



5to. Curso de Agricultura de Precisión
Hacia una agricultura sustentable...
INTA Manfredi, 13-15 Julio 2004



Diseño de ensayos a campo y Análisis de datos:
Herramientas para la toma de decisión bajo
incertidumbre en la empresa agropecuaria

Disertante : **Ing.Agr Carlos Walter Robledo**

M.Sc. Biometría, Univ.Buenos Aires

Ph.D. Agricultural Economics, Louisiana State Univ.

Area de Especialización:

Diseño de Experimentos,

Análisis de Datos: *Biometría, Econometría y
Métodos Cuantitativos*

wrobledo@agro.uncor.edu

1

Algunas problemas-preguntas que la empresa agropecuaria enfrenta cotidianamente...

- ¿ Qué híbridos y/o variedades “nos” conviene utilizar para las condiciones de campo de la empresa?
- ¿ Qué densidad de siembra “nos” conviene usar?
- ¿ “Nos” conviene fertilizar?
- ¿ Qué dosis de fertilizante “nos” conviene usar?
- y tantas otras más del tipo !!!

2

¿ Es posibles encontrar respuestas confiables a este tipo de preguntas dentro de la misma empresa agropecuaria?

- Si !!!
- ¿ Cómo ?
- Diseñando y conduciendo ensayos/experimentos que se basen en la “metodología científica de investigación” y adaptados a las condiciones propias de la empresa !!! ...

3

Estructura de la presentación

1. Investigando en la empresa agropecuaria
2. Ensayos simples de implementar en la empresa con monitores de rendimiento...
3. Recomendaciones finales y cierre exposición

4

1. Investigando en la empresa agropecuaria

- 1.1 Motivaciones para “ensayar” dentro de la empresa
- 1.2 Una aproximación sistemática para investigar en la empresa agropacuaria: el método científico
- 1.3 Complejidad de las preguntas que es recomendable abordar
- 1.4 Bases para el diseño de los ensayos, el “R.A.AP” y el análisis estadístico de los datos

5



1.1 Motivaciones para “ensayar” dentro de la empresa

Las recomendaciones derivadas de investigaciones conducidas por instituciones oficiales o empresas privadas suelen no ser adoptadas por los productores: condiciones de ensayos “institucionales” diferentes de las que los productores tienen en sus propios campos.

Los productores no se convencen de que verán los mismos resultados benéficos debido a que muchas veces su forma de trabajar difiere en aspectos claves.

El objetivo de que el productor conduzca sus propios ensayos es el de convencerse a sí mismo de los beneficios que puede percibir de alternativas de manejo.

6



1.2 Una aproximación sistemática: el método científico

CUATRO PASOS que se deben seguir para conducir ensayos de campo exitosos:

1. Plantear una pregunta o “hipótesis”:
SIMPLICIDAD: Pregunta SI/NO, una por vez
2. Diseñar/planificar el ensayo con objetividad:
Regla “R.A.AP”: **R**epetir, **A**leatorizar, **A**sistencia **P**rofesional
3. Observar y coleccionar los datos del experimento:
REGISTRAR DE CADA PARCELA: fecha siembra, enfermedades, malezas, tratamientos, rdtos., etc.
4. Interpretar resultados p/responder la pregunta:
Análisis estadístico: no confiar en “el buen ojo” y Considerar costo de una respuesta equivocada

7



1.3 Complejidad de preguntas a abordar

En primer instancia es crítico comprender que no todas las preguntas tienen respuestas fáciles de hallar mediante la experimentación en la empresa

Los ensayos requieren de tiempo, esfuerzo, dinero. Ensayos complejos pueden ser tan demandantes que pueden interferir con las labores propias de la empresa agropecuaria

Plantear preguntas con no más de TRES respuestas posibles: se dán cuando hay DOS “TRATAMIENTOS”

- Elegir entre 2 híbridos o variedades
- Elegir entre 2 herbicidas
- Elegir entre 2 estrategias de control de malezas
- Elegir entre dos prácticas de fertilización
- Elegir entre dos tratamientos de semillas

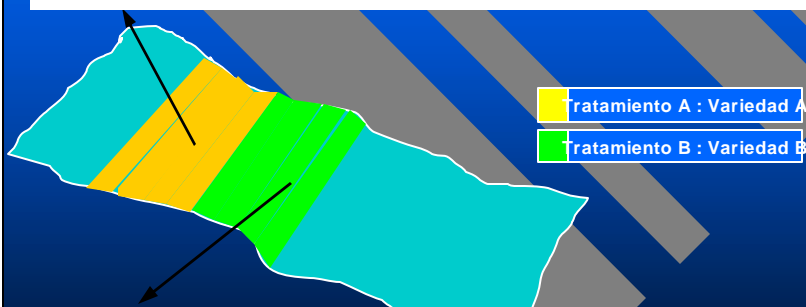
8



1.4 Bases para el diseño de experimentos,
el criterio “R.A.AP” y el análisis estadístico

Las bases: “efecto de tratamiento” y “error experimental”

Rdto Lote A = Efecto Variedad A+ Efectos no controlados



Rdto Lote B = Efecto Variedad B+ Efectos no controlados

1.4 Bases para el diseño de experimentos,
el criterio “R.A.AP” y el análisis estadístico

R.A.AP: Repeticiones,

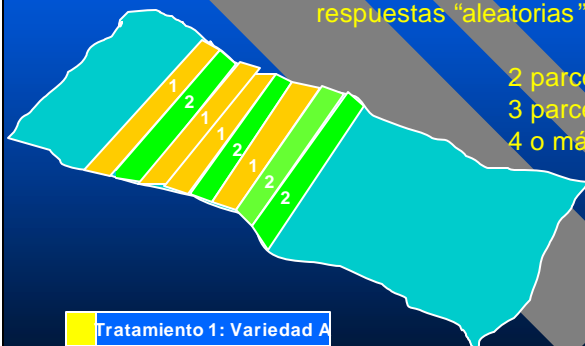
Aleatorizar,

Asesoramiento Profesional

1.4 Bases para el diseño de experimentos, el criterio “R.A.AP” y el análisis estadístico

REPETICIONES: Usar “parcelas” y no “lotes”

Posibilitan calcular respuestas “promedio” y evitar respuestas “aleatorias” y/o “sesgadas”



Tratamiento 1: Variedad A
Tratamiento 2: Variedad B

2 parcelas brindan poca información,
3 parcelas pueden ser suficientes
4 o más mejor!!!

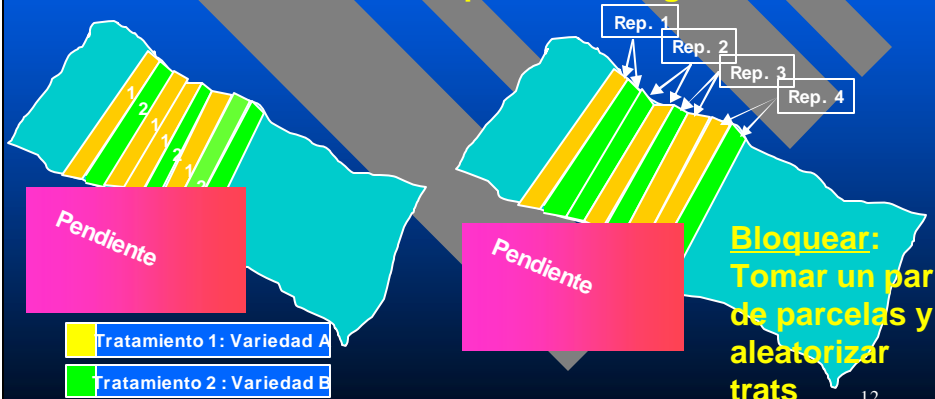
A menores diferencias esperadas entre tratamientos, más repeticiones. Pueden necesitarse 6 o más parcelas para detectar rendimientos de unos pocos qq/ha

11

1.4 Bases para el diseño de experimentos, el criterio “R.A.AP” y el análisis estadístico

ALEATORIZACION DE TRATAMIENTOS

Se busca evitar respuestas “sesgadas”



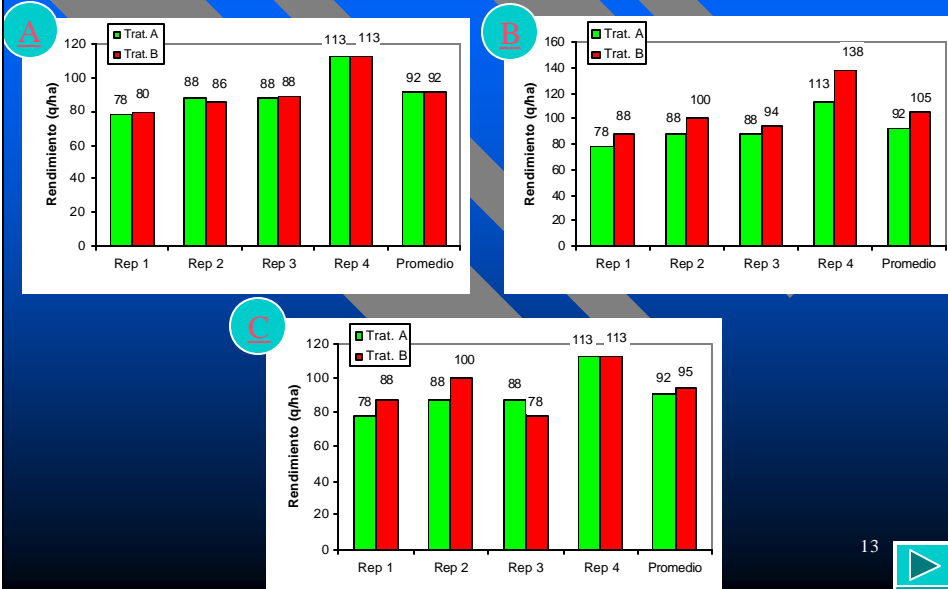
Pendiente

Tratamiento 1: Variedad A
Tratamiento 2: Variedad B

Bloquear:
Tomar un par de parcelas y aleatorizar trats

12

1.4 Bases para el diseño de experimentos, el criterio "R.A.AP" y el análisis estadístico



13

1.4 Bases para el diseño de experimentos, el criterio "R.A.AP" y el análisis estadístico

A

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|---|----------------|-------------------|-------|
| Rdto | 8 | 0.59 | 0.04 | 14.54 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 764.50 | 4 | 191.13 | 1.07 | 0.4994 |
| Repetición | 763.38 | 3 | 254.46 | 1.42 | 0.3905 |
| Híbrido | 1.13 | 1 | 1.13 | 0.01 | 0.9419 |
| Error | 538.38 | 3 | 179.46 | | |
| Total | 1302.88 | 7 | | | |

Si p-valor > nivel significación NO hay diferencias significativas en el rdto. observado de los híbridos

Nivel de significación recomendado: 0.05

14

1.4 Bases para el diseño de experimentos, el criterio "R.A.AP" y el análisis estadístico

B

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|---|----------------|-------------------|------|
| Rdto | 8 | 0.96 | 0.91 | 5.91 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|------------|---------|----|--------|-------|---------|
| Modelo | 2442.50 | 4 | 610.63 | 18.07 | 0.0194 |
| Repetición | 2091.38 | 3 | 697.13 | 20.63 | 0.0166 |
| Híbrido | 351.13 | 1 | 351.13 | 10.39 | 0.0485 |
| Error | 101.38 | 3 | 33.79 | | |
| Total | 2543.88 | 7 | | | |

Test:LSD Fisher Alfa:=0.05 DMS:=13.08130

Error: 33.7917 gl: 3

| Híbrido | Medias n |
|---------|------------|
| A | 91.75 4 A |
| B | 105.00 4 B |

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

15



1.4 Bases para el diseño de experimentos, el criterio "R.A.AP" y el análisis estadístico

C

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|---|----------------|-------------------|------|
| Rdto | 8 | 0.89 | 0.74 | 7.68 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 1219.50 | 4 | 304.88 | 5.94 | 0.0875 |
| Repetición | 1201.50 | 3 | 400.50 | 7.80 | 0.0627 |
| Híbrido | 18.00 | 1 | 18.00 | 0.35 | 0.5954 |
| Error | 154.00 | 3 | 51.33 | | |
| Total | 1373.50 | 7 | | | |

NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS!!!

16



1.4 Bases para el diseño de experimentos, el criterio “R.A.AP” y el análisis estadístico

ASESORAMIENTO PROFESIONAL (Ayuda siempre bienvenida!!!)

- ✓ Para diseñar los ensayos (ubicación, nro. repeticiones, aleatorización, registro de los datos) y analizarlos estadísticamente.
- ✓ Buscar ayuda en la etapa de interpretación y no en la de planificación o diseño es altamente riesgoso: el análisis estadístico no resuelve por sí solo nada !!!

17



2. Ensayos simples de implementar en la empresa con monitores de rendimiento

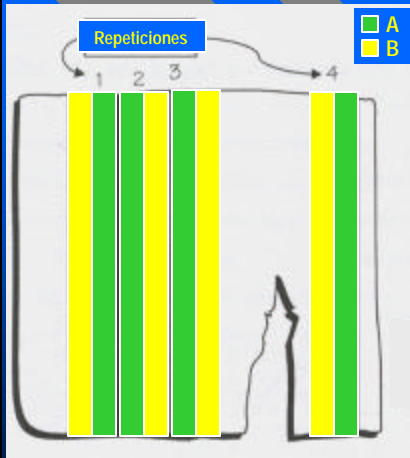
2.1. Diseños en franja

2.2. Diseños en sembradora dividida

18



2.1. Diseños en Franja



Se puede usar cuando el ancho es múltiplo del ancho de cabezal y/o aplicador

Ejemplos: fertilizantes, malezas, plagas, híbridos

El tratamiento se aplica en la misma dirección que la siembra y la cosecha

Es recomendable que la parcela ("franja") sea del mismo largo que el "lote" y de largo tal que se pueda remover los bordes y que la máquina trabaje llena (110 metros o más)

19



2.2. Diseños en Sembradora Dividida

| | | | | | |
|---|------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------|---|
| → | 1er. pasada de la sembradora | Híbrido A, media sembradora | | | |
| ← | 2da. pasada de la sembradora | Híbrido B, media sembradora | | 1er. pasada de cosechadora | ← |
| → | 3er. pasada de la sembradora | Híbrido A, media sembradora | | 2da. pasada de cosechadora | → |
| ← | 4ta. pasada de la sembradora | Híbrido B, media sembradora | | 3er. pasada de cosechadora | ← |
| → | 5ta. pasada de la sembradora | Híbrido A, media sembradora | | 4ta. pasada de cosechadora | → |
| ← | 6ta. pasada de la sembradora | Híbrido B, media sembradora | | 5ta. pasada de cosechadora | ← |
| | | Híbrido A, media sembradora | | | |

Simple de implementar si el ancho del cabezal es igual o la mitad del ancho de la sembradora.

Ejemplos: Comparar 2 híbridos,
Comparar 2 dens. siembra,
Comparar con y sin tratam.

Si Ancho del cabezal = ancho de la sembradora (como en esquema), cada pasada de la cosechadora debe ser correctamente identificada: marcar "cargas"

20



3. Recomendaciones finales

Lo que “SI” se debe hacer

- ✓ Para comprobar una teoría, a veces es necesario sacrificar rendimiento o rentabilidad. Ej.: dosis por arriba o por debajo del óptimo.
- ✓ Tratar todas las franjas de la misma forma.
Ej.: pasar fertilizador por la franja de dosis 0.
- ✓ Cuidado con los factores que se prestan a confusión.
Ej.: Si se estudia el espaciamiento entre hileras, cambiar la transmisión de la sembradora al cambiar espaciamiento.
- ✓ Las franjas deben ser lo suficientemente angostas para minimizar la variabilidad y lo suficientemente anchas como para que entre la maquinaria.
- ✓ Cuantos más productores hagan el mismo tipo de ensayo en la misma zona, más validez tendrá el estudio.
- ✓ Anotar todo y controlar todo personalmente.
- ✓ Contar con asesoramiento técnico en todo el proceso.

21

3. Recomendaciones finales

Lo que “NO” se debe hacer

- ✓ Iniciar un ensayo que no va a poder ser supervisado a lo largo de todo el ciclo.
- ✓ Asumir que las comparaciones “a ojo” son válidas: no dejar de conducir el análisis estadístico correspondiente (busque ayuda sin lugar a dudas !!!).
- ✓ Hacer un ensayo si se piensa que se “sabe de antemano” lo que va a pasar. Esta actitud introduce sesgos que hacen que se pierda objetividad en la planificación, recolección de datos y análisis.
- ✓ Ignorar los resultados de ensayos realizados por otros productores o instituciones que se dedican a la investigación. Los ensayos a campo son complementarios de los estudios científicos, pero no los reemplazan.

22

Literatura

- ✓ Lowenberg-DeBoer, J. y Erikson, K. (2000) "Precision farmin profitability", Ed. Purdue University
- ✓ Montgomery, D. (2001) "Diseño de Experimentos", Ed. John Willey
- ✓ InfoStat (2003), Manual del Usuario. Grupo InfoStat, Cátedra de Diseño de Experimentos y Estadística y Biometría, UNC

23

Cierre de la exposición

Gracias al Ing.Agr. (MSc) Mario Bragachini e Ing. Agr. (PhD) Rodolfo Bongiovanni, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Coordinadores del 5to Curso de Agricultura de Precisión, por la invitación que me cursaran para realizar la presente exposición

Gracias por su asistencia y cordial atención

FIN

24

