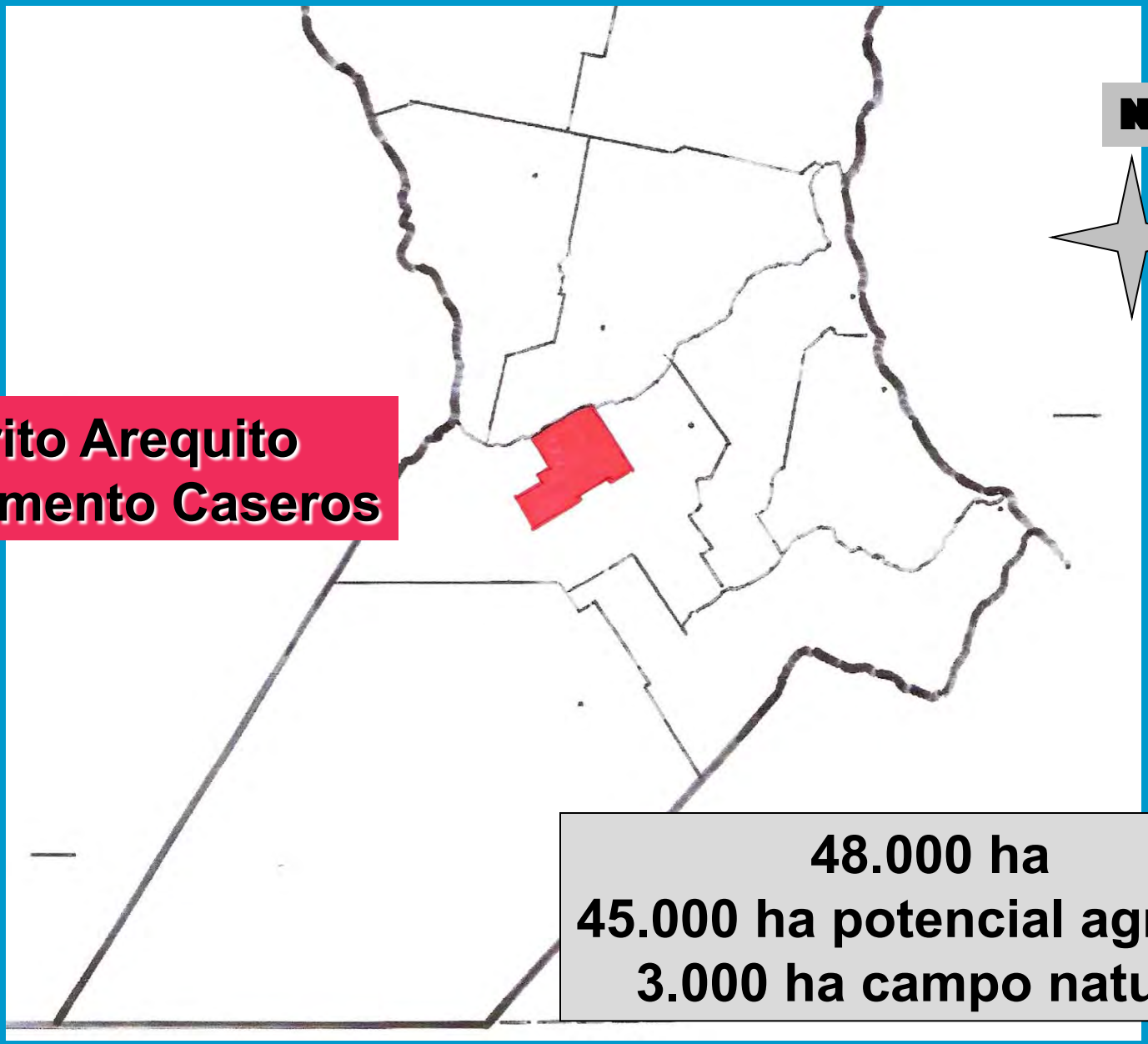
Análisis 2

Distrito Arequito

Departamento Caseros

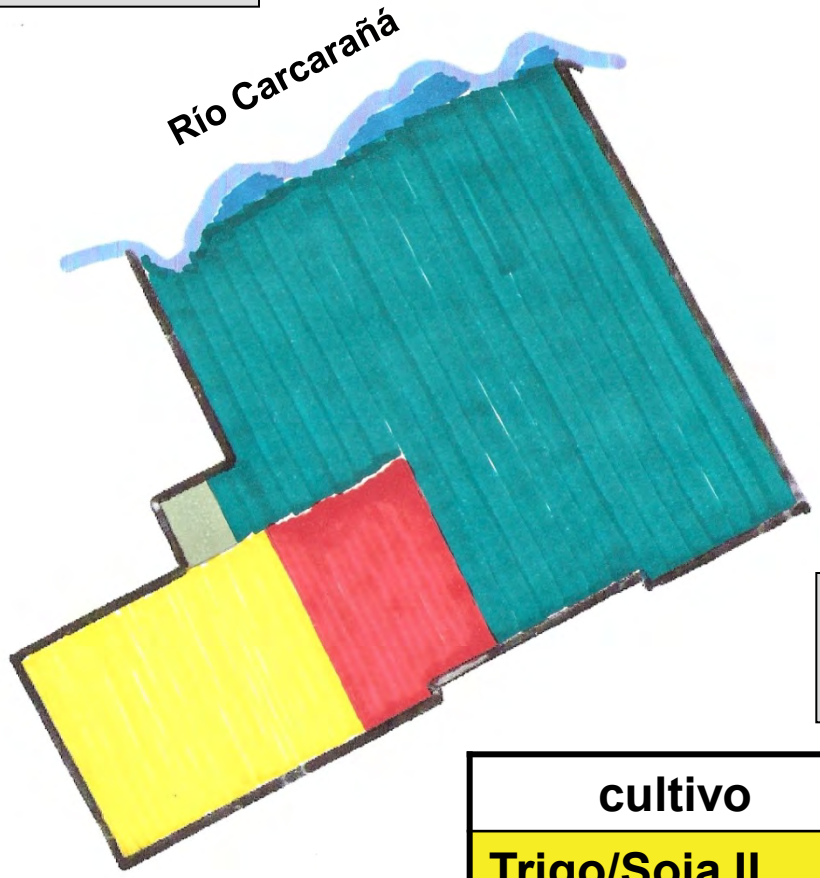
Sur de SF

Distrito Arequito
Departamento Caseros



48.000 ha
45.000 ha potencial agrícola
3.000 ha campo natural

Distrito Arequito
Departamento Caseros

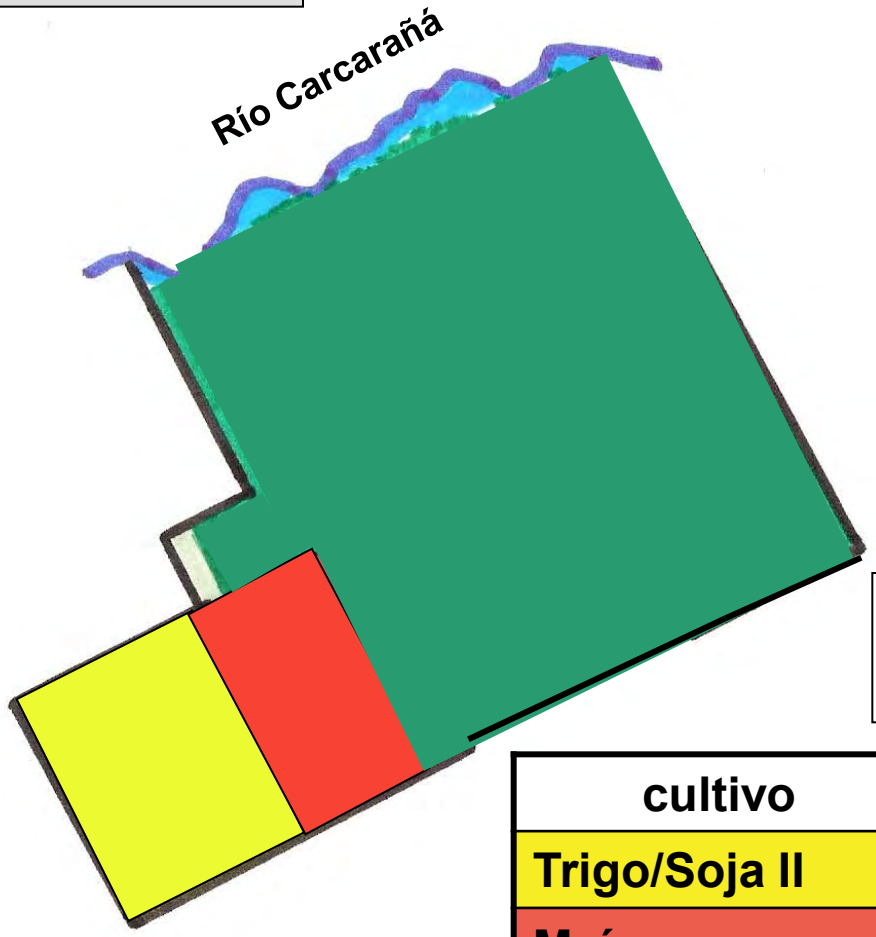


Área por cultivo 1997/98 a 2006/07

cultivo	ha	%
Trigo/Soja II	9000	20
Maíz	5000	11
Soja I	33750	75
PP-αα	1800	4

Fuente: elaboración propia
sobre Encuestas Comuna de Arequito

Distrito Arequito
Departamento Caseros



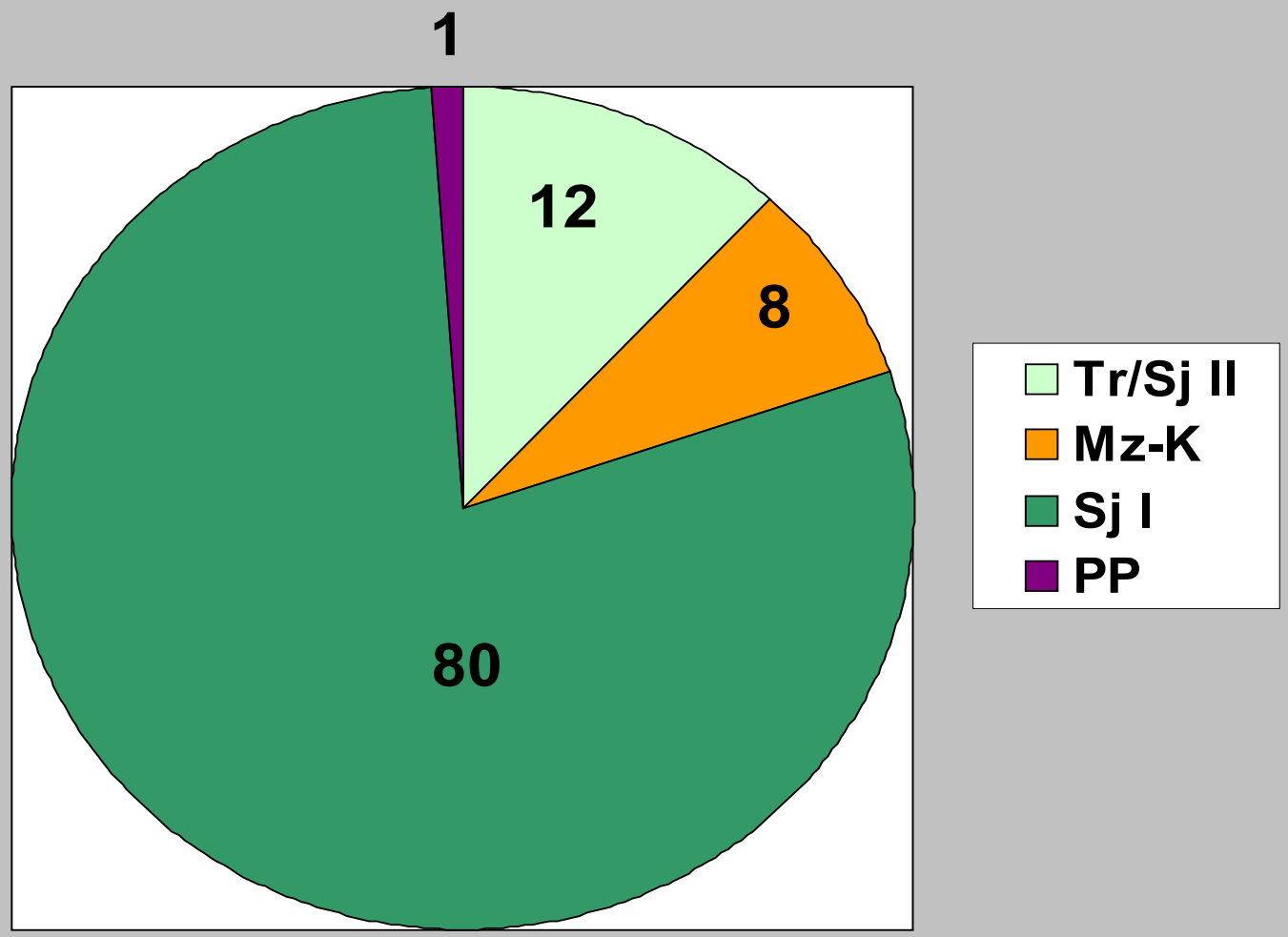
Área por cultivo 2010/11

cultivo	ha	%
Trigo/Soja II	5300	12
Maíz	3600	8
Soja I	35600	80
PP-αα	500	1,1

Fuente: elaboración propia
sobre Encuestas Comuna de Arequito

Distrito Arequito
Departamento Caseros

% de Área por cultivo 2010/11



Análisis 3

Departamento Caseros
histórico
1970 - 2010

Departamento Caseros, SF

Balance de Carbono (C) por Modelo AMG para distintas secuencias en distintas campañas - Valores en kg/ha

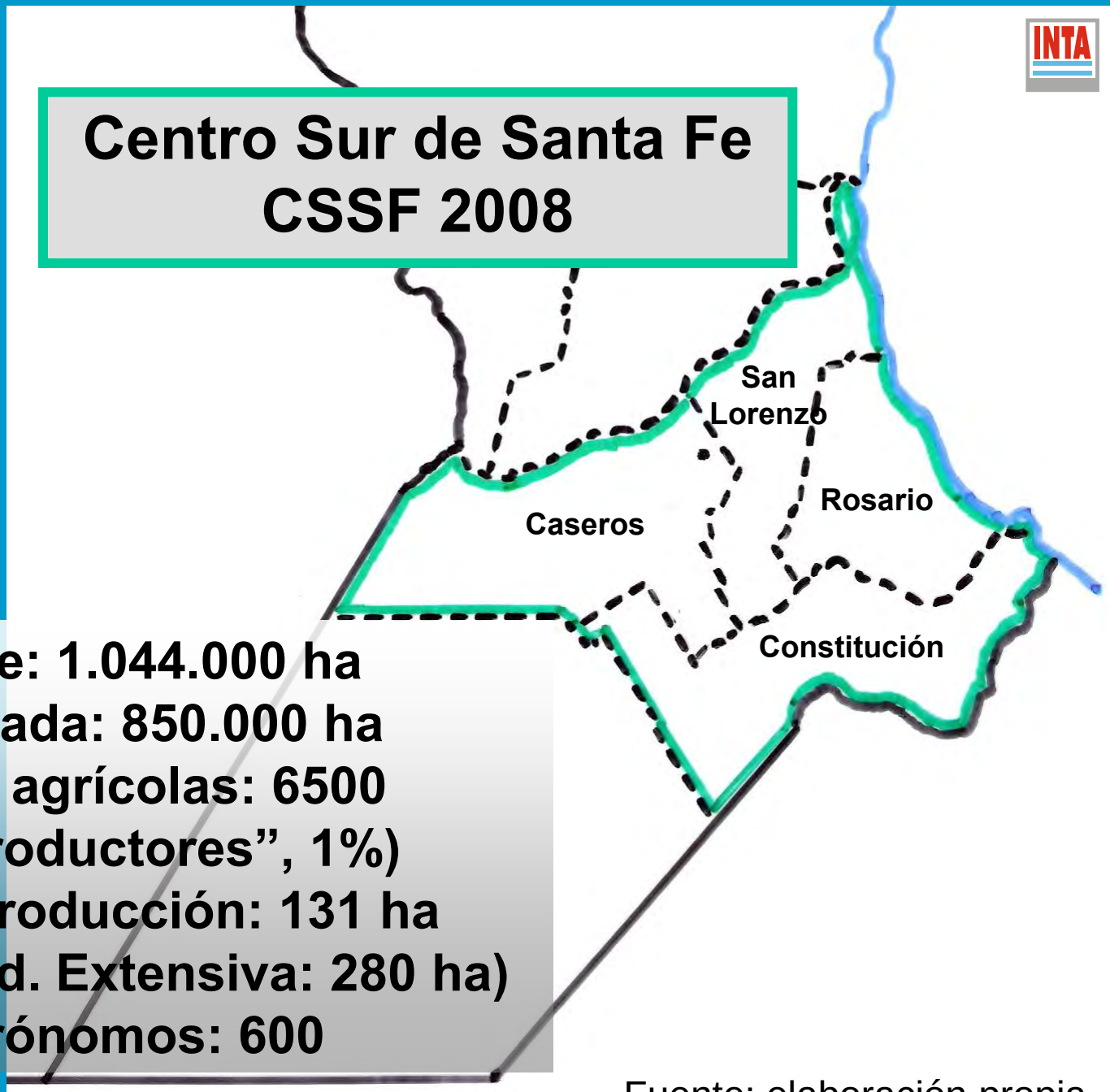
Campaña	Modelo Productivo	Aporte C de los rastrojos	Necesidad de C (Mod. AMG)	"Balance" C
1972/73	Agricultura continua Mz – Tr/G II – Mz – Tr/Sj II	2480	5600	- 3120
1982/83	Monocultivo Tr/Sj II	4360	5600	- 1240
1992/93	Soja en Secuencia Sj I – Tr/Sj II	3280	5600	- 2320
2002/03	Monocultivo Sj I	2220	4300	- 2080
2006/07	Secuencia 4 x 3	4500	4300	~ Neutro
2006/07	Secuencia 3 x 2	5000	4300	+ 500

Fuente: elaboración propia

Análisis 4

Centro Sur de SF

Centro Sur de Santa Fe
CSSF 2008

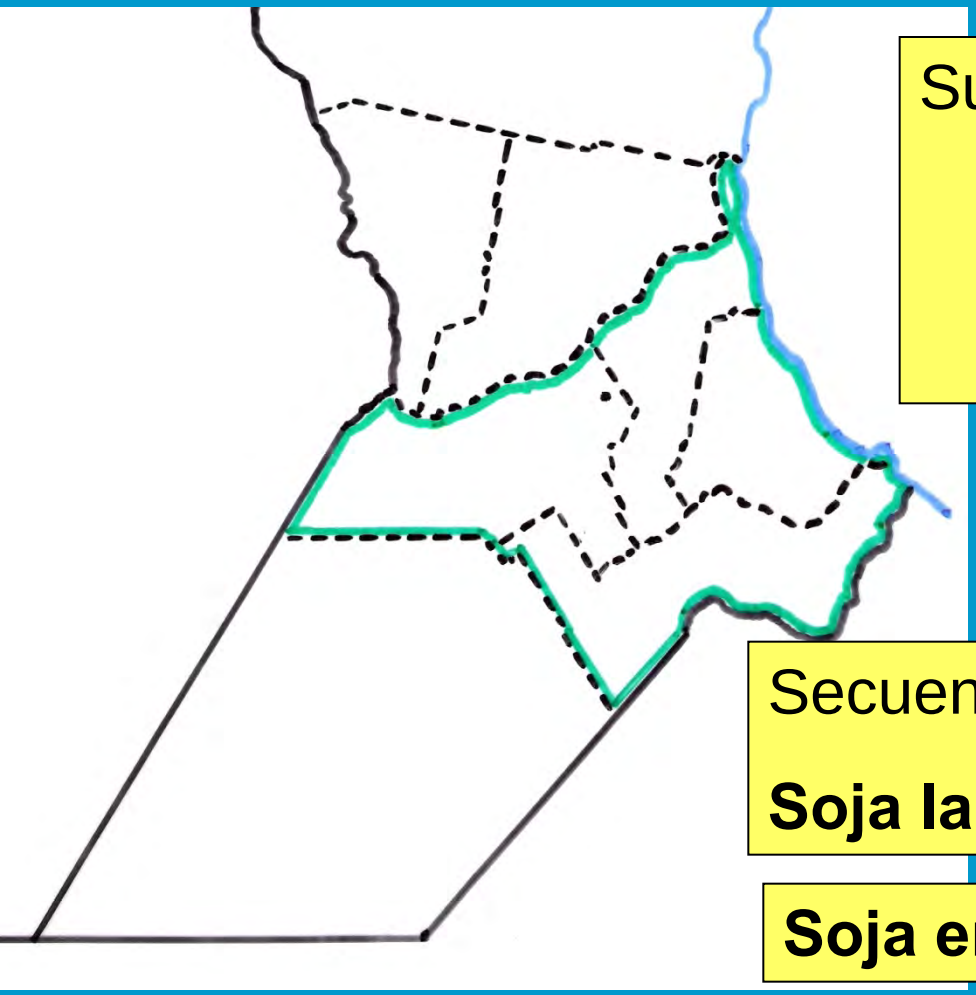


Superficie: 1.044.000 ha
Sup cultivada: 850.000 ha
Empresas agrícolas: 6500
(18.000 “productores”, 1%)
Unidad de Producción: 131 ha
(Unidad de Prod. Extensiva: 280 ha)
Ing. Agrónomos: 600

Fuente: elaboración propia

Centro Sur de Santa Fe

2001/02 a 2007/08



Superficie por cultivo:

Soja Ia.: 600.000 ha
Trigo/Soja: 90.000 ha
Maíz: 50.000 ha

Secuencia Media:

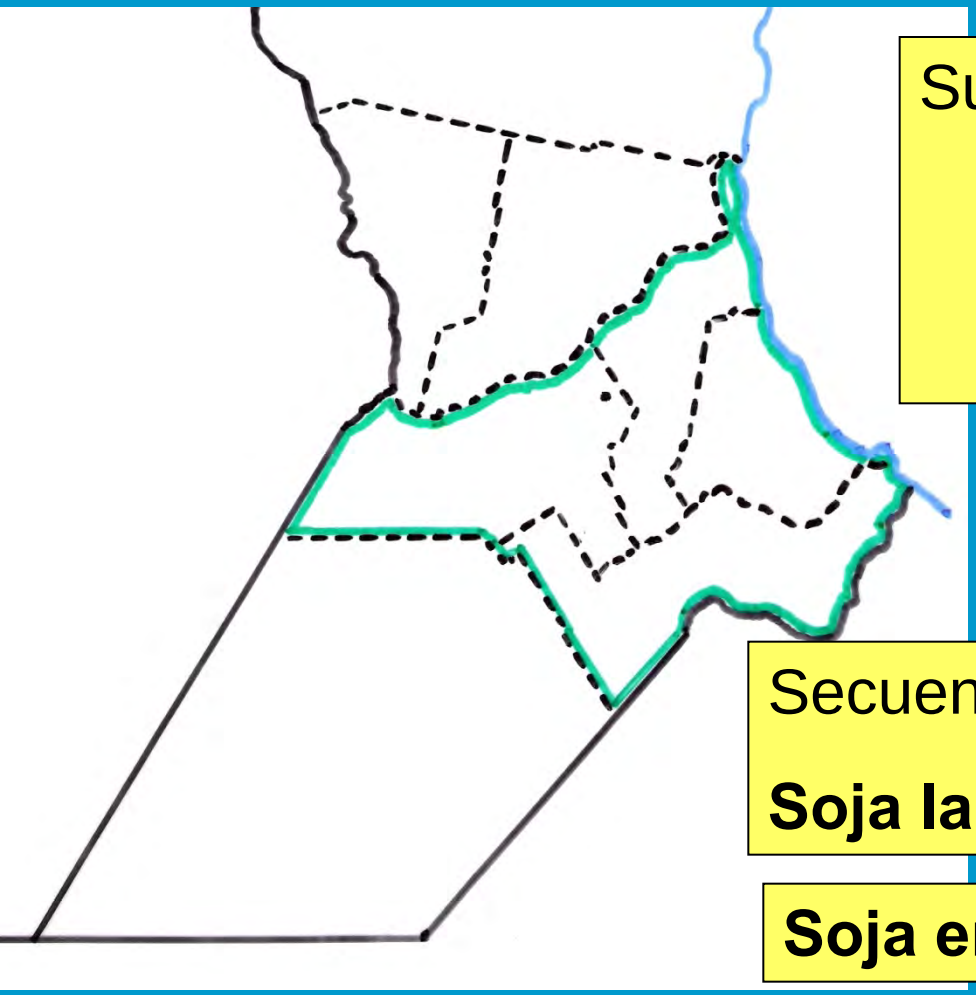
Soja Ia. 8 : Trigo/Soja 2 : Maíz : 1

Soja en monocultivo: 450.000 ha

Fuente: elaboración propia

Centro Sur de Santa Fe

2009/10



Superficie por cultivo:

Soja Ia.: 700.000 ha
Trigo/Soja: 50.000 ha
Maíz: 35.000 ha

Secuencia Media:

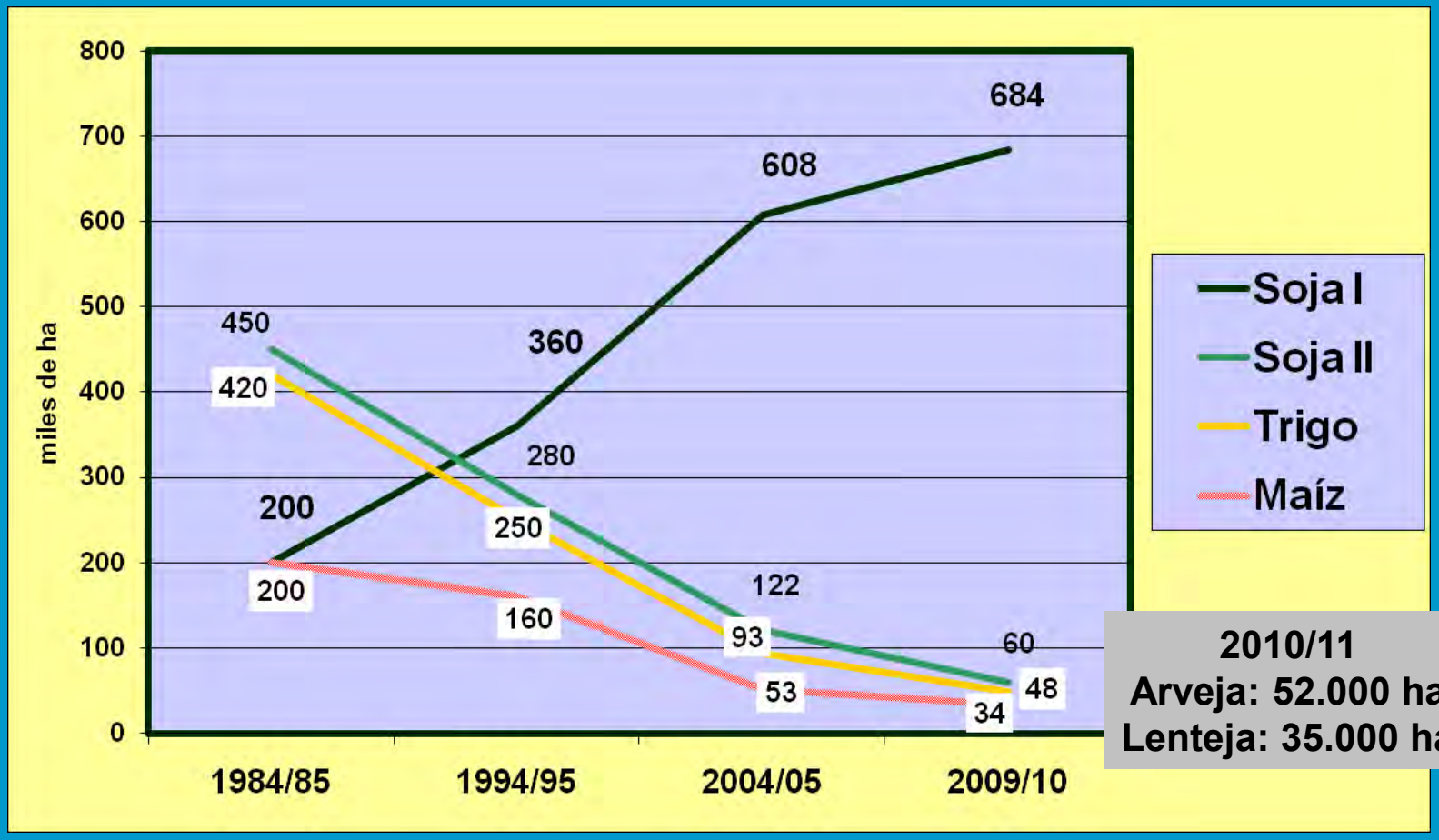
Soja Ia. 20 : Trigo/Soja 1,5 : Maíz :1

Soja en monocultivo: 600.000 ha

Fuente: elaboración propia

Centro Sur de Santa Fe

Evolución área de Siembra de los cultivos para granos. 1985, 1995, 2005 y 2009/2010



2010/11
Arveja: 52.000 ha
Lenteja: 35.000 ha

Fuente: MAG Delegación Casilda

Centro Sur de Santa Fe

Modelos Productivos identificados

- **Baja Intensidad**: Monocultivo sojero

  siembra solo soja de 1ª. año tras año
- **Media Intensidad**: basicamente soja de 1ª., muy poca siembra trigo/soja de 2ª. y circunstancialmente algo de maíz
- **Alta Intensidad**: se siembran gramíneas

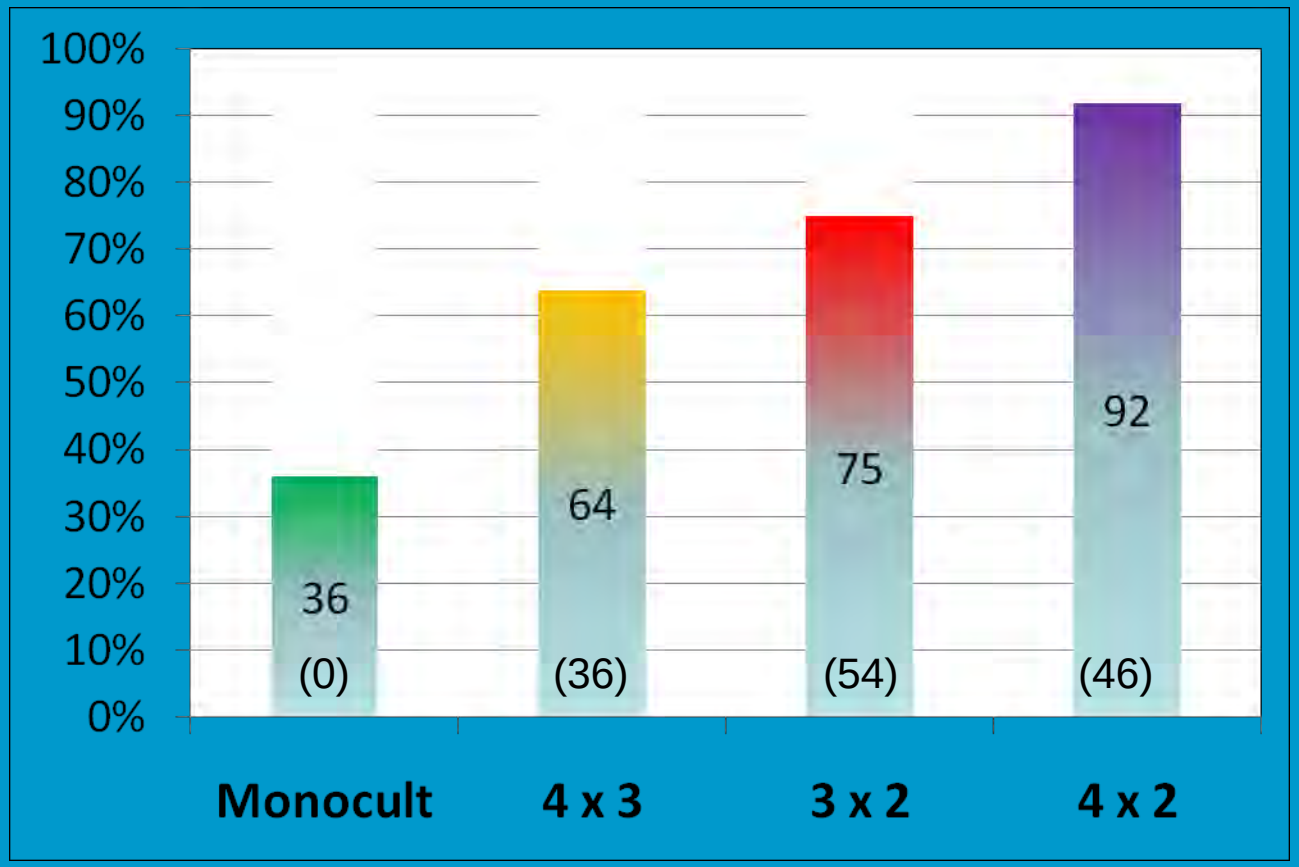
  en 7 o más años sobre 10

  Secuencia 4 x 3: 4 cultivos en 3 años

  Secuencia 3 x 2: 3 cultivos en 2 años

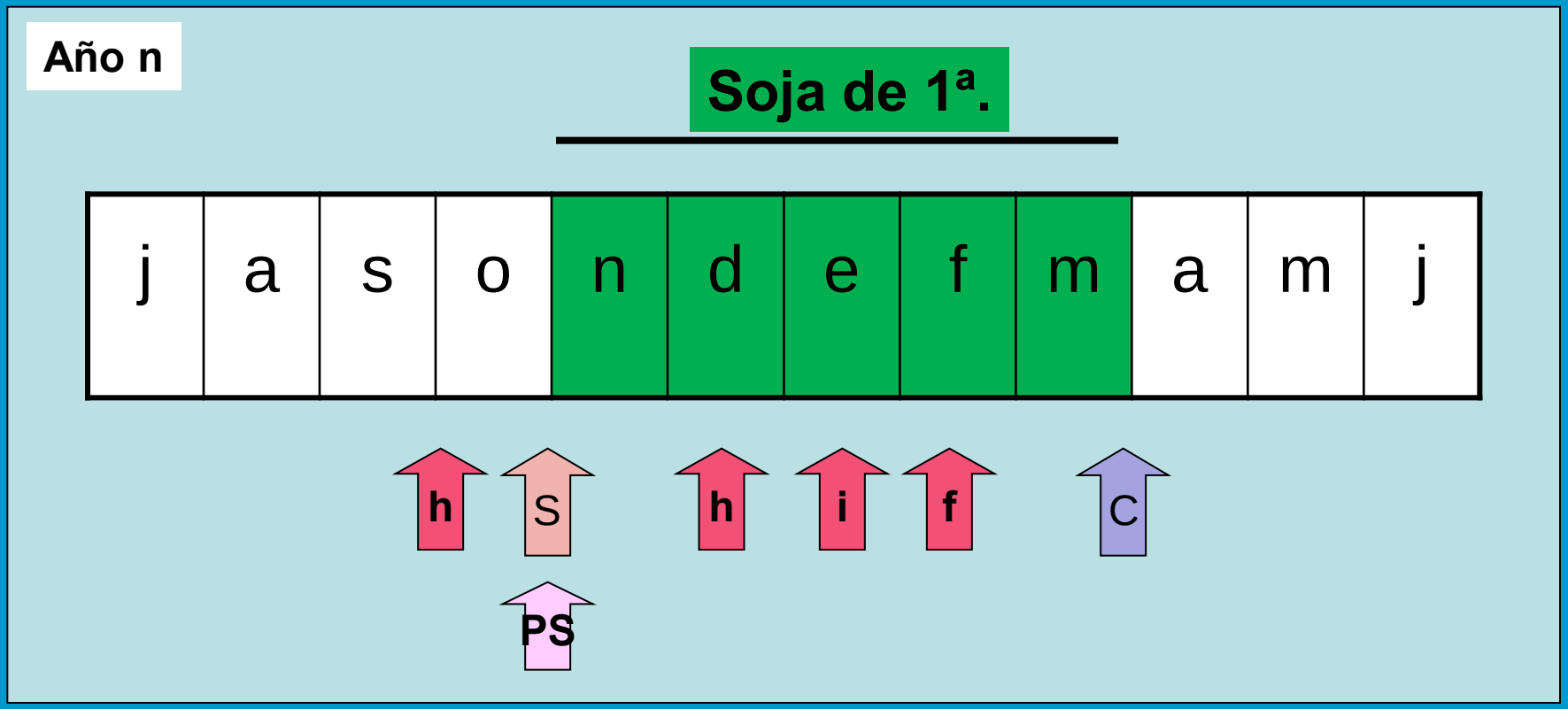
Ocupación del suelo

Según MP

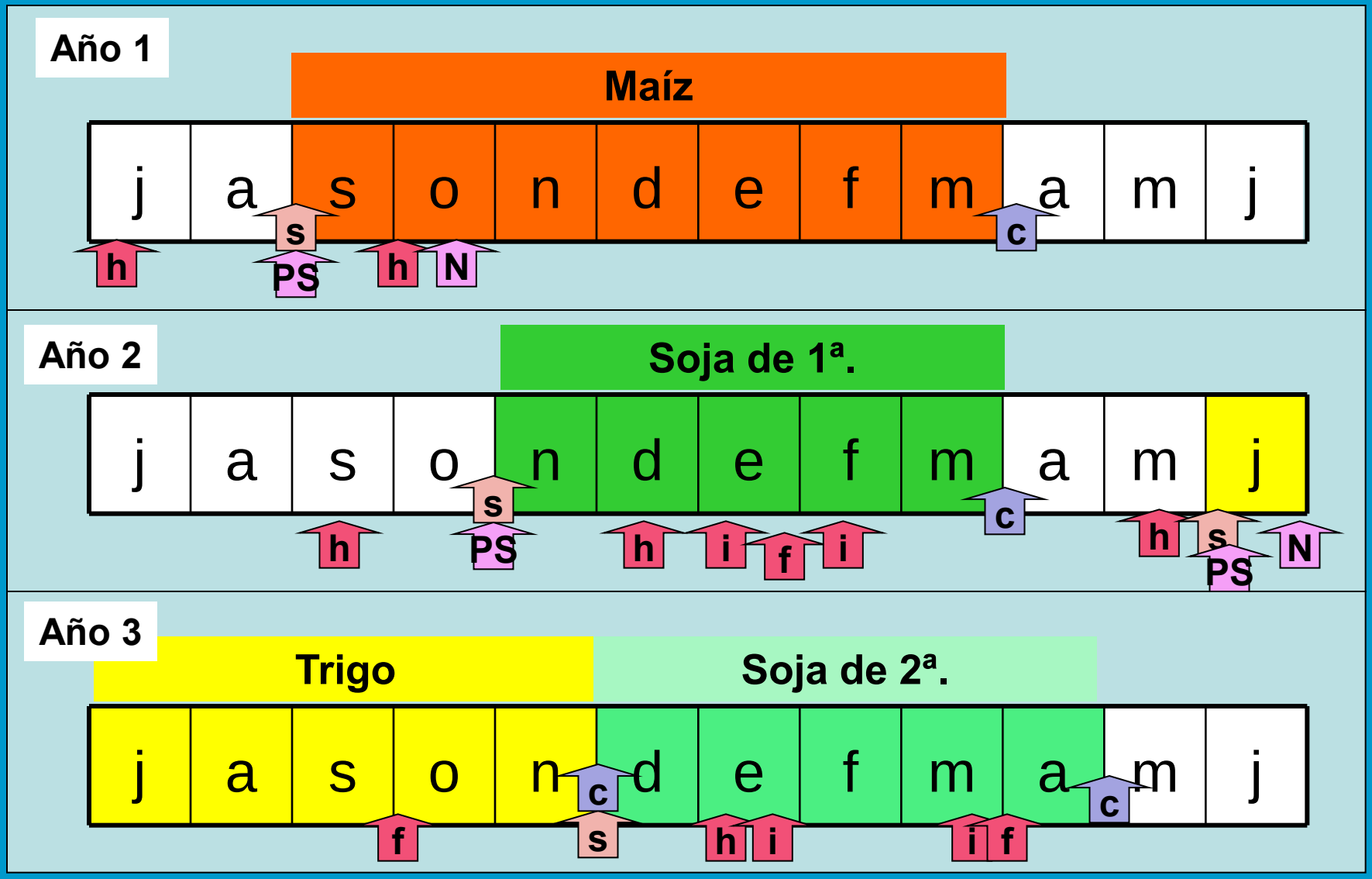


( ) % gramíneas

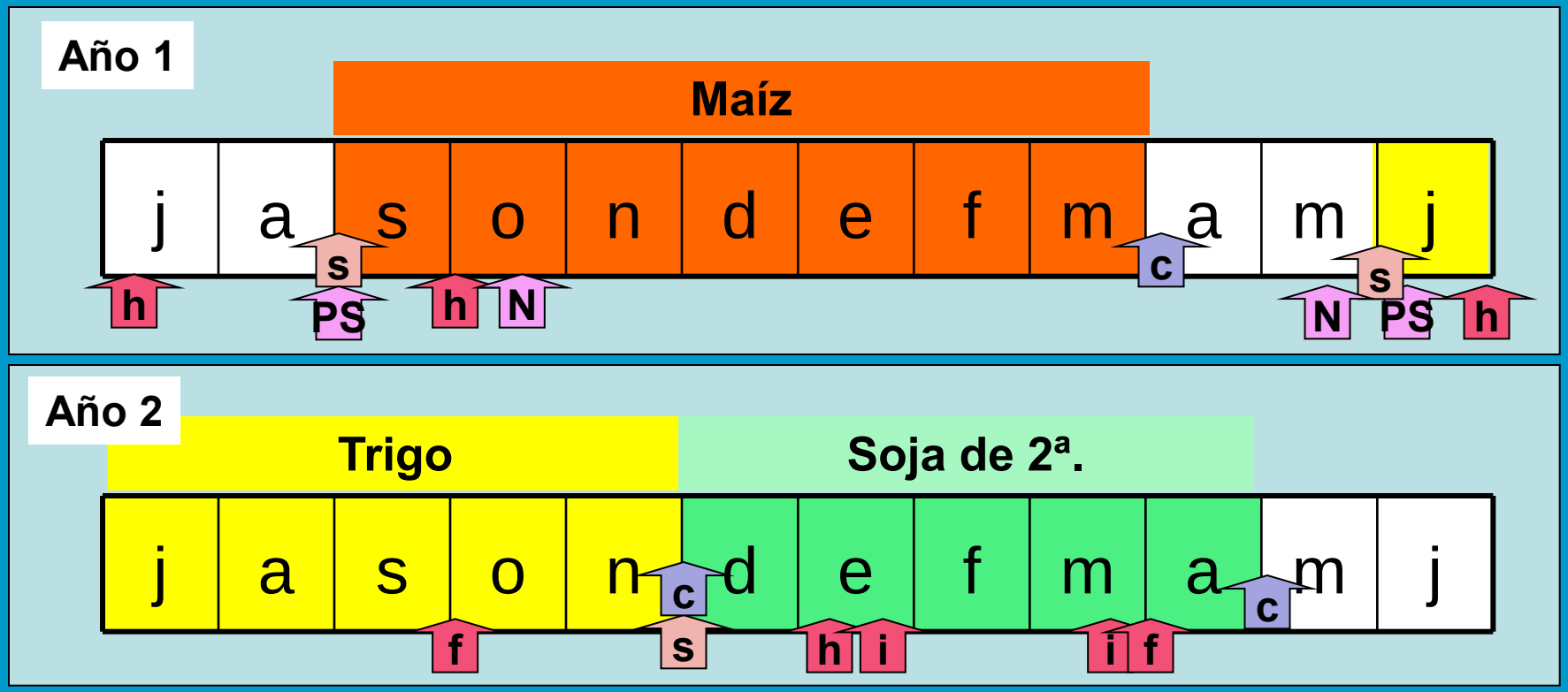
Monocultivo sojero



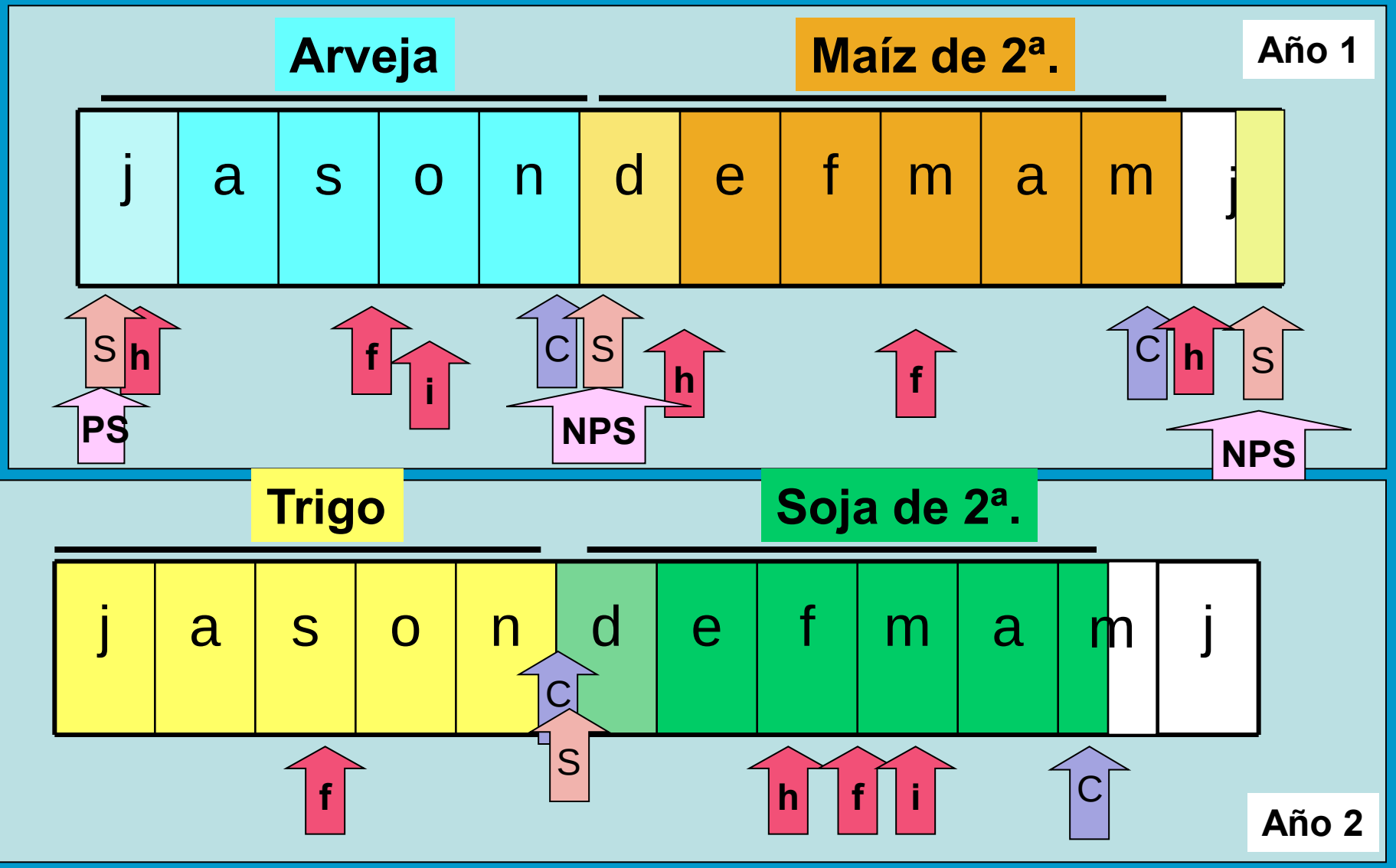
Secuencia 4x3



Secuencia 3x2



Secuencia 4x2



Modelos Productivos en CSSF

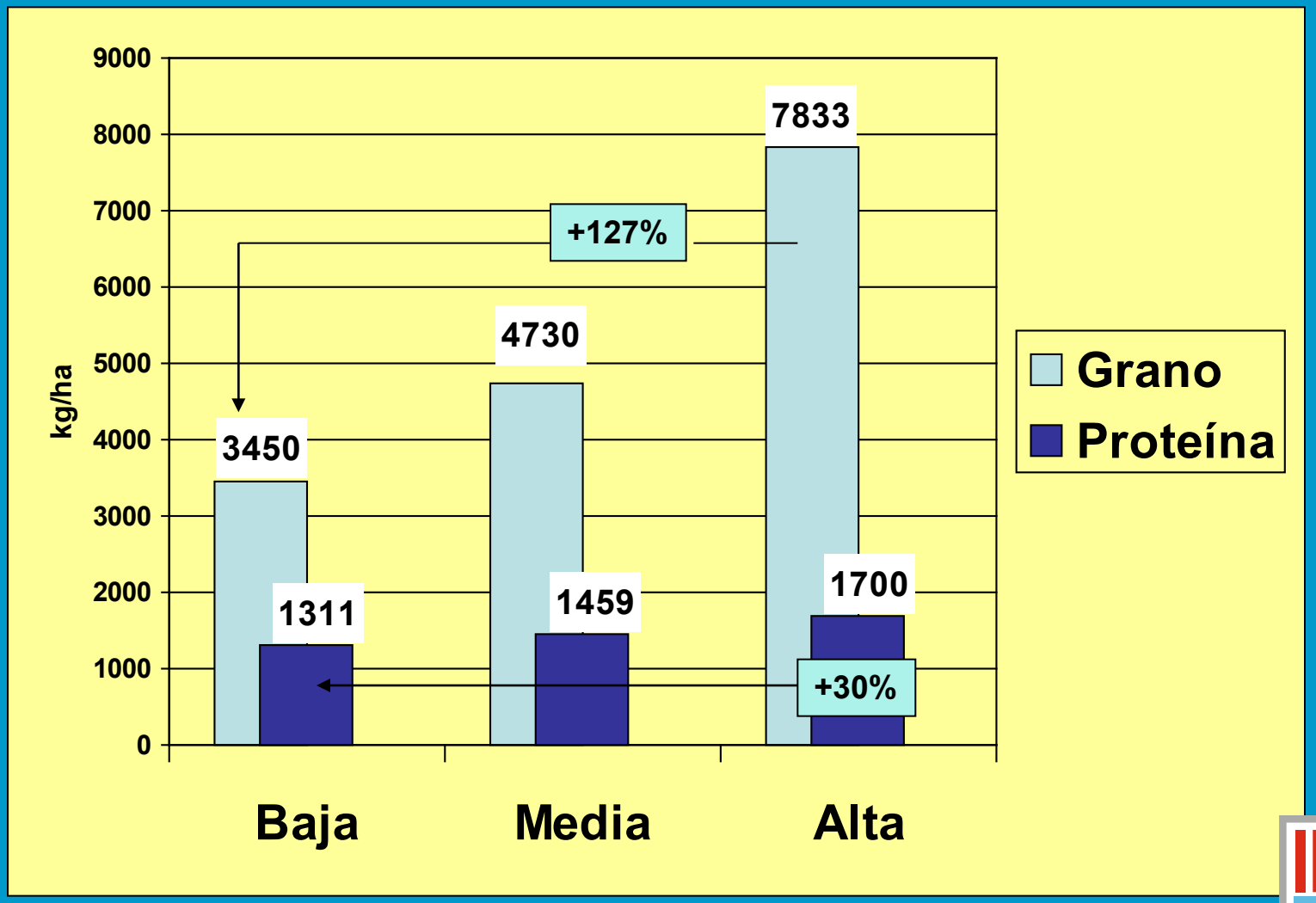
2001/02 a 2010/11

- **A: Baja Intensidad >70% área de siembra**
  (casi monocultivo sojero, poco trigo/soja)
- **B: Media Intensidad +/- 20% área de siembra**
  (rotación esporádica con maíz <10%,
  baja proporción trigo/soja <25%)
- **C: Alta Intensidad <10% área de siembra**
  (rotación fija 4x3: maíz-soja-trigo/soja,
  3x2: maíz-trigo/soja
  y 4x2: arveja/maíz-trigo/soja)

Fuente: elaboración propia

Centro Sur de Santa Fe

Productividades de los MP en Grano y en Proteína por ha.año^{-1}

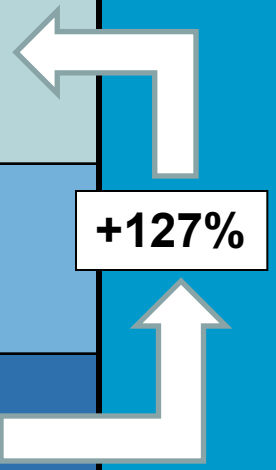


Eficiencia de conversión kg/mm de lluvia

Resultados según Modelo Productivo.

Campañas 2002/03 a 2004/05. Ensayos propios.

MP	kg grano /ha.año	kg grano /mm lluvia
Baja	3450	3,45
Media	4730	4,73
Alta	7833	**7,83**



Valores ajustados para el Dpto. Caseros, 1000mm anuales

Fuente: elaboración propia

Balance Nutricional NPS

MP reales. Campañas 2002/03 a 2004/05

Sin considerar EH

Modelo Productivo	Balance Nutrientes kg/ha. año		
	N	**P**	**S**
Monocultivo Soja I	- 46*	-15	- 6
4x3 (Mz-SjI-Tr/SjII)	- 27*	- 10	+ 1
3x2 (Mz-Tr/SjII)	+ 7*	+ 1	+ 5

* Atención: calculado para IC N en soja 0,75 y FBN 0,60 del requerimiento

Fuente: elaboración propia

Evolución de la materia orgánica indicada como carbono edáfico

MP reales. Campañas 2002/03 a 2004/05

Calculados según modelo AMG

MP	MS rastrojos kg/ha	C edáfico (valores en kg/ha)			
		Aporte C rastrojos	Necesidad C humificado	diferencia C suelo	Resultado
sojero	**4500**	**1800**	**3000**	**- 1200**	**Mineralización**
4x3	**7500**	**3000**	**3000**	**0**	**neutro**
3x2	**9000**	**3600**	**3000**	**+ 600**	**Humificación**

Para suelo Serie Hansen con 2,2 % MO

Análisis 5

Balance NPS

Local – campaña 2010/2011

Balance NPS campaña 2010/11

Centro de acopio y servicios local

Exportación Granos (toneladas)		Exportación Nutrientes (toneladas)	
TRIGO	26.000	**N**	2095
MAÍZ	25.000	**P**	845
SOJA	100.000	**S**	554
Total Granos 150.000		**Total Nutrientes 3.500**	

Importación Fertilizantes (toneladas)		Importación Nutrientes (toneladas)	
Urea	2.000	**N**	1.900
MAP	1.300		
SA	400	**P**	660
SolMix 80/20	2.000		
SPS	4.000	**S**	640
UAN	500		
Total Fertilizantes 10.200		**Total Nutrientes 3.167**	

Reposición N: 91%, P: 78% y S: 116%

Análisis 6

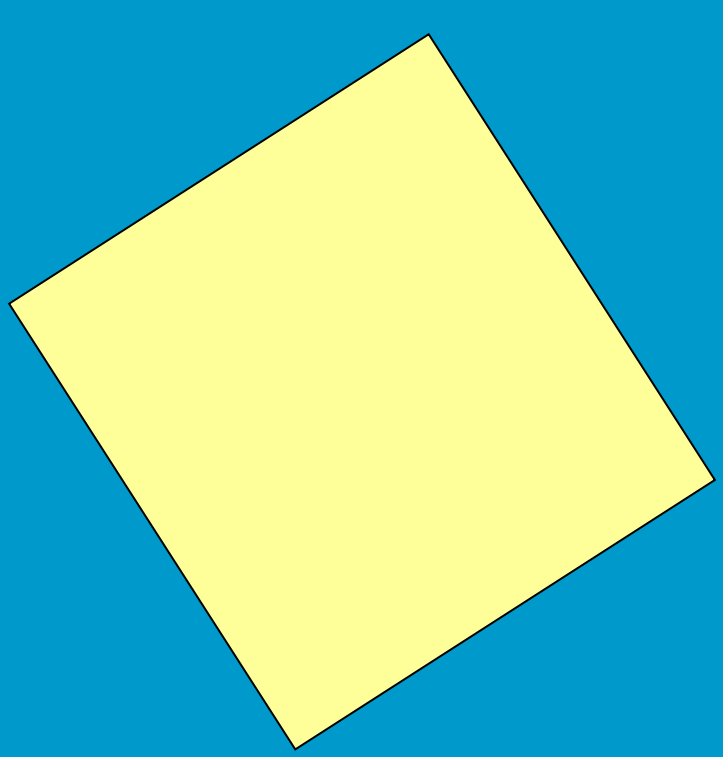
Validación a campo

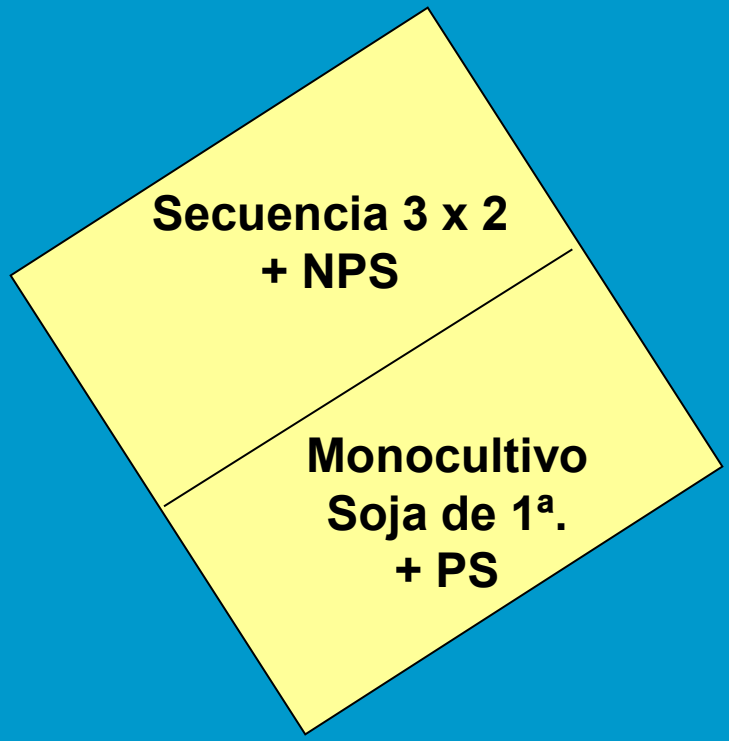
Propuesta Secuencia x Fertilización

Validación a campo

Resultado en soja de 1ª. Campaña 2010/11 luego de 7 años de manejo contrastante

Arequito





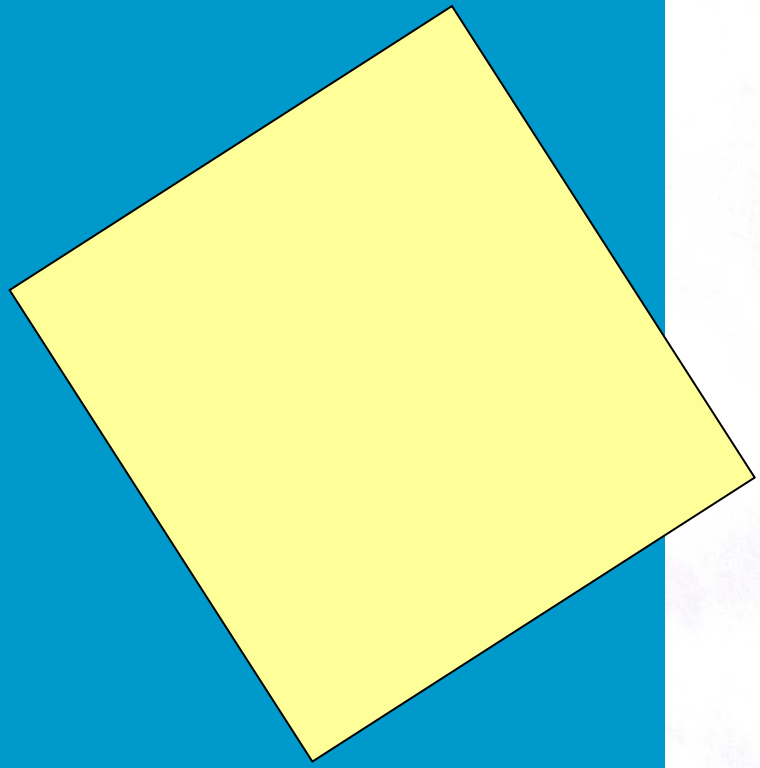
1950-2003
Manejado como unidad

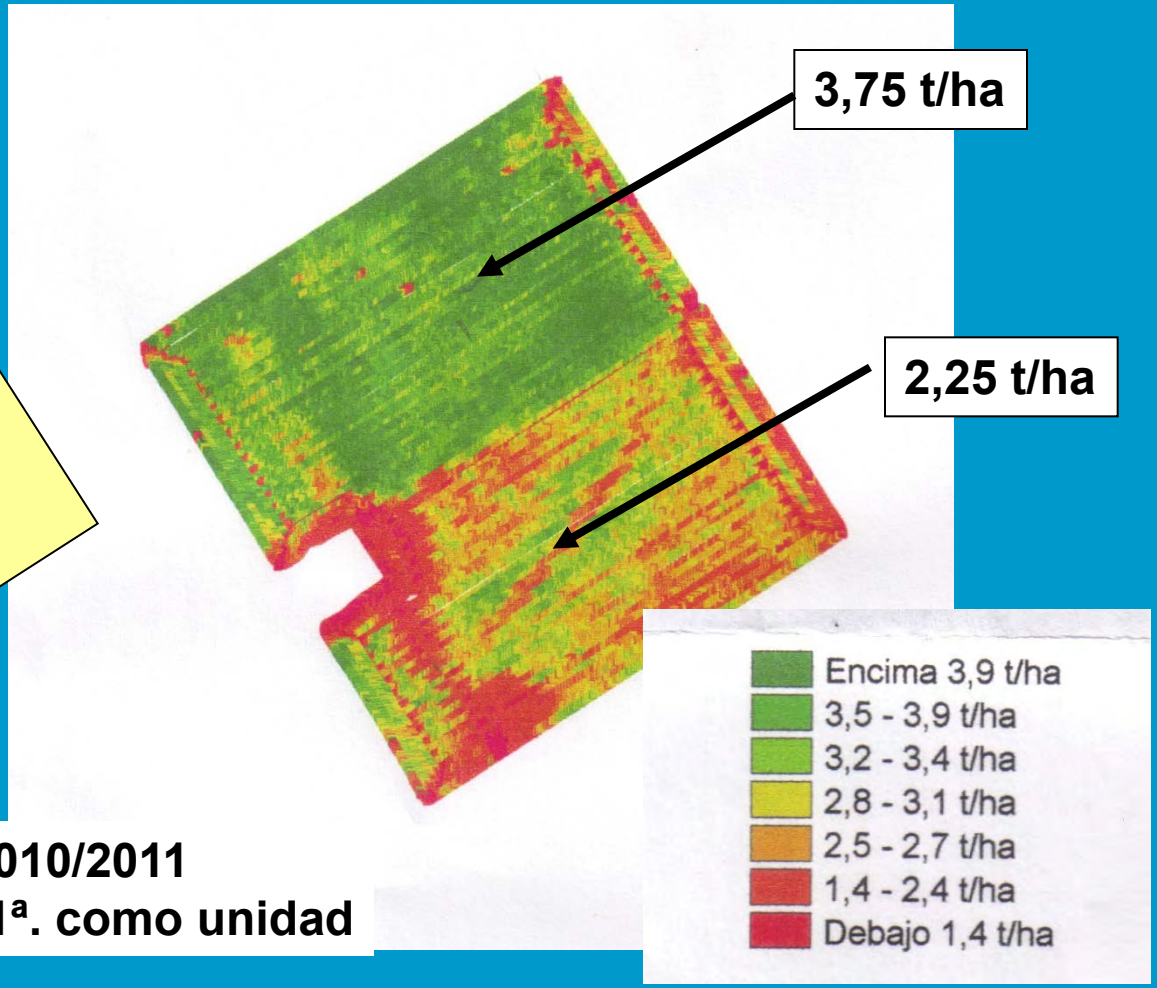
2004-2010
Manejo diferenciado

Validación a campo

Resultado en soja de 1ª. Campaña 2010/11 luego de 7 años de manejo contrastante

Arequito





2010/2011
Soja de 1ª. como unidad

4. A modo de conclusión

- **Se concluye que los MP predominantes en el Sur de SF practican una agricultura rutinaria y extractiva que continua con la explotación del suelo iniciada en el siglo XIX**
- **La disminución del C edáfico determina la pérdida progresiva de sus cualidades físicas, químicas y biológicas favorables al uso**
- **La continua extracción de nutrientes sin reposición conduce a su empobrecimiento químico**
- **La inexistencia de prácticas de conservación determina inadmisibles pérdidas de suelo por erosión**

- **Se concluye que los MP predominantes en el Sur de SF subutilizan los recursos disponibles, tanto como los degradan (menor competitividad)**
- **Los MP predominantes trasladan externalidades crecientes al resto de la sociedad (menor calidad ambiental)**
- **El ingreso generado se concentra progresivamente en menor cantidad de ciudadanos (> inequidad)**

5. Alternativas

a. Ensayos de larga duración

Camilo Aldao y Corral de Bustos, Cba.
1998/99 a 2009/10
H. Ghio y V. Gudelj

- **Secuencia Trigo/Soja II – Maíz (3 x 2)**
- **Fertilización NPS diagnóstico y otras**
- **Campo, personal y maquinaria propios**
- **Planificación a largo plazo**
- **Monitoreo por el productor**

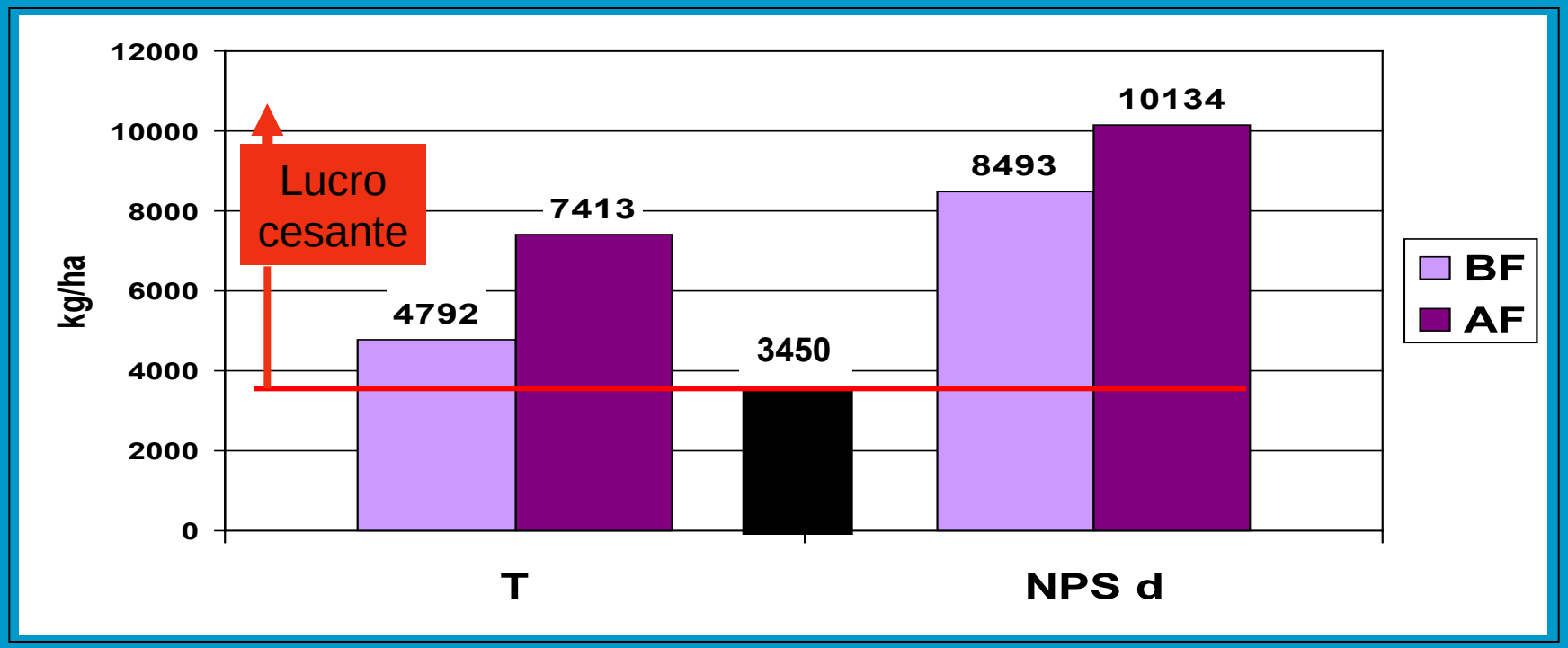
Camilo Aldao, Cba, 2004

Corral de Bustos, Cba, 2008

Ensayos Larga Duración

Producción Anual promedio de los 3 granos

Campañas 1999/00 a 2005/06



Ambiente	Salto sobre Testigo kg/ha (%)			
	N	P	S	NPS Repos
Alta Fertilidad	2088 (28)	100 (1,6)	530 (7,1)	3724 (50)
Baja Fertilidad	1391 (29)	253 (5,3)	2000 (42)	4474 (93)

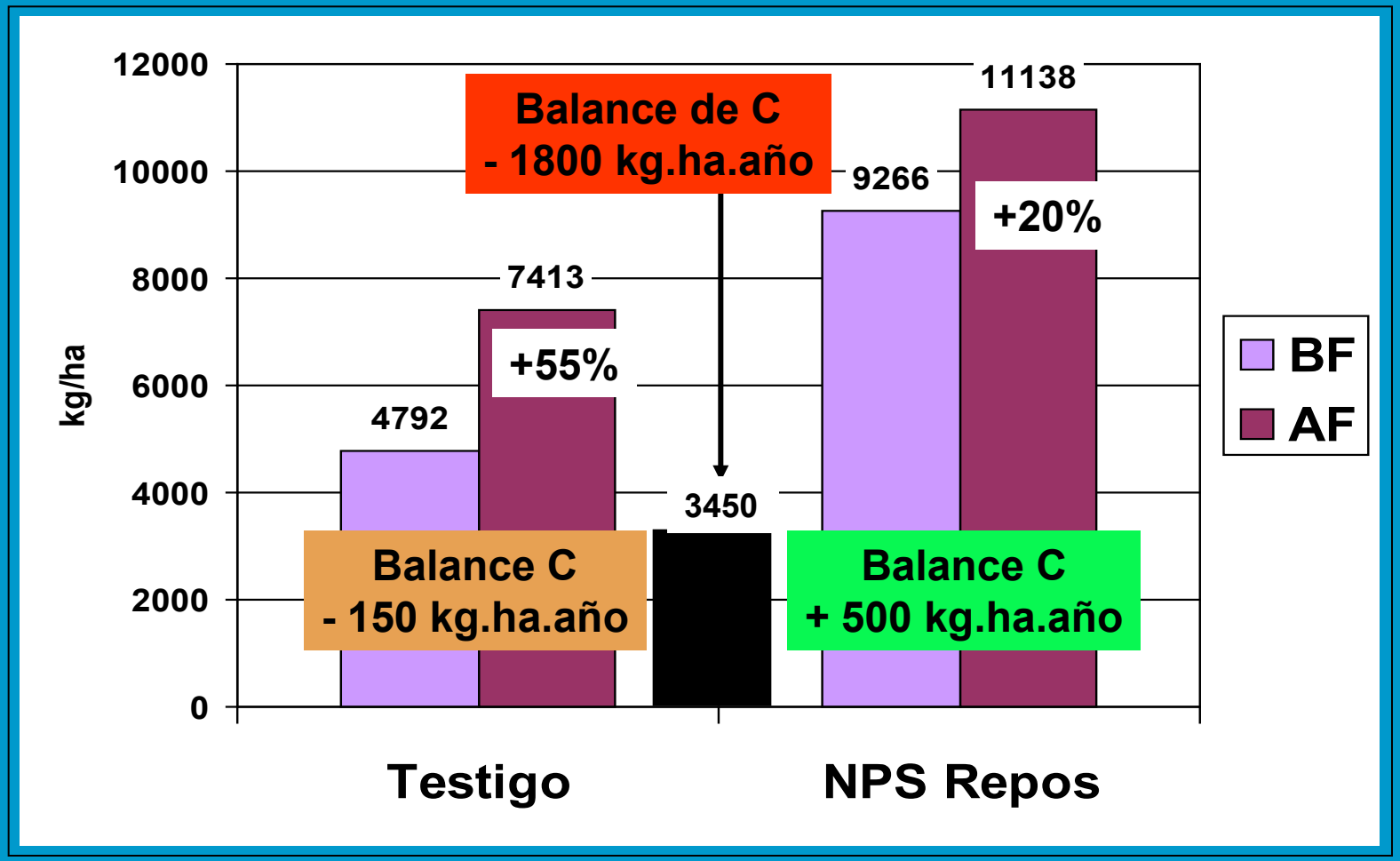
Fuente: Gudelj - Ghio

Balance de C en Ensayos Larga Duración

Comparación entre Testigos y NPS Reposición

Producción anual promedio de los 3 cultivos

Campañas 1999/00 a 2005/06



Fuente: Gudelj - Ghio

b. Ensayo de secuencias sojeras y reposición de nutrientes

Paraje La Viuda, Arequito, SF
2006/07 a 2009/2010
G. Cordone, F. Martínez, R. Abrate y V. Gudelj

- **Secuencias: Monocultivo Soja I,**
  Trigo/Soja II continuo
  y Maíz – CC/Soja I – Trigo/SojaII
- **Varias alternativas de fertilización**
- **Campo alquilado, personal y maquinaria propia**
- **Planificación a largo plazo**
- **Monitoreo por el productor**

La Viuda, SF, 2010

La Viuda, SF, 2010

La Viuda, SF, 2010

La Viuda, SF, 2010

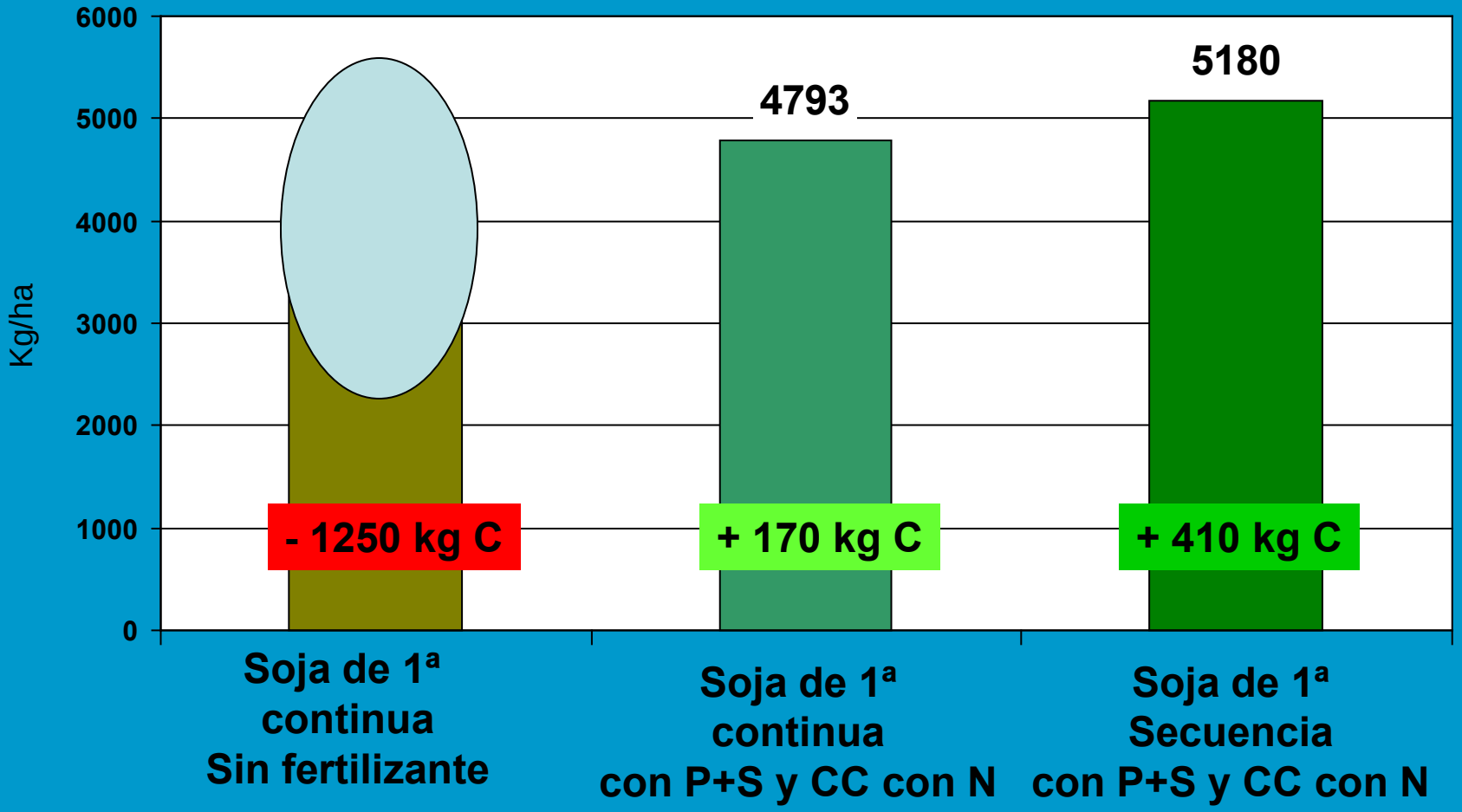
La Viuda, SF, 2008

Ensayo larga duración La Viuda
Cosecha Soja de 1a. Abril 2010

Secuencias sojeras y reposición nutrientes

Ensayo de Larga Duración La Viuda, Arequito, SF
Campañas 2007/2008 a 2009/2010

G. Cordone, F. Martínez, V. Gudelj, R. Abrate



c. Ensayo de secuencias sojeras y reposición de nutrientes

Los Nogales, SF
2006/07 a 2009/10
F. Martínez y G. Cordone

- **Secuencias: Monocultivo Soja I,**
  Trigo CC/Soja I
  y Trigo/SojaII
- **Fertilización NPS en trigo/soja y cc/soja I y PS en soja I**
- **Campo propio, maquinaria alquilada**
- **Planificación a largo plazo**
- **Monitoreo por el productor**

Ensayo larga duración Los Nogales, SF
Invierno. 2010

Ensayo larga duración Los Nogales, SF
Primavera. 2010

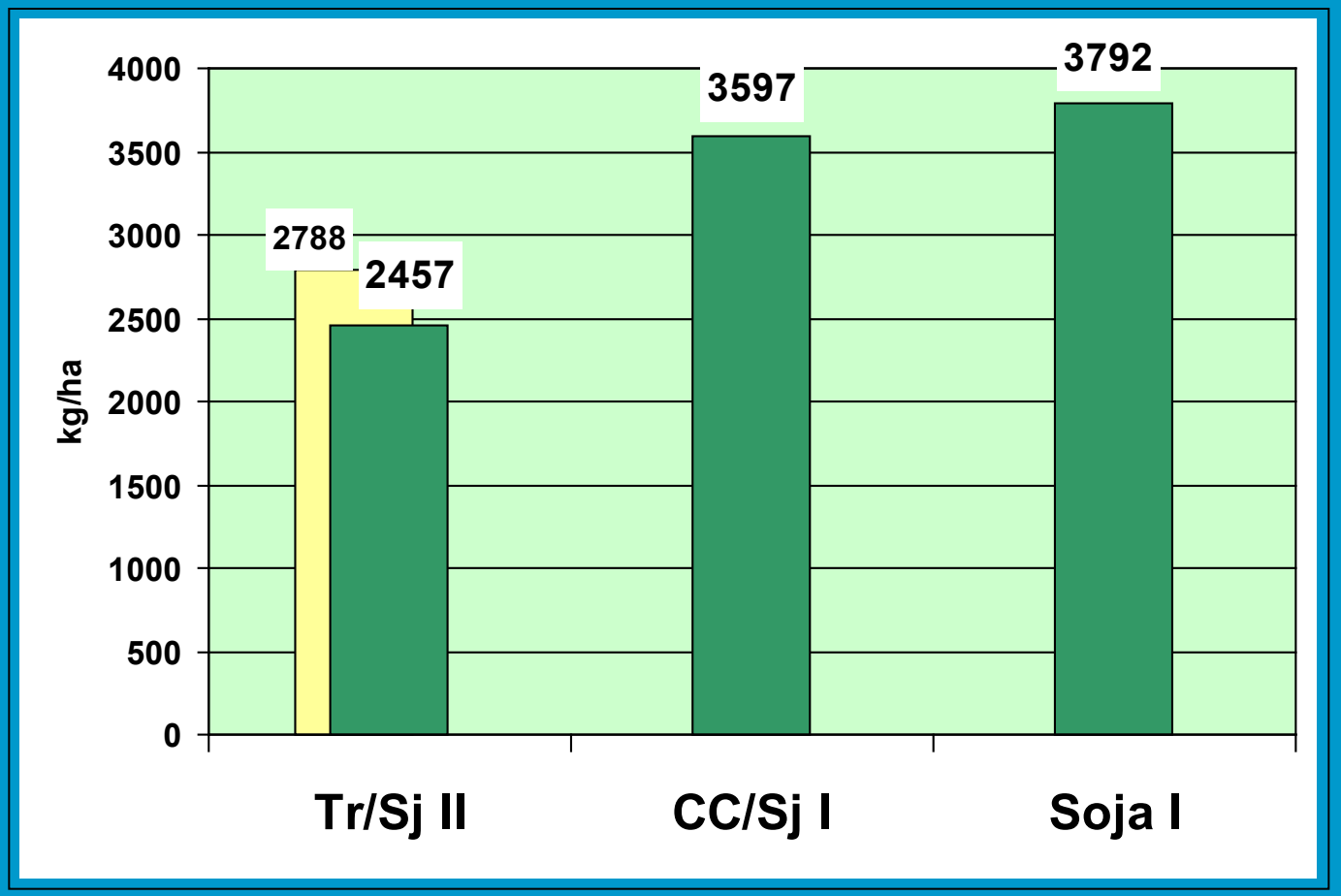
Ensayo larga duración Los Nogales, SF
Primavera. 2010
INTA

Ensayo larga duración Los Nogales, SF
Primavera. 2010

Ensayo de Larga Duración Los Nogales, SF

2006/07 a 2009/10

F. Martínez, G. Cordone y R. Gasparini



Campaña 2009/10: Sj s/ CC: 4214 kg/ha; Sj s/ Sj: 4282 kg/ha

Ensayo de Larga Duración Los Nogales, SF

2006/07 a 2009/10

F. Martínez, G. Cordone y R. Gasparini

Secuencia	Granos kg/ha	Aporte rastrojo kg/ha	Aporte **C** kg/ha	Balance **C** kg/ha
Trigo/ SojaII	2788/ 2457	5200 + 3000 = **8200**	3300	**- 100**
Trigo CC/ Sojal	3597	4200 + 4400 = **8600**	3440	**+ 50**
Soja I	3792	**4600**	1840	**- 1560**

Nota: Para mantener 2,3% de MO en un suelo Serie Hansen **se requiere aportar anualmente 3400 kg/ha de Carbono** (**C**) para compensar las pérdidas que naturalmente ocurren (equivalentes a 8500 kg de materia seca de rastrojos)

d. Cultivo de Cobertura permanente para monocultivo de Soja de la.

Acebal, SF
2007/08 a 2010/11
T. Layus

- **Monocultivo Soja I, siembra y resiembra de Cebadilla Criolla como cultivo de cobertura**
- **Fertilización NS en CC/ y P en soja I**
- **Campo propio, maquinaria alquilada**
- **Planificación a largo plazo**
- **Monitoreo por el productor**

04/08/2010 16:31

04/08/2010 16:18

6. Propuesta
y
Cierre

Qué debemos hacer?

Cultivos que fijen Carbono por arriba y por dentro del suelo, aunque requieran inyección de N sintético

(Se trata de perturbar el edafosistema en el sentido de mejorar el balance de C, que es lo que finalmente importa)

O una combinación de cultivos que fijen **C** apoyados por una inyección de **N**

y cultivos que fijen **N** por Fijación Biológica apoyados por una inyección de **P+S**

Para continuar haciendo soja a futuro, y mejorando el suelo en el proceso, es necesario incorporar tejidos vegetales en superficie y en profundidad (si lignificados mejor)

Centro Sur de Santa Fe

Análisis económico por ha

Valores en u$s por ha

Abril 2011

Conceptos	Actual	Deseable
Valor de la producción	1932	2789
Retenciones	710	1093
Ingreso "Regional"	1222	1696
Alquiler	570	570
Costos I+P	160	350
Costos C+C	149	258
Total Gastos Directos	309	608
Ingreso Productor	343	518
Retorno Productor s/GDirectos	111 %	85 %

Centro Sur de Santa Fe

Análisis económico regional

Abril 2011

	Actual Monocultivo	*Deseable* Secuencia 4x3
en millones de u$s		
Valor de la producción	1546	2231
Retenciones	568	874
Valor intra-región	978	1357
Alquileres	355	355
Costos I+P	128	280
Costos C+C	119	206
Gastos Directos	247	486
Ingreso productores	376	516
Rentabilidad Productores Sobre Gastos Directos	+ 52 %	+ 6 %
Requerimiento de efectivo para cambiar	239 (67% de alquiler)	

Centro Sur de Santa Fe

Las cuentas que nunca se hacen

Abril 2011

	kg grano/ ha. año	
	Actual 4000	Deseable 8000
COSTO OCULTO		
	u$s/ ha	
NITRÓGENO	- 52	- 26
FÓSFORO	- 50	-28
AZUFRE	- 9	0
Σ NPS	- 111	- 54
CARBONO (Bonos)	- 29	0
CARBONO (Suelo)		
Σ NPS + C	- 140	- 54

Centro Sur de Santa Fe
Particularidades 1

- se puede cosechar 3 t de soja por ha invirtiendo u$s 160
- se siembra el 78% de la superficie en tierra alquilada
- se paga un alquiler de 50% de la producción potencial (y más!)

Centro Sur de Santa Fe
Particularidades 2

- se aplica un derecho de exportación del tercio de la producción obtenida con el cultivo predominante
- se paga un impuesto inmobiliario anual que significa el 0,07% del valor de la tierra
- el impuesto patrimonial por tierra es ínfimo
- la evasión de impuesto a las ganancias es enorme
- el impuesto a la herencia es ridículo

Concluyendo 1:

En el Centro Sur de Santa Fe

se practica monocultivo sojero.

Se utiliza un modelo “pampeano” de cultivo,

que **es aceptablemente bueno** para los productores, los acopiadores, los transportistas, los proveedores de insumos y la industria de procesamiento,

es extraordinariamente favorable

para los propietarios de tierras, los intermediarios, los exportadores y para el Estado Nacional

pero que no es bueno para el suelo!

Concluyendo 2:

Un nuevo modelo de utilización de los recursos es necesario, y posible!

Los requerimientos de insumos, equipos y procesos están disponibles

Los Recursos Humanos están capacitados y son suficientes!!!

Interrogantes 1

- **Cuales son los límites del Modelo?**

- **Como lograr el equilibrio ambiental?**
- **Como asegurar la equidad social?**
- **Como mantener la competitividad económica?**

Interrogantes 2

Si solamente la **RENTABILIDAD** determina el Modelo Productivo que se practica:

- **¿Quiénes cambiarían el modelo? ¿Y porqué lo harían?**

El hombre sabio entiende

que la ganancia esta en la equidad

El hombre ignorante cree

que la ganancia esta en el negocio

Agradecimientos

- a los ingenieros agrónomos y chacareros colaboradores de INTA Casilda
- a los empleados y funcionarios de instituciones, centros de servicios y empresas

- y especialmente
  a los chacareros Pablo Boixadera, Néstor Foglia y Norberto Biglia
  y a los Ingenieros Agrónomos Eduardo Molina, Rafael Abrate y Hugo Ghio

AER Casilda
Agradece su atención

INTA

Sin suelo fértil No hay futuro