

Freddy Alemán

**MANUAL DE
INVESTIGACION AGRONOMICA
CON ENFASIS EN CIENCIA DE LAS MALEZAS**

N
632.58
A367

Alemán, Freddy
Manual de Investigación Agronómica /
Freddy Alemán. -- 1a ed. -- Managua :
Imprimatur Artes Gráficas, 2004.
248 p.

ISBN : 99924 - 54 - 33 - 4

1. MALEZAS-INVESTIGACIÓN 2.
CONTROL DE MALEZAS-MANUALES 3.
ARVENSES

Hecho el depósito Legal, Managua, 0275 - 2004

La edición y reproducción de este libro han sido posibles gracias al apoyo financiero del Pueblo y Gobierno de Suecia, a través de la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (Asdi) y la Agencia Sueca para la Colaboración en investigación (SAREC).

Freddy Alemán

**MANUAL DE
INVESTIGACION
AGRONOMICA**

CON ENFASIS EN CIENCIA DE LAS MALEZAS

DEDICATORIA

A los estudiantes, hoy profesionales de la agricultura, que participaron decididamente en el proyecto Manejo Integrado de la Vegetación Adventicia en Cultivos Básicos en Nicaragua, realizado entre los años 1995 y 2000. El mismo fue posible a través de un acuerdo de colaboración entre la Universidad Nacional Agraria y la Universidad Sueca de Ciencia Agrícolas, con soporte financiero del Pueblo y Gobierno de Suecia, a través de Asdi/SAREC.

El Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional Agraria (UNA) el permitirme ser miembro de su claustro de profesores y por la oportunidad que me ha brindado de realizar docencia universitaria y producir información a través de la investigación agronómica.

No quiero olvidar que mi formación ha sido posible gracias al pueblo y gobierno de Suecia, quienes a través de la Swedish Agency for Research Cooperation (SAREC) y la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI), financiaron mi formación post-graduada.

Quiero dar crédito a profesionales que han sido importantes en mi formación profesional. Me complace mencionar a los siguientes profesionales MSc. Alain Meyrat, MSc. Aurelio Llano, Dr. Humberto Tapia (†) y Dr. Lars Ohlander.

A mi madre Ana Luz Zeledón R.

El autor agradece los comentarios y sugerencias a determinados capítulos del presente texto de parte de los siguientes profesionales: MSc. Telémaco Talavera S, Rector de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Dr. Agr. Elgin Vivas V, Decano de la Facultad de Desarrollo Rural (FDR-UNA), Dr. Agr. Dennis Salazar C, Decano de la Facultad de Agronomía (FAGRO-UNA), MSc. Moisés Blanco N, Departamento de Producción Vegetal (FAGRO-UNA) y MSc. Sergio Pichardo G, departamento de Protección Agrícola y Forestal (FAGRO-UNA).

Freddy Alemán

CONTENIDO

CAPITULO I

PLANIFICACION, EJECUCION Y EVALUACION DE EXPERIMENTOS DE CAMPO

1. Introducción	25
2. Principios para la planificación del experimento	25
2.1. Pasos a seguir desde la determinación del problema hasta la solución	27
2.3. Modelos estadísticos y biológicos	31
3. Metodología para el establecimiento del experimento de campo	32
3.1. Selección del sitio del experimento	32
3.2. Arreglo de bloques y parcelas	33
3.3. Unidad experimental	33
3.4. Efecto de bordes o de orilla	34
3.5. Marcado del área	35
3.6. Identificación de las parcelas	37
3.7. Parcela control (tratamiento testigo o de comparación)	37
4. Evaluación del experimento	38
4.1. Tipo de variables evaluadas en el experimento	39
4.2. Recolección de datos en el experimento	40
4.3. Manipulación de datos extraídos de experimentos de campo	42
5. Análisis de datos provenientes de experimentos de campo	44
6. Interpretación de los resultados	44
7. Conclusiones	44
8. Bibliografía	45

CAPITULO II

METODOS PARA EL ESTUDIO DE DISTRIBUCION DE MALEZAS

1. Introducción	47
2. El recuento de las malezas	47

3. Objetivos del recuento	48
3.1. Recuento de malezas dominantes y tipos de enmalezamiento (estudio semi-detallado)	48
3.2. Recuento de determinadas especies de importancia económica (dirigido)	48
3.3. Registro de todas las malezas (reconocimiento)	49
4. Métodos de evaluación de las malezas	49
4.1. Visual	49
4.2. Lineal	49
4.3. Cuadrático	50
4.4. Parcela mínima de muestreo de malezas	51
5. Patrón de muestreo en estudios de distribución de malezas	53
5.1. Muestreo aleatorio simple	54
5.2. Muestreo estratificado	55
5.3. Muestreo sistemático (sigue un patrón definido)	55
5.4. Muestreo preferencial	55
6. Datos a evaluar en estudios de registro de malezas	55
6.1. La composición florística (identificación de las malezas)	56
6.2. Tipos de enmalezamiento	56
6.3. Constancia (Frecuencia) (F)	57
6.4. Abundancia (densidad)	57
6.5. Dominancia de las malezas	59
6.6. Diversidad de las malezas	61
6.7. Índice de agresividad	61
6.8. Severidad del enmalezamiento	61
7. Métodos de análisis de los datos	61
7.1. Análisis descriptivo	61
7.2. Análisis de varianza	62
7.3. Análisis multivariado	62
8. Manipulación de datos resultantes de estudios de distribución de malezas	62
9. Características del área a muestrear	63
10. Descripción del sitio del muestreo	64
11. Bibliografía	65

CAPITULO III

ESTUDIOS DE COMPETENCIA ENTRE CULTIVOS Y MALEZAS

1. Introducción	67
2. Objetivos de los estudios de competencia entre cultivos y malezas	67
3. Metodología experimental	68
3.1. Parcelas demostrativas	68
3.2. Estudios que consideran densidades de malezas	68
3.3. Estudios que consideran densidades del cultivo	69
3.4. Estudios que consideran espaciamentos entre las hileras	72

3.5. Experimentos con series aditivas	73
3.6. Experimentos sustitutivos o series de reemplazo	74
4. Bibliografía	78

CAPITULO IV

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE PERIODOS CRITICOS DE CONTROL DE MALEZAS

1. Introducción	79
2. Objetivos para la determinación de períodos críticos de competencia de malezas	80
3. Metodología experimental	81
4. Manejo del cultivo	83
5. Control de malezas	83
6. Datos a evaluar	83
7. Análisis estadístico	84
8. Efecto de períodos de enmalezamiento y períodos de control sobre rendimiento	85
9. Bibliografía	87

CAPITULO V

METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE BANCO DE SEMILLAS DE MALEZAS

1. Introducción	89
2. Objetivos de los estudios de bancos de semillas	90
3. Metodología experimental	90
3.1. Selección de los sitios de muestreo	91
3.2. Extracción de las muestras	92
3.3. Técnicas para la determinación del banco de semillas	92
3.4. Metodología para el conteo	93
4. Variables a evaluar	94
5. Análisis de los datos	95
6. Comparación entre enmalezamiento actual y enmalezamiento potencial	95
7. Bibliografía	96

CAPITULO VI

EXPERIMENTACION CON CONTROL QUIMICO DE MALEZAS

1. Introducción	97
2. Objetivos de los estudios de control químico de malezas	97

3. Metodología experimental	98
3.1. Variables a evaluar en experimentos de control químico de malezas	99
4. Evaluación de la acción herbicida en contra las malezas	100
4.1. Evaluación del control de malezas por medio de la reducción de la biomasa de las malezas	100
4.2. Evaluación del control de malezas por medio de la estimación del porcentaje de cobertura	101
4.3. Cálculo de la eficacia de un tratamiento de control de malezas	102
4.4. Ejemplo numérico de evaluación de control de malezas cuando se utilizan herbicidas	103
4.5. Evaluación cualitativa del control de malezas	104
5. Evaluación de la tolerancia de parte del cultivo a la aplicación de herbicidas	106
6. Daño al cultivo (fitotoxicidad a las plantas cultivadas)	106
6.1. Ejemplo de evaluación de fitotoxicidad de tratamientos herbicidas	108
7. Procesamiento de los resultados provenientes de experimentos de control químico de malezas	108
8. Ejemplo de un experimento usando control químico de malezas	109
9. Bibliografía	111

CAPITULO VII

EXPERIMENTACION CON PRACTICAS DE MANEJO CULTURAL DE MALEZAS

1. Introducción	113
2. Objetivos de la experimentación con manejo cultural de malezas	114
3. Metodología experimental	114
4. Variables a evaluar en experimentos de manejo de malezas	115
4.1. Datos a evaluar en las malezas	115
4.2. Datos a evaluar en los cultivos	117
5. Análisis de datos de experimentos de manejo de malezas	118
6. Ejemplo de experimentos con manejo cultural de malezas	119
7. Bibliografía	121

CAPITULO VIII

EXPERIMENTACION CON CULTIVOS ASOCIADOS

1. Introducción	123
1.1. Terminología	124
2. Objetivos de la experimentación con cultivos asociados	125
3. Estimación de las ventajas de los cultivos asociados	126
3.1. Uso equivalente de la tierra	126

3.2. Índice de competitividad	128
3.3. Índice monetario	129
4. Metodología experimental	129
4.1. Experimentos aditivos	130
4.2. Experimentos sustitutivos	130
4.3. Análisis estadístico de experimentos con asocio de cultivos	131
5. Ejemplo de asocio de cultivos usando experimentos sustitutivos	132
5.1. Ventajas agronómicas del asocio	134
5.2. Competitividad de los componentes del asocio	135
5.3. Ventajas económicas del asocio	136
6. Bibliografía	137

CAPITULO IX

RECOLECTA, MONTAJE Y PRESERVACION DE ESPECIMENES DE MALEZAS (HERBARIO)

1. Introducción	139
2. Objetivo general	140
3. Objetivos específicos	140
4. Materiales necesarios para el montaje de malezas	140
5. Procedimiento para la herborización de plantas	141
5.1. Datos necesarios en la toma de muestra	141
5.2. Recolecta de los especímenes	142
5.3. Secado de los especímenes	144
5.4. Identificación de los especímenes	145
5.5. Montaje de los especímenes	145
5.6. Almacenamiento de los especímenes	146
6. Bibliografía	146

CAPITULO X

CALIBRACION DE EQUIPOS DE APLICACION Y CALCULO DE DOSIS

1. Introducción	147
2. Calibración de equipos utilizados para la aplicación de herbicidas	147
2.1. Objetivos de la calibración del equipo de aplicación	148
2.2. Consideraciones generales en la aplicación de herbicidas en experimentos de campo	148
2.3. Métodos para la calibración de bombas de espalda	148
2.4. Calibración de aspersoras operadas por tractor	150
3. Dosificación de los herbicidas	153
3.1. Objetivos de la dosificación de los herbicidas	153
3.2. Formulaciones líquidas (000)	154
3.3. Formulaciones sólidas (00)	154

3.4. Cálculo de la dosis en áreas comerciales	155
3.5. Cálculo de la dosis en parcelas experimentales	156
4. Bibliografía	159

CAPITULO XI

ANALISIS DE DATOS PROVENIENTES DE EXPERIMENTOS DE CAMPO

1. Introducción	161
2. Información necesaria para la interpretación del análisis	162
2.1. Diseño de experimento	162
2.2. Diseño de los tratamientos	162
2.3. Error experimental	163
2.4. Prueba de hipótesis	163
2.5. Interpretación de los resultados	166
3. Diseños mas utilizados en experimentación agronómica	167
3.1. Diseño de bloques completos al azar (BCA)	167
3.2. Experimentos factoriales	171
3.3. Diseño de parcelas divididas	177
4. Bibliografía	188

CAPITULO XII

VALORACION ECONOMICA EN EXPERIMENTACION AGRICOLA

1. Introducción	189
2. Objetivos del análisis económico en experimentación agrícola	190
3. Análisis económico basado en presupuesto total	190
3.1. Estimación de costos y beneficios	190
3.2. Ejecución del análisis	191
4. Análisis económico basado en presupuesto parcial	193
4.1. Parámetros utilizados en el análisis de presupuesto parcial	194
4.2. Ejemplo de análisis económico utilizando presupuesto parcial	195
4.3. Análisis marginal de los beneficios netos	196
5. Análisis de varianza de los beneficios netos	202
6. Bibliografía	204

CAPITULO XIII

GUIA PARA LA ESCRITURA DEL INFORME DE INVESTIGACION

1. Introducción	205
2. Importancia de la escritura del artículo científico	205
3. Partes que componen el artículo científico	206
3.1. Título	206

3.2. Introducción	207
3.3. Materiales y métodos	209
3.4. Resultados y discusión	214
3.5. Conclusiones	223
3.6. Recomendaciones	223
3.7. Resumen	223
3.8. Referencias	224
3.9. Palabras claves	229
3.10. Índice de contenido	230
3.11. Notas de pie de página	231
3.12. Anexos	232
3.13. Dedicatoria	232
3.14. Agradecimientos	232
4. Bibliografía	233

TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

CAPITULO I

Tablas

- 1.1. Preguntas típicas a contestar por medio de experimentos de campo 29

Figuras

- 1.1. Secuencia de pasos individuales desde la identificación y descripción del problema hasta su solución por medio de experimentos de campo (Sokal & Rohlf, 1981). 28
- 1.2. Forma correcta de colocar los bloques en el área del experimento. 33
- 1.3. Parcelas a surco corrido, en competencia total y área destinada para las evaluaciones. Los bordes no se consideran para la toma de muestras. 35
- 1.4. Representación gráfica del cuadrado del área de un experimento por medio del método 3, 4, 5. 36
- 1.5. Ejemplo de numeración de parcelas en el campo. El primer dígito corresponde al bloque y el segundo al número de la parcela. 38

CAPITULO II

Tablas

- 2.1. Incremento en el número de especies al incrementar el área muestreada (m²). 53
- 2.2. Escala de cinco grados para medir abundancia de malezas 58
- 2.3. Escala de cuatro grados utilizada para evaluar el porcentaje de cobertura de las malezas 60
- 2.4. Datos de abundancia, cobertura y peso seco de malezas obtenidos en campos en barbecho (datos promedio) 63

Figuras

- 2.1. Formas que puede tener el marco para los muestreos de malezas. 50
- 2.2. Incremento del área para la obtención de la parcela mínima. 52
- 2.3. Curva "área especie", incremento en el número de especies al aumentar el área muestreada. 52
- 2.4. Representación gráfica de los datos de la Tabla 2.1. El área mínima es de aproximadamente 20 m². 54
- 2.5. Distribución de muestras al azar. 54

2.6.	Esquema que indica el patrón de muestreo cuando se utiliza muestreo sistemático.	55
------	--	----

CAPITULO III

Figura

3.1.	Rendimiento teórico de cultivos por unidad de área y rendimiento por planta en función de la densidad de siembra (Radosevich, et al. 1998).	70
3.2. a)	Rendimiento de frijol común, en tratamientos con control de malezas, influenciado por la densidad de siembra. b) Peso fresco de malezas, en tratamientos sin control de malezas, influenciado por la densidad de siembra (Extraído de Vanegas, 1986).	71
3.3. a)	Efecto de distancias de siembra en cultivo de frijol común, sobre el rendimiento del cultivo. Tratamientos con control de malezas b) Efecto de distancias de siembra en cultivo de frijol común, sobre la producción de materia verde de malezas. Tratamientos enmalezados (Extraído de Vanegas, 1986).	73
3.4.	Esquema que muestra el efecto de incrementar la densidad de las malezas en el rendimiento del cultivo (Extraído de Radosevich, 1988).	74
3.5.	Modelos utilizados para representar los resultados de experimentos de series de reemplazo. La línea horizontal representa las proporciones de las especies, y la vertical los rendimientos (Extraído de Radosevich, 1988).	77

CAPITULO IV

Tabla

4.1.	Efecto de periodos de enmalezamiento y periodos de control sobre el rendimiento de grano.	86
------	---	----

Figura

4.1.	Ejemplo de tratamientos utilizados en experimentos para determinar periodos críticos de competencia de malezas en los cultivos (método cronológico). a) umbral temprano de competencia, b) umbral tardío de competencia.	82
4.2.	Respuesta del rendimiento de los cultivos a la influencia de periodos de infestación de malezas y periodos libre de malezas. En la mayoría de los casos el periodo crítico ocurre en el primer tercio del desarrollo del cultivo	83
4.3.	Rendimiento de grano de frijol común influenciado por periodos de control de malezas y periodos de enmalezamiento (Acevedo, 1996).	87

CAPITULO V

Tabla

5.1.	Comparación del enmalezamiento actual y potencial (abundancia m-2) en estudios de banco de semilla de maleza y evaluación de campo.	95
------	---	----

CAPITULO VI

Tabla

6.1.	Determinación de control de malezas por medio de la biomasa de las malezas (g m^{-2})	101
6.2.	Porcentaje de suelo cubierto por parte del cultivo y de las principales malezas presentes en el área experimental	102
6.3.	Porcentaje de enmalezamiento y de control en parcelas tratadas con	104
6.4.	Equivalencias de escalas cualitativas para evaluar grado de control y daño al cultivo (fitotoxicidad)	105
6.5.	Escalas recomendada por la European weed research counsel	105
6.6.	Evaluación cualitativa para el control de malezas y daño al cultivo	107
6.7.	Porcentaje de plantas con síntomas de fitotoxicidad en dos momentos después de la siembra del cultivo	109

Figura

6.1.	Efecto de control químico de malezas sobre el rendimiento de grano de frijol común (Avendaño, 1995).	110
------	--	-----

CAPITULO VII

Tabla

7.1.	Tabla de ANDEVA del análisis del rendimiento de maíz influenciado por sistemas de labranza y métodos de control de malezas en cultivo de maíz (López y Valdivia, 1997)	120
------	--	-----

Figura

7.1.	Rendimiento de grano de maíz bajo tres sistemas de labranza y métodos de control de malezas (efectos principales) (López y Valdivia, 1997). DMS=Diferencia mínima significativa.	120
------	--	-----

CAPITULO VIII

Figura

8.1.	Representación gráfica del significado de rendimientos relativos (RR) y uso equivalente de la tierra (UET).	127
------	---	-----

Tabla

8.1.	Numero de surcos, área por unidad experimental de cada componente, y área total de la unidad experimental. Experimentos de asociados de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo.	133
8.2.	Densidad por unidad experimental (UE) y densidad relativa de los componentes del asocio y densidad relativa total. Experimentos de asociados de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo	134
8.3.	Rendimientos absolutos y relativos de los cultivos puros y de los componentes del asocios y UETs para cada uno de los tratamientos.	135
8.4.	Índice de competitividad del cultivo de maíz cuando se siembra asociado con frijol. Experimentos de asociados de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo	136

8.5.	Rendimiento (kg ha ⁻¹) y beneficio neto (USD) de socios y de cultivos puros e índices monetarios (IM) de los componentes del socio y total. Experimentos de socios de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo	137
------	---	-----

CAPITULO IX

Figura

9.1.	Materiales necesarios para el prensado de los especímenes en el campo. De arriba hacia abajo: fajas o correas, prensas de madera, cartón corrugado y papel periódico.	143
9.2.	Forma de colocar las muestras en las prensas de madera, listas para el secado.	144
9.3.	Plataforma de madera recomendada para el secado de los especímenes de malezas.	145

CAPITULO XI

Tabla

11.1.	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹) de sorgo obtenido en parcelas tratadas con herbicidas	168
11.2.	Rendimiento de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), bajo la influencia de tres secuencias de cultivos (SC) y tres métodos de control de malezas (MAL)	174
11.3.	Rendimiento (kg ha ⁻¹) de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo efecto de tres manejos de suelo y tres métodos de control de malezas	179
11.4.	Rendimiento de sorgo industrial (kg ha ⁻¹) bajo dos sistemas de labranza y cinco alternativas de control químico de malezas	185

CAPITULO XII

Tabla

12.1.	Presupuesto total en córdobas de la siembra de una hectárea de frijol, para cada una de las alternativas de control de malezas. La Compañía, 1996.	192
12.2.	Análisis económico de controles de maleza en cultivo de frijol común. Presupuesto total de la siembra de una hectárea de frijol (C\$). La Compañía, 1996	193
12.3.	Presupuesto parcial del experimento, producción de frijol común, bajo tres tipos de labranzas y tres métodos de control de malezas. Experimento de labranza y control de malezas. La Compañía, postrera, 1997	197
12.4.	Análisis de dominancia de los tratamientos estudiados en experimento de control de malezas y fertilización (córdobas ha ⁻¹)	198
12.5.	Análisis marginal de los tratamientos evaluados en el experimento de sistemas de labranza y métodos de control de malezas (córdobas ha ⁻¹) (Moreno y Rodríguez, 1998).	202
12.6.	Beneficio neto de la producción de frijol común (USD) influenciado por métodos de control de malezas y sistemas de labranza	203

Figuras

12.1.	Rendimientos de frijol común (kg ha ⁻¹) de cada uno de las combinaciones de los factores en estudio (sistema de labranza y control de malezas). La Compañía, 1998 (Moreno y Rodríguez, 1998).	195
12.2.	Curva de beneficios netos. Experimento de sistemas de labranza y métodos de control de malezas (Moreno y Rodríguez, 1998).	199

CAPITULO XIII

Tabla

13.1.	Unidades básicas del sistema internacional de medidas	212
13.2.	Peso seco de las plantas, número de plantas por parcela útil y número de ramas por plantas de frijol común, bajo la influencia de métodos de control de malezas. La Compañía, postrera, 1994	217
13.3.	Rendimiento de frijol común (kg ha ⁻¹) bajo tres sistemas de labranza y tres formas de control de malezas. La Compañía, postrera, 1994	218

Figura

13.1.	Muestra la distorsión que sufren los datos cuando se utilizan diferentes escalas para nombrar los datos.	219
13.2.	(a) Forma de representar la leyenda en el eje Y, es recomendable ubicarla de forma horizontal (b) Comparación en la presentación de la leyenda en el eje X. Note el espacio perdido por colocar las leyendas de forma vertical.	220
13.3.	Ejemplo de gráficos de barras. a) Incluyendo el valor de dos variables relacionadas b) muestra un valor simple correspondiente a una variable.	221
13.4.	Gráfico de sectores, utilizado para mostrar los tamaños relativos de los componentes de un total.	221

ANEXOS

1.	Abreviaturas reconocidas por el sistema internacional de medidas (SI) (Unidades derivadas)	235
2.	Abreviaturas de uso común en escritos científicos	236
3.	Unidades de medida y peso y sus equivalencias	236
4.	Factores para convertir unidades de medidas y peso	238
6.	Malezas reportadas en investigaciones relacionadas a Ciencia de las Malezas en Nicaragua.	239

PRESENTACION

Para la Universidad Nacional Agraria es motivo de particular satisfacción presentar el Manual de Investigación Agronómica con Énfasis en Ciencia de las Malezas escrito por el Dr. Freddy Alemán Zeledón, quien es uno de sus más destacados docentes investigadores y actualmente Director de Investigación y Postgrado.

El presente manual viene a llenar un vacío que existía para investigadores, docentes, estudiantes, y extensionistas e inclusive para los agricultores innovadores.

Existen textos, revistas y documentos donde se abordan unos u otros aspectos del proceso de investigación, pero ninguno tan completo como el actual. Adicionalmente el texto proviene de la recopilación y análisis de la literatura existente en este campo a nivel nacional e internacional, pero es particularmente importante que sistematiza la experiencia en la práctica de un docente investigador muy destacado, de elevado nivel académico y una amplísima experiencia en investigación, docencia, extensión y asesoría de procesos productivos.

Presenta un abordaje amplio e integral del proceso de investigación que, a pesar de tener un énfasis en ciencias de las malezas, es de gran utilidad para los diversos campos de la investigación agronómica.

Integra desde la planificación, ejecución y evaluación de experimentos de campo, la cual permite evitar muchos errores desde el establecimiento que hacen que, independientemente de la calidad de las etapas posteriores del proceso de investigación, lleven de arrastre un efecto cualitativo negativo que indudablemente puede conllevar a conclusiones y recomendaciones distorsionadas.

Con relación específica a las malezas, presenta desde un extenso listado de malezas con sus nombres científicos, nombres comunes y familias, hasta la calibración de equipos y cálculo de dosis para la aplicación de herbicidas. En

su contenido, con relación siempre a las malezas, detalla los métodos para el estudio de su distribución, la competencia con los cultivos, los métodos para la determinación de los períodos críticos de control, **lo cual puede reducir pérdidas en las cosechas al no hacer los controles a tiempo y reducir costos al no hacer controles innecesarios.** Presenta también lo referido a la metodología de estudio de banco de semillas y un claro y vasto abordaje de los controles químicos, pero también de los controles o manejos culturales e inclusive documenta todo lo referido a la recolecta, montaje y preservación de especímenes de malezas para el establecimiento de herbarios.

Es muy ilustrativo y completo el análisis e información presentada en cuanto a los cultivos asociados, abarcando desde la terminología, diversos índices relacionados, establecimiento, hasta sus ventajas y limitaciones.

El análisis económico, ausente en muchos trabajos, es un componente elaborado en el manual con un enfoque metodológico y estadístico amplio y consistente.

Muy comunes son los errores que se cometen en los análisis de los datos provenientes de experimentos de campo, lo cual introduce significativos sesgos en la interpretación de los resultados. Esto puede llevar a conclusiones y recomendaciones en el mejor de los casos incompletas y peor aun, llegar a ser erradas con todas las implicaciones que ello tiene. El autor ha desarrollado una amplia experiencia teórica y práctica en el abordaje de estos problemas, lo cual lo lleva a presentar con amplitud y claridad la forma de hacer los análisis, facilitará el trabajo de procesamiento de la información para los usuarios de este manual y elevará la calidad y por consiguiente el impacto de los procesos de investigación.

Del total de trabajos de investigación que en el país se realizan, es muy baja la tasa de publicaciones técnicas o científicas derivadas, entre otras cosas, porque los análisis e interpretación de los datos no se hacen, se hacen incompletas o simplemente porque a pesar de hacerse los análisis, nunca llegan a escribirse los informes de investigación y los artículos derivados. En este sentido el manual también llega hasta ese nivel presentando una guía completa para la escritura de estos informes.

Considero importante mencionar que, además de la amplitud y calidad del contenido de este manual, el mismo está elaborado de una forma didáctica que facilita su uso y el aprendizaje de los temas abordados.

Telémaco Talavera Siles
Rector UNA

CAPITULO I

PLANIFICACION, EJECUCION Y EVALUACION DE EXPERIMENTOS DE CAMPO

1. Introducción

Por lo general, los experimentos en la agricultura son conducidos para dar una solución específica a un problema existente. Estos problemas en la mayoría de los casos son comunes a grupos de productores y afectan la normal producción de los cultivos. El problema puede ser de índole general, como el desarrollo de mejores métodos de control de malezas, o específico, como el control de una maleza en particular. La solución a dichos problemas se realiza bajo una amplia gama de condiciones que incluye: clima, variedades, suelo, estación de crecimiento, localización, etc.

El experimento de campo genera información representativa para las condiciones que predominan en el área donde es establecido. Debido a la gran variabilidad existente en los factores mencionados, un sólo experimento no representa todas las condiciones posibles, más bien, los resultados provenientes de un sólo experimento encierran un alto riesgo de girar conclusiones erróneas o realizar falsas interpretaciones. Un único experimento rara vez permite dar una visión completa del comportamiento de los tratamientos.

Para obviar lo anteriormente expuesto, es necesario la planificación de series de experimentos, los cuáles deben contener los mismos tratamientos. La implementación de los experimentos debe realizarse en condiciones similares, con el propósito de incrementar la probabilidad de obtener resultados dignos de credibilidad. Todo proyecto de investigación debe contener una serie de experimentos.

2. Principios para la planificación del experimento

La conducción del proyecto de investigación (experimentos en serie) debe seguir un conjunto de pasos. Primero se inicia con una pregunta de investiga-

ción, la cual necesita obtener una respuesta, ésta podría ser por ejemplo, ¿cómo una determinada práctica cultural influye sobre las poblaciones de malezas y el rendimiento del cultivo? Para poder contestar la pregunta es necesario disponer de recursos, tales como: equipos, tierra, personal, computadoras, etc.

Hay que analizar si con los recursos disponibles es posible dar respuesta a la pregunta de investigación. Sobre la base de los recursos con que se cuenta se plantea la estrategia a seguir, de tal forma que el diseño del experimento sea eficiente. Mas allá del diseño individual del experimento, se necesita determinar o al menos estimar el número mínimo de experimentos que se necesitan para dar un resultado confiable. El número mínimo de experimentos por proyecto oscila entre cinco y diez.

El diseño del experimento también incluye la pregunta sobre el número de repeticiones necesarias en el ensayo. En general cualquier área de un experimento puede albergar un número limitado de parcelas. Deben evitarse falsas interpretaciones debido a diferencias en: suelo, infestación de malezas, microclimas, etc.

El objetivo básico de cualquier experimento individual es establecer la naturaleza y el grado de diferencias entre tratamientos. Para cumplir con lo anterior, es necesario que todos los factores asociados con el experimento sean lo mas uniforme posible, en particular se debe poner atención en los siguientes puntos:

1. Uniformidad en todos los factores (sitio, manejo agronómico, fertilización, cultivo, variedad, etc.).
2. Los tratamientos deben ser establecidos bajo las mismas condiciones (e.g., no establecer tratamientos durante un día y dejar repeticiones para el día siguiente).
3. Establecer repeticiones, con el propósito de reducir la variabilidad dentro del experimento.
4. Usar en la medida de lo posible el mismo operario en las labores de establecimiento del experimento. No incluir mucho personal en las labores de establecimiento y manejo del experimento.
5. Es importante la uniformidad en la valoración de los resultados. Si existen datos que se extraen en diferentes etapas durante el desarrollo del experimento, es recomendable que la información sea recolectada por una misma persona.

2.1. Pasos a seguir desde la determinación del problema hasta la solución

La secuencia e interrelación de los pasos individuales desde la identificación y descripción del problema hasta su solución puede ser representada por medio de la Figura 1.1. La solución exitosa del problema se logrará si los pasos indicados se llevan a cabo de conformidad con el problema. El objetivo del experimento determina todos los pasos que se necesitan en todo el proceso. El planeamiento y evaluación del experimento consiste no sólo en la correcta escogencia de las reglas estadísticas, sino también en la exposición de la pregunta sobre el problema de forma precisa y encontrar la respuesta adecuada para dicha pregunta.

Al finalizar la serie de experimentos lo ideal es obtener la solución al problema planteado, sin embargo es posible que al llegar a conclusiones la solución del problema sea de forma parcial. En este caso las conclusiones obtenidas pueden originar un nuevo problema con diferentes objetivos. Por otro lado es posible no obtener la respuesta necesaria al problema de investigación, por tanto pueden definirse nuevos modelos estadísticos y/o biológicos que ayuden a encontrar la respuesta deseada.

El objetivo de la planificación del experimento de campo es resolver problemas de manera adecuada con mínimos recursos y esfuerzos. La planificación incluye aspectos metodológicos y de organización.

Aspectos metodológicos

Los aspectos metodológicos incluyen: determinación de las posibles soluciones al problema para ser investigadas (lista de tratamientos), determinación del grado de precisión necesario para lograr los objetivos: determinación del tipo de diseño experimental, arreglos, procedimientos y valoración de los resultados. Planificar la forma de recolectar los datos y los métodos de evaluación.

Aspectos organizativos

Los aspectos organizativos incluyen la planificación de todas las actividades a realizar durante el desarrollo del experimento, distribución del trabajo, secuencia, etc. Debe garantizarse la supervisión del experimento, determinar los equipos y materiales necesarios para la correcta ejecución del experimento, los materiales de apoyo, determinación y coordinación de esfuerzos, capacidad de trabajo. Efectuar y ejecutar un calendario de actividades y un plan local que incluya los plazos en los cuales se realizaran las actividades.

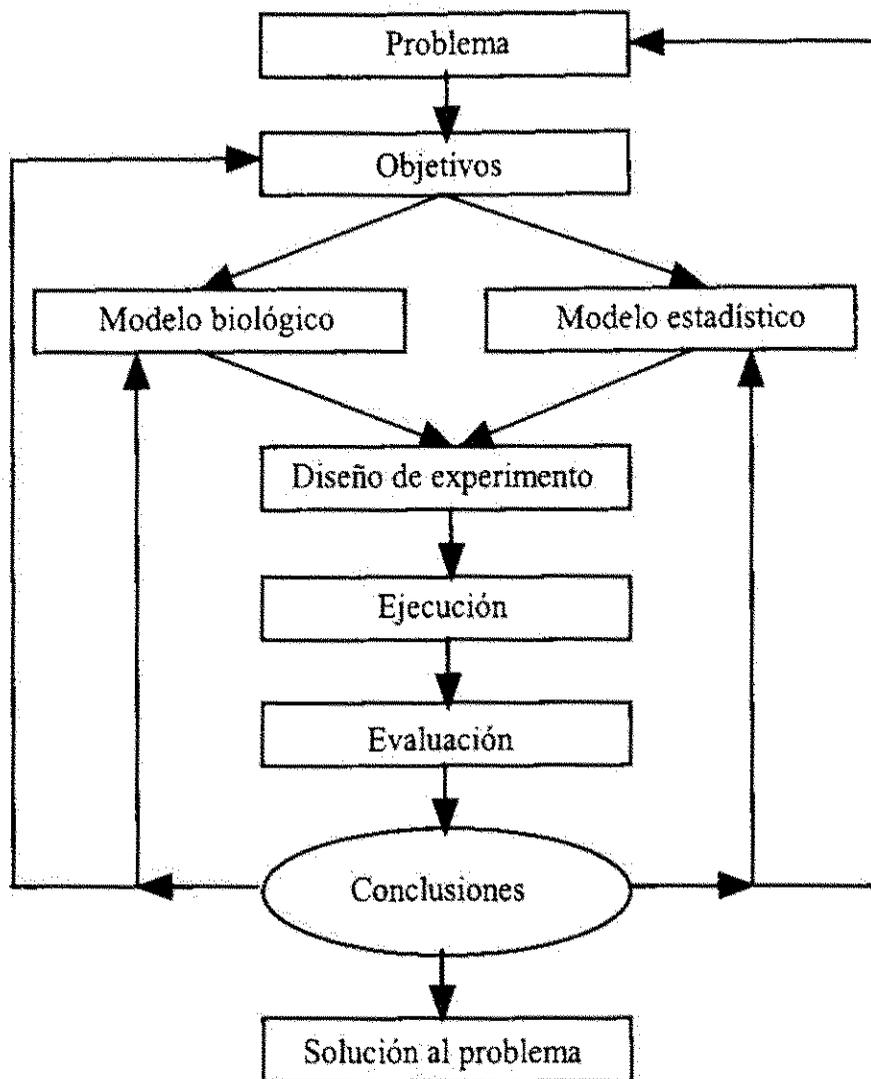


Figura 1.1. Secuencia de pasos individuales desde la identificación y descripción del problema hasta su solución por medio de experimentos de campo (Sokal & Rohlf, 1981).

2.2. Problema y objetivos

La definición del problema de investigación y de los objetivos es esencial. Es común que en el plan inicial del experimento se intente hacer demasiado. Lo anterior es el resultado del escaso conocimiento acerca de los objetivos del experimento, de los recursos necesarios y de la complejidad del análisis de los datos resultantes.

La validez del experimento no estriba en la complejidad que este presente, ni en los métodos sofisticados que se utilicen para los análisis e interpretación de los resultados, sino en la definición precisa del problema a investigar, de los

objetivos y la selección de los métodos adecuados para encontrar respuesta a la pregunta de investigación.

La tarea del investigador es poder reconocer problemas que no han sido explorados por otros investigadores, formularlos de forma precisa, resolverlos con un mínimo de gastos y por la ruta mas directa. La formulación de un problema consiste en su descripción en forma precisa. Esta descripción debe permitir preguntas concretas que el experimento pretende resolver. En el caso de experimentos de campo existen tres tipos de preguntas que pueden ser contestadas (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Preguntas típicas a contestar por medio de experimentos de campo

Tipo de pregunta	Ejemplo
Preguntas si o no producto	¿Es el producto A más efectivo que el B? ¿Tiene el control físico efecto sobre la dinámica de las malezas?
Preguntas cuantitativas	¿Cuál es periodo de tiempo en que las malezas deben ser controladas?
Preguntas abiertas	¿Cuáles son las ventajas de la utilización de residuos de cosecha en el control de las malezas?

Mientras la formulación del problema corresponde a la situación actual, la definición de los objetivos es una descripción de la situación deseable. La especificación de los objetivos es una descripción de los resultados deseados y no de los procedimientos.

La clara definición de los objetivos es importante en las actividades del experimento por las siguientes razones: si se carece de una definición clara de los objetivos no existe una base obvia para la escogencia del arreglo del experimento, para la planificación y los métodos de evaluación. Si alguien no sabe que es lo que quiere hacer es difícil obtener un resultado. No es razonable esperar respuestas para preguntas que aún no se han realizado.

Otra razón por la cual los objetivos deben ser formulados de forma precisa es la necesidad de indicadores que permitan evaluar si el experimento fue exitoso una vez que éste finalice. Por otro lado formulaciones claras de los

objetivos permiten una planificación óptima del trabajo y motiva al investigador, puesto que éste conoce exactamente el porque está llevando a cabo el experimento y las finalidades que espera lograr. Finalmente la definición clara de los objetivos conduce a pensar cuidadosamente en el tema y analizar críticamente el sentido y propósito del experimento.

La formulación de los objetivos debe proporcionar información detallada y precisa acerca de los siguientes tópicos:

1. La pregunta de investigación que tiene que ser contestada.
2. Las condiciones bajo las cuales la respuesta va ser probada (condiciones del experimento).
3. La precisión deseada y estabilidad de las respuestas obtenidas (riesgo de error tolerable).
4. El rango de validez que será cubierto por las respuestas esperadas (el experimento será válido únicamente para el sitio específico donde se desarrolla el experimento o serán válidas para otros sitios con condiciones disímiles).
5. Las prioridades con que las preguntas serán contestadas (cuales son las preguntas que tienen prioridad o son mas importantes, si por razones imprevistas un experimento no puede ser llevado a cabo según su planificación original, y no logra los alcances originales).

En la práctica es de utilidad contestar las tres preguntas cuando se diseñan los objetivos.

¿Qué es lo que queremos conocer?

¿Por qué lo queremos conocer?

¿Hasta qué nivel lo queremos conocer?

La primer pregunta esta relacionada a la investigación, considera el problema en estudio y las posibles soluciones a dicho problema. La segunda pregunta tiene que ver con el objetivo del experimento, para ser mas exactos la población de la cual el resultado del experimento será deducido. La tercera pregunta concierne la precisión con la cual la respuesta será dada. Aquí se considera importante: la determinación del tamaño del proyecto, el número de experimentos, replicas, el tamaño de las muestras, etc.

Únicamente cuando los objetivos han sido definidos en detalle, es posible juzgar si pueden ser logrados en un experimento sencillo. La importancia de una clara y completa definición de los objetivos no debe ser sobrestimada.

Cuando se plantean los objetivos el autor debe saber precisamente que quiere decir con cada palabra y que no quiere decir con ello.

La precisa descripción del problema y los objetivos de un experimento provee las últimas bases para la planificación, ejecución y evaluación del experimento en conformidad con el problema. Errores y deficiencias a este estado pueden afectar la solución del problema o hacer imposible el inicio de éste.

2.3. Modelos estadísticos y biológicos

El resultado obtenido de un experimento no sólo es debido al efecto del tratamiento, sino que también de los factores considerados cuando se definió el plan (disposición o arreglo) y otros factores imprevistos, por tanto es recomendable separar estos efectos. Lo anterior se logra por medio de un modelo, el cual depende del plan y de realizar estimados teóricos acerca de esos efectos.

Un modelo típico para un experimento establecido en un diseño de bloque completo al azar es el siguiente:

Resultado observado = valor general de la media (determinada por el cultivo, variedad, métodos culturales, localidad, etc.) + el efecto del tratamiento aplicado + efecto de los bloques + termino de error residual. Este tipo de modelo se le conoce como modelo lineal aditivo, ya que se asume que todos los efectos operan de forma independiente. Desde el punto de vista matemático el modelo se expresa de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \mu + J_i + B_j + E_{ij}$$

Los modelos estadísticos son importantes no sólo por la interpretación y análisis de los datos, también afectan el diseño del experimento y los métodos de muestreo. Las asunciones mas comunes de modelos estadísticos son:

En el establecimiento del experimento. Patrones de distribución (e.g., al azar, agregado, etc.), gradiente (e.g., en el campo respecto a humedad, fertilidad, condiciones de suelo, etc.), distribución al azar de los tratamientos, etc.

Para la recolección de los datos. Patrones de distribución (normal, binomial, etc.), independencia de las observaciones, azarización de las muestras.

Los modelos estadísticos ayudan en la planificación del experimento y en la decisión de la selección del método para abordar el problema, sin embargo son útiles solamente cuando no contradigan leyes biológicas.

Los elementos mas importantes para la construcción de modelos biológicos se presentan a continuación: comportamiento de los factores de daño, influencia de sustancias alelopáticas, adaptación a cambios de condiciones, dis-

tribución de las malezas dentro del cultivo, influencias marginales, factores de vecindad, mecanismos de distribución de las poblaciones de malezas, influencia del cultivo antecesor, dinámica de población, condiciones ecológicas, comportamiento de competencia entre las especies, predadores y parásitos, influencia de los factores del medio ambiente en el desarrollo del cultivo y en los factores de daño, modo de acción del agente de protección de plantas a ser investigado, entre otros.

El plan del experimento puede y debería ser diseñado únicamente después de haber considerado y aclarado los factores anteriores.

3. Metodología para el establecimiento del experimento de campo

El siguiente paso después planificar la investigación es el establecimiento del experimento. Un principio importante que todo investigador debe recordar es que la investigación agronómica es costosa, lo que implica: dinero, tiempo y esfuerzo. Un experimento de campo debe ser conducido con rigurosidad, de tal forma que los errores se reduzcan y a la vez proporcione información de interés en el ámbito agronómico.

El establecimiento del experimento depende de la naturaleza del trabajo, sin embargo existen principios básicos que son comunes a todo experimento. A continuación se mencionan los de mas relevancia.

3.1. Selección del sitio del experimento

Como se mencionó anteriormente, el sitio donde se establece el experimento debe ser lo mas representativo posible. Los factores como: fertilidad, humedad, tipo de suelo, distribución y número de malezas deben ser uniformes, si se quiere obtener información veraz y objetiva.

Las áreas destinadas al establecimiento de ensayos de campo deben rotarse ciclo a ciclo, no se deben establecer experimentos en áreas que anteriormente fueron utilizada con propósitos similares. Las áreas tratadas con herbicidas pre-emergentes deben ser utilizadas hasta un período posterior a dos años después de su uso, debido a la residualidad de dichos productos.

Un caso excepcional en la selección del sitio del experimento lo constituye la implementación de experimentos en los cuales se evalúa el efecto de una determinada práctica a lo largo del tiempo (*e.g.*, manejo de suelo, rotaciones de cultivo). En este caso los experimentos en serie se establecen en el mismo sitio.

3.2. Arreglo de bloques y parcelas

En sitios en los cuales se sabe que existe una gradiente influenciada por la pendiente, los bloques deben ser establecidos de forma perpendicular a la gradiente (Figura 2.1). El objetivo que se persigue con tal disposición es conseguir la mayor uniformidad dentro de los bloques.

El bloqueo en el campo puede realizarse permitiendo que los bloques queden uno a la par del otro, sin embargo si situaciones prácticas lo exigen, — *i.e.*, no disponer de área suficiente— los bloques pueden ubicarse de forma dispersa en el campo, y aún en diferentes campos.

En experimentos que evalúan manejo cultural de malezas, las parcelas se pueden ubicar en competencia total, en cambio en experimentos de control químico es conveniente dejar suficiente espacio entre parcelas para evitar deriva del producto, el cual puede pasar de una parcela a otra, produciendo sobre-dosificación.

En la Figura 1.2. se presenta la disposición en que se deben de colocar los bloques en el campo. Los mismos deben de colocarse de acuerdo a la gradiente de fertilidad y humedad del suelo influenciada por la pendiente del área.

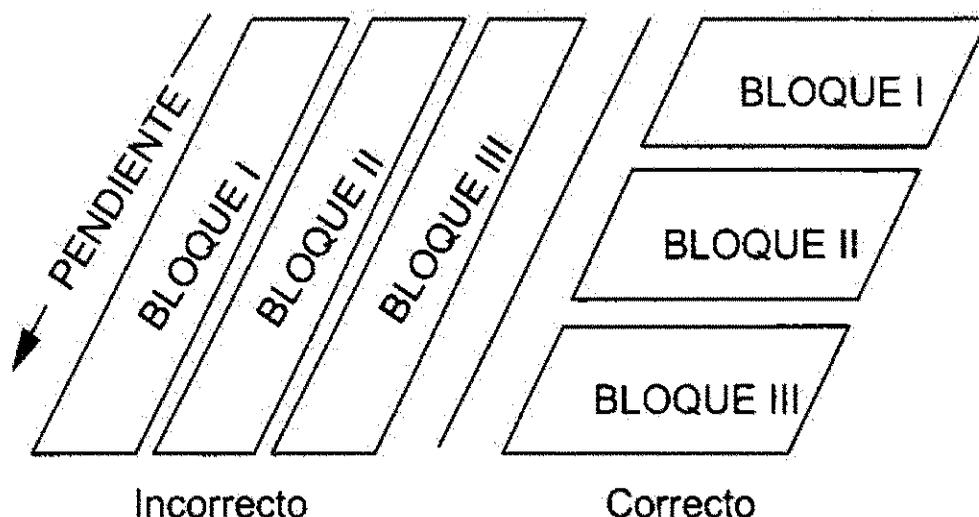


Figura 1.2. Forma correcta de colocar los bloques en el área del experimento.

3.3. Unidad experimental

Es el material o el lugar sobre el cual se aplican los tratamientos en estudio, *i.e.*, una parcela de campo, una bandeja donde se estudia banco de semillas, etc. La unidad experimental, una vez que es expuesta a un tratamiento, constituye una replica de dicho tratamiento.

Tamaño de la unidad experimental

Existen una serie de factores que definen el tamaño de la parcela o unidad experimental, entre ellos se menciona:

Objetivos. Si el experimento es para evaluar una práctica de manejo de malezas, las parcelas pueden ser pequeñas. Para parcelas demostrativas el tamaño es mayor.

Uniformidad de malezas. Si las malezas tienen una distribución al azar, y se encuentran distribuidas uniformemente en el campo, el tamaño de la parcela puede reducirse.

Tipo de malezas. Si el enmalezamiento está compuesto por malezas perennes y/o rastreras, se necesitan parcelas de mayor tamaño, que si el enmalezamiento está compuesto por malezas anuales erectas.

Tipo de cultivos. Cultivos perennes o semi-perennes necesitan parcelas de mayor tamaño que cultivos anuales.

Equipo. La necesidad de contar con maquinaria especializada para el establecimiento del experimento, puede conducir a la utilización de parcelas de mayor tamaño.

Prácticas culturales. En ocasiones el tamaño de la parcela está condicionado a las prácticas culturales, e.g., la necesidad de un determinado espaciado entre hileras puede conducir a parcelas de mayor o menor tamaño.

3.4. Efecto de bordes o de orilla

Los bordes se constituyen en la zona de transición entre dos tratamientos. Si no se considera el efecto de bordes el investigador introduce errores en el proceso de evaluación.

En experimentos de control químico de malezas, el producto debe ser aplicado en toda el área de la unidad experimental, sin embargo las muestras de enmalezamiento y los datos de rendimiento y sus componentes deben ser extraídos de una parte del área de la parcela. Los surcos exteriores de la unidad experimental y un sector del extremo (cabecera de la parcela), no se consideran para la toma de muestras.

Las áreas correspondientes a los bordes están influenciadas por factores de proximidad como competencia por malezas, concentración de plagas, etc. En la Figura 1.3, se muestra el área que hay que descartar cuando se evalúan experimentos de campo.

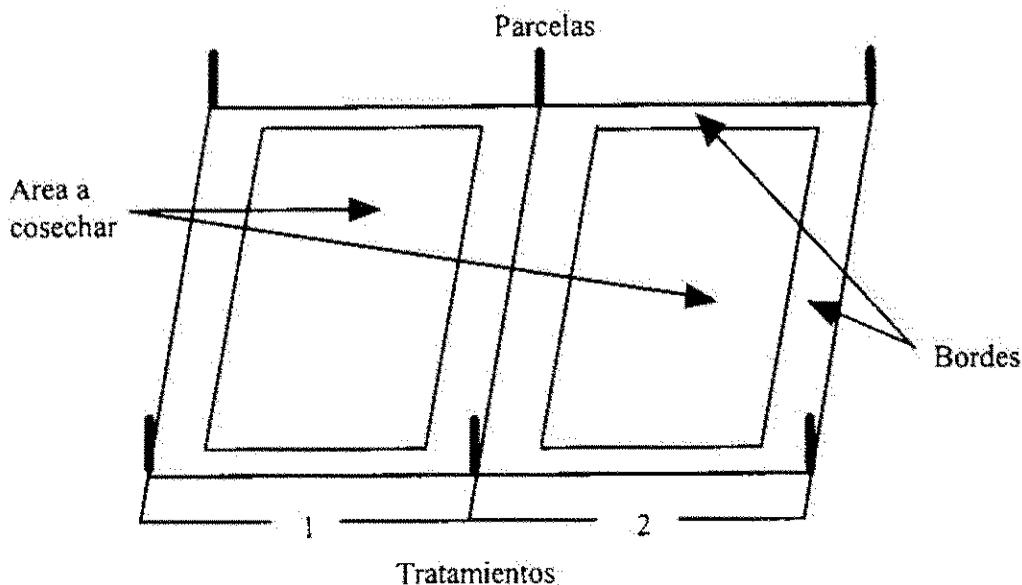


Figura 1.3. Parcelas a surco corrido, en competencia total y área destinada para las evaluaciones. Los bordes no se consideran para la toma de muestras.

3.5. Marcado del área

Una vez seleccionada el área para el establecimiento del experimento, se inicia el marcado del área. Si el experimento se establece en labranza convencional, posterior a las labores de arado y grada, se continúa con el surcado. Posterior al surcado se mide el área y se ubican los puntos extremos del área total del experimento. En los extremos se colocan estacas de regular grosor y resistentes, de un tamaño tal que puedan ser vistas aún después de que el cultivo alcance estadios tardíos en su desarrollo.

Para el cuadrado del área del experimento se puede disponer de aparatos sofisticados, sin embargo, en la mayoría de los casos, en el campo se carece de dichos equipos. Un método práctico para el cuadrado del área del experimento lo constituye el método 3, 4, 5 el cual resulta un procedimiento práctico, útil y preciso. El método es basado en la fórmula $a^2 + b^2 = c^2$.

En el marcado del área se tiene que disponer de cintas graduadas de regular longitud (50 m.) y de lienzas (cuerdas, cadenas), que faciliten el trabajo de cuadrado.

El procedimiento a seguir para obtener un ángulo recto por medio del triángulo 3, 4, 5, es el siguiente:

1. Se traza una línea desde el punto A (punto de referencia inicial) hasta el punto B.

2. Se miden tres unidades (metros, pies, etc.) desde A en dirección a B, estableciendo de esa forma el punto b. Esta línea representa la línea base para la ubicación de los siguientes puntos.
3. A partir del punto A, tirar una nueva línea hasta un punto C, en aproximadamente 90 grados a partir del punto b, para establecer una línea provisional AC.
4. Sobre la línea provisional AC, medir en total cuatro unidades (metros, pies, etc.) y establecer el punto c.
5. El siguiente paso es medir cinco unidades desde el punto b hasta el punto c, ajustando a través del punto c, sin modificar la distancia de cuatro unidades, de tal forma que se obtiene un ángulo recto.
6. El punto c se ubica nuevamente de tal forma que se mantenga la distancia de cinco unidades entre el punto b y el punto c.
7. Establecer la línea AC, tomando como referencia el punto c.
8. Las líneas AB y AC son perpendiculares y puede iniciarse con el marcaje del resto del experimento.

En la Figura 1.4, se muestra la representación gráfica del establecimiento del método 3, 4, 5.

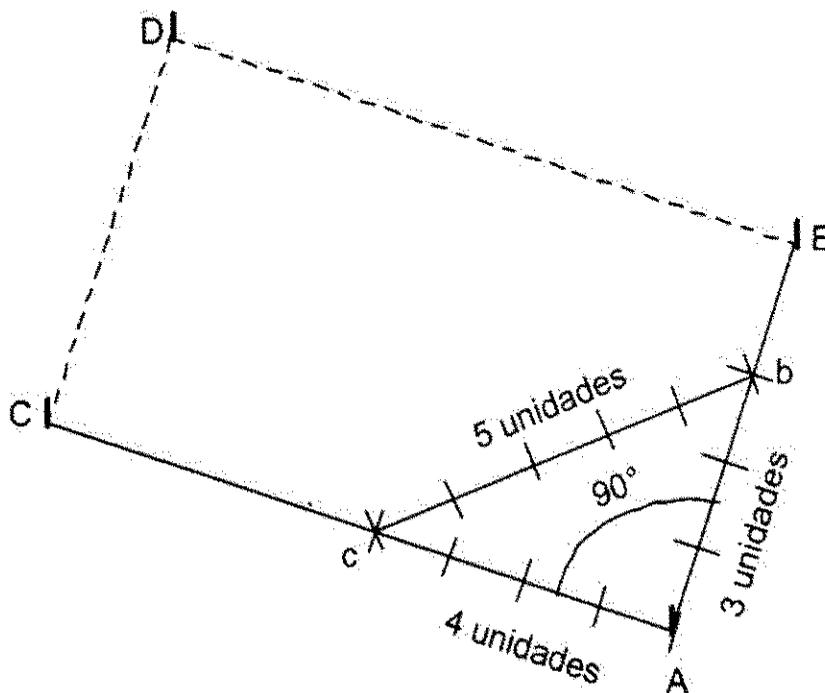


Figura 1.4. Representación gráfica del cuadrado del área de un experimento por medio del método 3, 4, 5.

3.6. Identificación de las parcelas

La identificación de las parcelas puede realizarse utilizando estacas, etiquetas de papel cartulina protegidas con plástico o etiquetas de madera clavadas a las estacas. La lluvia y el sol causan deterioro de las etiquetas, por tanto se recomienda la utilización de tinta indeleble y/o pintura resistente al agua.

Para la identificación de las parcelas en campo es recomendable la utilización de tres dígitos, el primer número corresponde al bloque en que se encuentra la parcela (1, 2, 3, 4 en caso de cuatro repeticiones), el segundo dígito corresponde al número de la parcela, cuya cantidad estará en dependencia del número de tratamientos, *e.g.*, la parcela 106, corresponde al primer bloque y la parcela número seis contando de izquierda a derecha.

Una vez ubicadas las parcelas, en la parte frontal se inicia la numeración de las parcelas de izquierda a derecha. La numeración facilita la toma de datos, y no requiere de contar con el plano de campo todo el tiempo identificando el tratamiento a evaluar. Otra ventaja de la toma de datos por medio de la numeración indicada, es la probabilidad de prejuicio a la hora de juzgar un tratamiento.

Es recomendable que posterior a la toma de datos, en trabajo de gabinete, se ubiquen los tratamientos que pertenecen a determinadas parcelas. La Figura 1.5 muestra el procedimiento indicado para la numeración de las parcelas en el campo.

En casos cuando se tiene que presentar el trabajo de campo a productores, técnicos y/o personas interesadas en el resultado de la investigación, se recomienda etiquetar las parcelas con información que incluya número de parcela, factores en estudio, tratamiento de control de malezas, etc.

3.7. Parcela control (tratamiento testigo o de comparación)

En experimentos de control de campo, es recomendable la utilización de parcelas control o parcela testigo. En experimentos de control de malezas, existe el testigo absoluto que corresponde a un tratamiento enmalezado. Este tratamiento se utiliza como referencia para conocer el porcentaje de control de una determinada práctica de manejo de malezas, pero también genera información sobre el efecto perjudicial de las malezas en contra del cultivo.

Existe también el testigo relativo, que es la práctica de manejo de malezas que normalmente realizan los productores de la zona de influencia del proyecto de investigación. Permite evaluar las bondades de una práctica experimental sobre la práctica común de los productores.

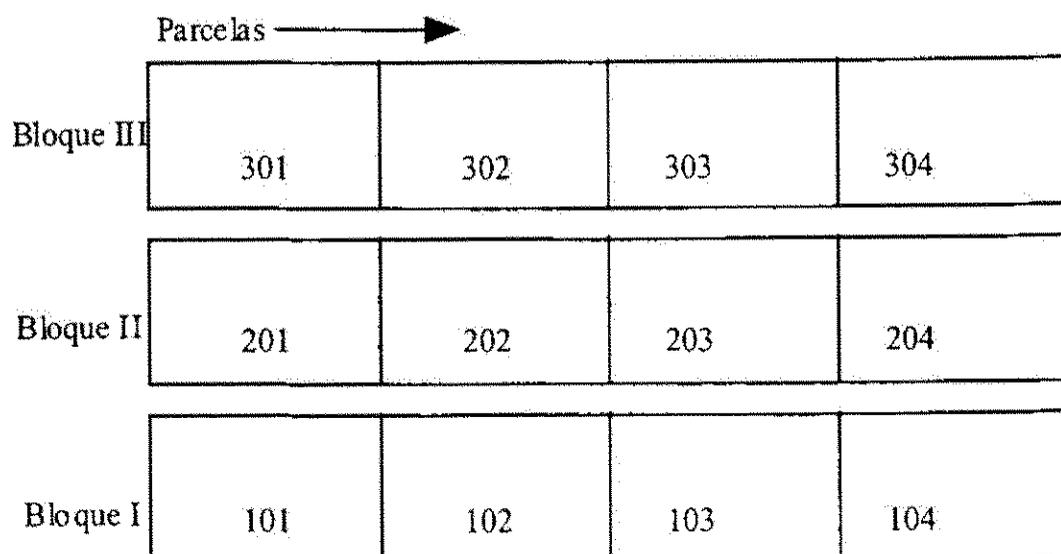


Figura 1.5. Ejemplo de numeración de parcelas en el campo. El primer dígito corresponde al bloque y el segundo al número de la parcela.

En experimentos de control químico de malezas se incluye un tratamiento de control mecánico de malezas (testigo mecánico). El testigo mecánico se utiliza para comparar el efecto de tratamientos de control químico de malezas con una parcela sin tratamiento herbicida. El testigo mecánico permite evaluar la fitotoxicidad de los tratamientos herbicidas hacia el cultivo de interés. Permite una evaluación visual comparativa.

4. Evaluación del experimento

Antes de profundizar acerca de la evaluación de experimentos de campo, es oportuno aclarar el significado de ciertos términos, entre los que destacan: muestras y poblaciones y observaciones y variables.

Los datos constituyen información en forma numérica que puede ser procesada y representan una o más características de objetos o unidades. Los datos son generalmente basados en observaciones individuales, las cuales son mediciones (variables) tomadas de pequeñas unidades llamadas muestras. Una muestra es una porción de una población que se toma con propósito de estudio, con la esperanza de que ésta sea lo suficientemente representativa para decirnos lo que necesitamos conocer acerca de la población en su totalidad.

Población desde el punto de vista estadístico es la totalidad de las observaciones individuales acerca de la cual se realizan inferencias, existe en cualquier

lugar del mundo o al menos entre áreas de muestreo debidamente especificadas, limitadas en espacio y tiempo.

La propiedad medida en las observaciones individuales constituye una variable. Mas de una variable puede ser medida en cada unidad de muestreo *i.e.*, en una muestra de diez plantas, se puede medir altura, diámetro del tallo, el número de ramas. Las diez plantas constituyen la unidad de muestreo. La altura de plantas, diámetro del tallo y número de ramas constituyen las variables estudiadas. Los valores de altura de plantas, diámetro del tallo y número de ramas por plantas, son las observaciones individuales. Al final se obtiene el resultado de tres muestras de diez observaciones acerca de altura de plantas, diámetro del tallo y número de ramas por planta.

4.1. Tipo de variables evaluadas en el experimento

Los datos o variables que pueden ser recolectadas en experimentos de cualquier rama de la agricultura, pueden ser divididas de la siguiente manera: variables cuantitativas, —las cuales incluyen variables: continuas y discontinuas— de rango u orden y nominales.

Las variables cuantitativas son aquellas que se expresan de forma numérica. Pueden ser de dos clases: la primera clase consiste en variables continuas, las cuales —al menos teóricamente— pueden asumir un número infinito de valores entre dos puntos fijos, *e.g.*, entre los valores obtenidos de longitud del tallo de una planta con valores de 1.5 y 1.6 cm existe un número infinito de valores que pueden ser obtenidos si se contara con un método preciso de medición. Cualquier valor obtenido de una variable continua —*i.e.* la longitud de 1.57 mm— es una aproximación a la medición exacta, la cual en la práctica es imposible conocer. Muchas de las variables estudiadas en experimentos de campo son variables continuas, *e.g.*, grosor, longitud, área, períodos de tiempo, volumen, peso, porcentajes, concentraciones y dosis.

Las variables discontinuas, también conocidas como variables discretas son aquellas que tienen valores numéricos fijos, sin posibilidades de obtener valores divisibles, *e.g.*, el número de individuos de malezas colectados por unidad de área, puede ser 32 o 45 pero no 45.4. Ejemplos de variables discontinuas son los valores de una estructura dada (*e.g.*, número de vainas por planta, número de granos por vaina, número de plantas en una área dada, etc.).

Otras variables no pueden ser medidas, pero al menos pueden ser ordenadas o denominarles un rango de acuerdo a su magnitud. En un experimento un investigador puede registrar el rango (orden) de emergencia de plántulas de malezas sin especificar el número exacto de plántulas emergidas. En tales

casos se codifican los datos de forma tal que el número de plántulas emergidas corresponda a una escala de valores. Un ejemplo es la escala de cuatro grados propuesta para evaluar el porcentaje de cobertura de las malezas (Tabla 2.3).

Variabes que no pueden ser medidas (variables cualitativas) pero pueden ser expresadas cuantitativamente son llamadas variables nominales. Estas son propiedades cualitativas de los individuos, tales como: color, vivo o muerto, masculino o femenino. Cuando dichos atributos son combinados con frecuencias se pueden analizar de forma estadística, *e.g.*, femenino = 1, masculino = 2.

4.2. Recolección de datos en el experimento

Los datos dignos de credibilidad son aquellos que representan la verdadera situación en cada una de las unidades experimentales. El criterio para coleccionar determinado tipo de dato debe ser definido en los objetivos. Si el criterio es el porcentaje de infestación de malezas, debe seleccionarse un dato que represente dicha observación, *e.g.*, la densidad de las malezas. Las alternativas en cuando a datos en experimentos de control de malezas se presentan a continuación.

Un aspecto importante en la recolección de los datos es el momento en el cual debe ser realizada. En experimentos que evalúan el control de las malezas hay que considerar si el efecto medido es inmediato o se mide el efecto residual (*e.g.*, cinco días después de la aplicación, 50 días después de la siembra, etc.). Los principales criterios utilizados en experimentos de control de malezas son: el grado de infestación, porcentaje de daño y el rendimiento de grano.

El tamaño de la muestra a extraer en cada unidad experimental varía grandemente en dependencia del tipo y exactitud del experimento, del cultivo, malezas presentes y métodos de evaluación. Existen algunas relaciones conocidas entre densidad de población, homogeneidad en la distribución y tamaño de la muestra. En general el tamaño de la muestra se reduce cuando la densidad de población es alta y la distribución de la población es homogénea.

Con el propósito de seleccionar muestras representativas de la población se utilizan una serie de métodos entre los que destacan:

Muestreo completamente al azar

En este tipo de muestreo, las unidades son seleccionadas al azar. Su utilización depende de si las prácticas de campo lo permiten. Tiene la ventaja de que los datos obtenidos no tienen limitaciones en el análisis estadístico debido a su forma de recolección. Cuando se da un tamaño adecuado a la muestra, éste

método permite hacer conclusiones acerca de la población en general.

Como desventajas se pueden mencionar, que para poder mantener la misma representatividad se necesitan un mayor número de muestras que con los métodos sistemático o estratificado.

Muestreo sistemático

Las unidades de muestreo son ubicadas sistemáticamente a lo largo de las parcelas, *e.g.*, cada cinco plantas en cada tercer surco. Este tipo de muestreo puede ser usado cuando se requiere una parcela con superficie máxima para ser cubierta por la muestra.

La ventaja de este muestreo es que la recolecta de la muestra es simple y no puede ser interpretada de forma diferente de una persona a otra. Para mantener la representatividad las muestras sistemáticas pueden ser de menor tamaño que las muestras al azar, puesto que son distribuidas de forma uniforme sobre la población en su totalidad.

En áreas de investigación, muchas veces el investigador tiene la tendencia de muestrear aquellas áreas que se encuentran colonizadas por malezas, por tanto es recomendable seleccionar al azar el surco dentro de la parcela útil en el cual se colocara la unidad de muestreo, y posteriormente el punto dentro del surco que será muestreado, *e.g.*, si se cuenta con parcelas útiles con cuatro surcos de cuatro metros de largo, inicialmente se selecciona el surco (1, 2, 3 o 4) y luego se selecciona en cual de los cuatro metros del surco seleccionado se colocara el marco.

Muestreo en grupos (al azar o sistemático)

Las unidades de la muestra son agrupadas alrededor de un punto central de muestreo. Este punto puede ser seleccionado al azar o de forma sistemática. La ventaja de este muestreo es que reduce el trabajo cuando el acceso a las plantas o cuando el conteo de las plantas se dificulta. El movimiento a través de la parcela también se reduce. El número de unidades muestreadas en un tiempo determinado es mayor que con el método completamente al azar.

Una desventaja del muestreo en grupos es que si el material es heterogéneo no se asegura la representatividad, especialmente cuando el número de grupos seleccionados es pequeño. El número de unidades de muestreo debe ser mayor que cuando se usa muestreo completamente al azar.

Este tipo de muestreo puede ser usado cuando no se espera que los grupos contengan unidades que sean muy disímiles de otras que se encuentran fuera de los puntos de muestreo.

Muestreo estratificado (al azar o sistemático)

Se utiliza cuando la población a ser muestreada puede ser dividida en sub-poblaciones, *e.g.*, diferentes estados de desarrollo de las plantas. El número de unidades de muestreo que se toma en cada sub-población es proporcional a la superficie. Las unidades de muestreo se escogen por medio del muestreo al azar o el muestreo sistemático.

En este tipo de muestreo se asegura la representatividad de mejor forma que con cualquier otro método.

4.3. Manipulación de datos extraídos de experimentos de campo

En experimentos de campo no es suficiente la recolección de los datos, lo decisivo es que hacer con tales datos. Una evaluación detallada incluye el estudio de la naturaleza de los datos, y en ocasiones, transformaciones de datos.

Estudio de la naturaleza de los datos

El paso siguiente después de contar con los datos de campo es el análisis de la naturaleza de los mismos y el resumen numérico. Para ello se necesita resumir la información de tal forma que sea fácilmente observable y permita detectar valores fuera de orden en la información obtenida.

Para lograr lo anterior, es importante la utilización de gráficos y figuras que permitan visualizar toda la información, tablas de frecuencia y el cálculo del promedio de los valores de todas las observaciones por tratamiento. Si en el resumen de los datos se obtienen observaciones que se apartan del comportamiento promedio de las repeticiones, se debe revisar la información antes de proceder al análisis. Lo anterior se realiza con el propósito de encontrar errores en el procesamiento de los datos.

La media aritmética es un indicador de la naturaleza de los datos, cuando su distribución es simétrica. Para datos discretos se utilizan tablas de frecuencia que luego se presentan utilizando una figura de barras. Datos continuos se pueden representar por medio de un histograma, polígonos de frecuencia, etc.

Datos meteorológicos. Durante el desarrollo del experimento deben registrarse datos meteorológicos como: precipitaciones, temperaturas (máxima,

mínima y promedio), humedad relativa. En casos de aplicaciones de herbicidas pre-emergentes es de importancia en registro de la humedad del suelo.

Los datos meteorológicos son de importancia, ya que pueden explicar algún comportamiento no esperado de los resultados, y tienen mayor interés cuando se trata de experimentos en serie, ya que las condiciones climáticas pueden variar grandemente de una estación de crecimiento a otras y más aún de un año a otro.

Transformaciones de datos

Para la realización del análisis de varianza (ANDEVA) es necesario que los datos provenientes de experimentos de campo satisfagan ciertos supuestos. El principal problema relacionado a los datos es la violación de algunas asunciones del análisis de varianza. El ANDEVA es válido únicamente bajo las siguientes premisas: los efectos de los tratamientos y del medio ambiente son aditivos, independencia del error, homogeneidad de varianza y distribución normal de los datos. Bajo circunstancias en las cuales no se cumple con la homogeneidad de varianza, es necesario realizar transformaciones de los datos originales.

El tipo de transformación depende de la relación específica entre la varianza y la media. Existen tres tipos mas comunes de transformación de los datos.

Transformación logarítmica. Es apropiada para datos donde la desviación estándar es proporcional a la media o donde los efectos son multiplicativos. Estas características se encuentran generalmente en datos de números enteros que cubren un amplio rango de valores, *e.g.*, abundancia de malezas.

$\text{Log}(X + 1)$, para datos con valores pequeños, menores de diez.

$\text{Log } X$, para datos mayores que diez.

Transformación a la raíz cuadrada. Es apropiada por datos que consisten en números enteros de baja denominación, *e.g.*, datos obtenidos de contar eventos como el número de plantas con síntomas de toxicidad en una parcela, por efecto de la aplicación de un herbicida. Para estos datos la varianza tiende a ser proporcional a la media.

También se recomienda para datos de porcentaje donde el rango se encuentra entre 0 y 30 por ciento o entre 70 y 100 por ciento. Para otros rangos de porcentaje se usa la transformación de arco-seno.

Si los datos obtenidos son de baja denominación (*e.g.*, menores de diez, con presencia de ceros) se debe usar la raíz cuadrada de $X + 0.5$, donde X son los datos originales.

Transformación de arco-seno. El arco-seno o transformación angular es apropiada por datos en proporción. Datos obtenidos por: conteos, expresados como fracciones decimales o como porcentajes. Datos en porcentaje derivados de datos contados, *e.g.*, el porcentaje de plantas con síntomas de toxicidad, dato que es derivado del total de plantas que se encuentren en una muestra o en la parcela.

5. Análisis de datos provenientes de experimentos de campo

El paso siguiente después de reducir el material de datos recolectados, es decidir que criterio se debe seguir para posteriores evaluaciones. Con la mayor brevedad posible los datos deben ser analizados estadísticamente, de tal forma que se puedan reconocer riesgos de error y niveles de significancia.

Si existen muestras en un experimento que conciernen a la misma característica, *e.g.*, eficacia de un producto herbicida en contra de un complejo de malezas, nuestro interés debe ser el conocer si los tratamientos pueden ser distinguidos el uno del otro en su efectividad o si la desviación observada puede ser solamente atribuida al azar. Este es el caso del ANDEVA. El análisis y la interpretación de resultados provenientes de experimentos campo son discutidos en el capítulo XI de este texto.

6. Interpretación de los resultados

Se debe buscar el significado fundamental de los resultados y encontrar la explicación de la ocurrencia de ciertos fenómenos. La causa y efecto deben ser separados en la medida de lo posible. Además es importante el conocimiento de posible independencia y/o correlación de los resultados.

7. Conclusiones

El único criterio básico para un esbozo de las conclusiones es el objetivo del experimento, si éste ha sido conducido con éxito, como resultado habremos encontrado la solución al problema. Las conclusiones deben ser claras y precisas. Declaraciones sin precisión y vagas no pueden ser tomadas en cuenta como conclusiones. Se debe tener cuidado de que las conclusiones sean expresadas basados en los datos obtenidos.

Cuando se redactan las conclusiones se debe evitar la generalización, ya que estas nunca pueden ser probadas. La estadística es de ayuda no mas allá de que confirma hasta cierto punto la seguridad (confianza) de los resultados. Las conclusiones son válidas únicamente para eventos que ya han ocurrido.

Normalmente los resultados obtenidos no pueden ser extrapolados de un caso a otro sin una posterior evaluación. Las conclusiones incluyen sugerencias y recomendaciones para futuros procedimientos en el sector de estudio.

Luego del análisis de las conclusiones se debe juzgar hasta que punto los objetivos se han logrado y la relación entre los esfuerzos que se hicieron y los resultados logrados.

8. Bibliografía

- CIBA-GEIGY. 1992. Manual for field trial in plant protection. Third edition, Revised and enlarged. Plant Protection Division. Switzerland. 271 p.
- Clark, G. M. 1994. Statistics and experimental design. An introduction for biologist and biochemist. Edward Arnold. London. 208 p.
- Pedroza, P. H. 1994. Instructivo de SAS para datos provenientes de experimentos agrícolas. Curso de post-grado. UNI. Managua, Nicaragua. 66 p.
- Pedroza, P. H & D. Salazar. 1997. Sistema de análisis estadístico con enfoque de investigación en finca. UNA. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 247 p.
- Petersen, R. G. 1994. Agricultural field experiments, Design and analysis. Oregon State University. Corvallis, Oregon. Marcel Dekker, Inc. U.S.A. 403 p.
- Reyes, C. P. 1990. Diseño de experimentos aplicados. Editorial Trillas. Tercera edición. México. 348 p.
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1981. Biometry. The principle and practice of statistics in biological research. Second edition. W. H. Freedman and Company. New York. 859 p.
- Zolman J. F. 1993. Biostatistics. Experimental design and statistical inference. Oxford University Press. New York. 333 p.

CAPITULO II

METODOS PARA EL ESTUDIO DE DISTRIBUCION DE MALEZAS

1. Introducción

Para el manejo de las malezas es de suma importancia conocer los nombres precisos de las plantas que infestan nuestros cultivos, esto permite buscar publicaciones adecuadas para obtener información sobre su: distribución, ecología, biología, nocividad, propiedades tóxicas y métodos de control. El nombre de una maleza es la base de que depende en gran parte su estudio y control.

En el pasado, se ha prestado poca atención al problema de identidad de las malezas, el cual exige una recolección adecuada de plantas y un cuidadoso estudio taxonómico.

Para el estudio de distribución de malezas se puede hacer uso de diversos métodos, lo importante es que el elegido permita recoger datos dignos de credibilidad que conlleven a establecer una estrategia de manejo.

2. El recuento de las malezas

El recuento de plantas, es un procedimiento desarrollado en ecología de poblaciones vegetales, que tiene como objetivo la determinación de la composición florística y otras características de interés que presente una población vegetal. Los principales aportes en éste orden corresponden a Braum-Blanquet (1950) y Muller-Dombois & Ellembert (1974) de cuyos trabajos se extrae la mayor información para reforzar éste conocimiento.

A pesar del origen en ecología vegetal dichos conocimientos pueden ser utilizados en la agricultura para el levantamiento de poblaciones de malezas, con sus respectivas variantes ya que los objetivos difieren en éste caso.

3. Objetivos del recuento

El recuento de las malezas puede perseguir tres objetivos generales, de los cuales derivan objetivos específicos.

3.1. Recuento de malezas dominantes y tipos de enmalezamiento (estudio semi-detallado)

El objetivo de éste recuento es brindar una recomendación de uso de herbicidas u otros métodos de manejo de malezas, de acuerdo a las especies de malezas dominantes, así como las asociaciones que son reflejadas en el tipo de enmalezamiento.

La evaluación se recomienda antes del inicio de las aplicaciones de herbicidas, lo que determina la recomendación del tipo de producto químico a utilizar u otras medidas agronómicas que reduzcan la influencia de las malezas en nuestro cultivo. La evaluación también puede realizarse para el reconocimiento de malezas con el propósito de establecer un plan de manejo que incluya recomendaciones de campo para las siembras a realizarse en el siguiente ciclo.

Otros objetivos son: evaluar el grado de infestación de malezas, identificar resistencia a los herbicidas, cambios en la distribución de malezas, pérdidas por presencia de malezas, criterios de recomendación y pronósticos de enmalezamiento.

En caso de estudios orientados a pérdidas por presencia de malezas, se recomienda que el muestreo se realice hasta que las malezas están totalmente desarrolladas y el período crítico de competencia de las malezas y el cultivo haya finalizado. En caso de pronósticos de enmalezamiento se recomienda determinar las infestaciones de malezas en los primeros estadios de crecimiento.

3.2. Recuento de determinadas especies de importancia económica (dirigido)

Tiene como objetivo el estudio de casos especiales de malezas, que por su importancia se requiere de un conocimiento exacto de su distribución.

Este tipo de registro podría implementarse en Nicaragua sobre especies de alta nocividad como *Rottboellia conchinchinensis* (Lour.) W. D. Clayton (caminadora), *Cyperus rotundus* L. (coyolillo), etc., lo cual tendría una importancia extraordinaria para el establecimiento de programas de manejos de estas malezas altamente nocivas en los cultivos.

Otros objetivos son la identificación de malezas problemáticas, factores que explican la distribución de las malezas, conocer tipo y magnitud de problemas de malezas, etc.

3.3. Registro de todas las malezas (reconocimiento)

El objetivo es conocer la composición de todas las especies presentes en el agro-ecosistema, su distribución, época de aparición y los cambios en las asociaciones ocasionados por los métodos de manejo de malezas utilizados. Con este registro se conocen las malezas que actualmente constituyen un problema y aquellas potencialmente dañinas. Exige un mayor nivel de especialización en cuanto a identificación de las malezas.

Este muestreo es útil para: estudiar distribución regional de malezas, identificar las especies, conocer su distribución por cultivos, e inventarios (catastro) de malezas. En cultivos anuales es recomendable realizar el muestreo después de la quinta semana posterior a la siembra. De esta forma la población de malezas esta establecida y es más fácil su identificación.

4. Métodos de evaluación de las malezas

Un método práctico para caracterizar una población es hacer uso de la estimación a través del estudio de un grupo de la misma, esto se simplifica en vista que la evaluación de toda la población ocasiona mas gastos, tiempo, recursos y se necesita una mayor cantidad de personal adiestrado.

Generalmente el investigador dispone de tres métodos para definir y ubicar problemas de malezas en el campo: visual, lineal y cuadrático.

4.1. Visual

Este método es basado en la estimación del porcentaje de cobertura por especie y total. Desde el punto de vista práctico este método es más rápido, pero requiere determinado nivel de adiestramiento. Consiste en detectar por medio de la vista él o los sitios que se encuentran infestados por malezas.

Los campos a evaluar se recorren en diagonal y se anotan todas las especies encontradas así como el grado que representa cada una y el grado general del campo. En todos los casos se usa la escala de cuatro grados, cuyos valores generales se presentan en la Tabla 2.3.

En el uso práctico de la escala se establece visualmente el área total a evaluar, ya sea todo el campo, rondas o bandas, que representa el cien por ciento, y se estima el área cubierta por cada especie y el total de malezas.

4.2. Lineal

Este método se usa para definir por medio de recuentos que tipo de malezas se encuentran en el agro-ecosistema, si es hoja fina o ancha. Consiste en el uso de una cuerda a medida, la que se ubicará en sitios (estaciones) del área de

muestreo. En cada uno de estos sitios se contarán y clasificarán las malezas (hoja ancha y/o angosta). Las plantas que entren en contacto con la cuerda son las que se registran en la hoja de campo correspondiente, con el propósito de definir el estado de enmalezamiento del lote de producción.

Con una cuerda de dos metros de longitud, se harán en el plantío un mínimo de cinco muestras por hectárea, ubicándolas de manera que representen la situación vegetal del plantío.

4.3. Cuadrático

Método conocido también como método del marco, consiste en el conteo de malezas en un marco cuadrado que puede ser de 0.0625; 0.25 o 1 m², este tipo de muestreo se utiliza en especial en experimentos relacionados con malezas. En áreas de producción este método puede ser utilizado pero requiere la inversión de mucho tiempo. Como mínimo —para que los resultados sean representativos— deben evaluarse 12 m² por hectárea distribuidos al azar. Una vez registrados y analizados los datos, es posible definir la estrategia a seguir en el manejo de malezas.

En áreas de experimentación el marco se ubica en la unidad experimental un número de veces que esté de acuerdo al tamaño de la misma, siendo éste un mínimo del cinco por ciento del área de la parcela (tratamiento) a muestrear. En cada muestra se cuentan, clasifican y se registran las plantas (hoja angosta y/o anchas). La frecuencia de los recuentos será de acuerdo a las especificaciones del experimento.

Forma del marco

Puede tener formas variadas que van desde rectangulares y cuadrados, hasta circulares.

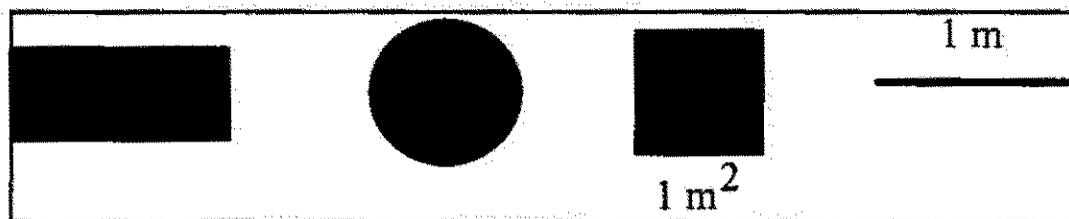


Figura 2.1. Formas que puede tener el marco para los muestreos de malezas.

Area del marco

Uno de los aspectos mas discutidos en el muestreo de malezas es el área que debe tener el marco que se utiliza para el muestreo. En general el tamaño

del marco esta en dependencia de los siguientes factores: complejidad y densidad de las especies a muestrear, $2X$ (X = tamaño de especie mayor), patrones de distribución (al azar, agregado, etc.). Debe muestrearse un área no menor del cinco por ciento del área total del cultivo.

Es importante mencionar que al fijar el área de muestreo existen factores que pueden ocasionar errores en la información obtenida, como son: la topografía del área, variaciones en el tipo de suelo, nivel de fertilidad, diferencias en los manejos a que son sometidos los cultivos, etc.

4.4. Parcela mínima de muestreo de malezas

Es la técnica más recomendada para estudios de distribución de malezas. Es considerada como una técnica perteneciente al método cuadrático. Este método permite determinar rápidamente la vegetación predominante y sustituye los métodos de muestreo al azar y de los diagonales que resultan mas costosos y en algunos casos no resultan representativos ya que pueden eliminar especies de gran dominancia en el ecosistema.

Con la determinación de la parcela mínima se minimizan esfuerzos, ya que en una área reducida se pueden representar la mayoría de las especies presentes en el agro-ecosistema.

Determinación de la parcela a muestrear

Para la determinación de la parcela a investigar se hace uso de la técnica conocida como parcela mínima que es propuesta por Braun-Blanquet (1950). Esta consiste en determinar un área mínima que nos determine en forma representativa la gran mayoría de las especies que se encuentran en el agro-ecosistema.

El área mínima se construye a partir de una superficie donde se toma el número de especies que se encuentran, se aumenta el área y se cuentan las nuevas especies que aparecen, y así se continúa sucesivamente hasta que a partir de un punto el incremento de nuevas especies es mínimo o nulo con relación al aumento del área. Esta es nuestra área mínima, es decir la menor área con mayor número de especies. Para cada condición del cultivo se determina una parcela mínima, pero la parcela que se escoja es aquella que incluya a todas.

La representación gráfica para la determinación de la parcela mínima por medio del incremento de área se manifiesta en la Figura 2.2. Las especies se van acumulando y en un determinado momento el número de especies se

estabiliza o sea que el aumento del número de especies es mínimo con relación al aumento del área. Graficando ambos valores se obtiene una gráfica similar a la que se presenta en la Figura 2.3.

La determinación del área a muestrear puede hacerse por medio de un análisis matemático en puntos máximos por segmentos de las curvas generadas por el muestreo. La razón básica para el uso de esta área se basa en que si se realiza el muestreo en un área grande, se obtendría posiblemente la misma información que si la realizamos en el área detectada.

Figura 2.2. Incremento del área para la obtención de la parcela mínima.

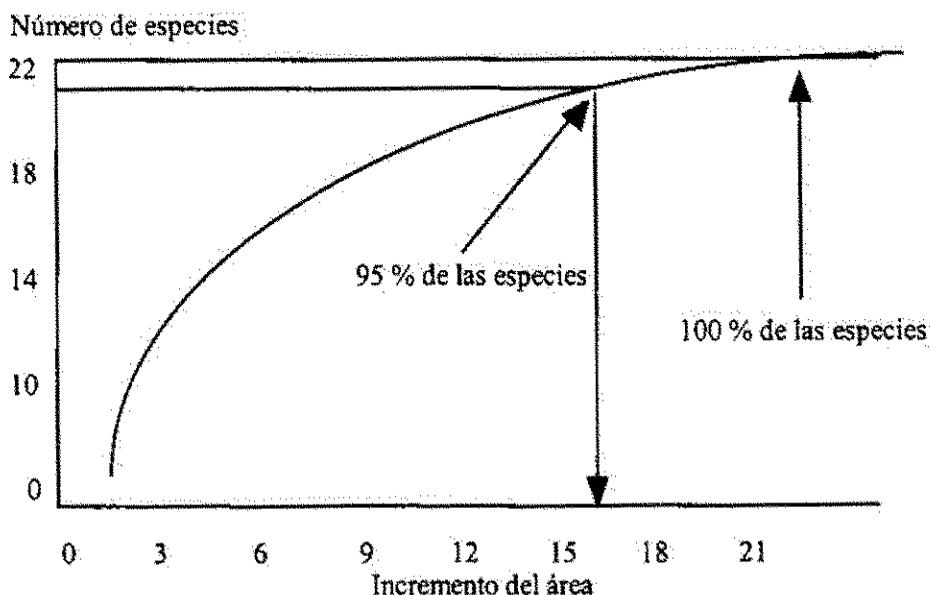
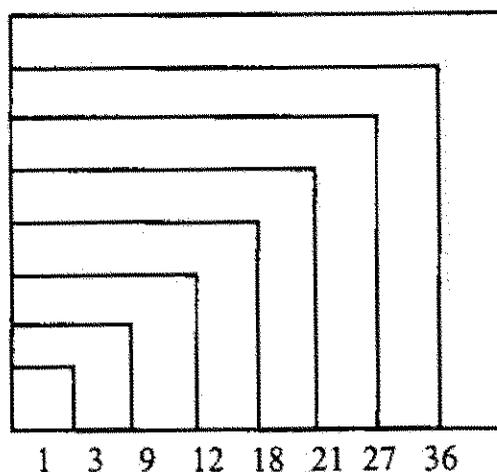


Figura 2.3. Curva "área especie", incremento en el número de especies al aumentar el área muestreada.

Ejemplo de la determinación de la parcela mínima de muestreo de malezas

En la Tabla 2.1, se presentan datos hipotéticos obtenidos de cuatro muestreos de malezas. Se presentan el número de especies encontradas y la acumulación de las mismas al incrementar el área. En la Figura 2.4, se presenta las curvas resultantes de dichos datos, donde se puede observar que la parcela mínima de muestreo para los datos referidos es aproximadamente de 20 m².

Tabla 2.1. Incremento en el número de especies al incrementar el área muestreada (m²)

AREA	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
	# Sp	Acum.						
1	12	12	5	5	9	9	8	8
5	3	15	6	11	2	11	3	11
10	3	18	2	13	3	14	2	13
15	3	21	7	19	5	18	5	17
20	1	22	1	20	2	20	3	20
25	0	22	1	21	1	21	1	21
30	0	22	0	21	1	22	1	22
35	0	22	0	21	0	22	0	22

Acum: Acumulado

En condiciones tropicales el área mínima ocupada por la complejidad vegetal esta en dependencia del cultivo. Estudios realizados en arroz de riego indican que el área mínima es de 27 m² (Alemán, 1989). En cambio en frijol común se necesitan 25 m² para tener representatividad de todas las especies que compiten con este cultivo (Alemán y Herrera, 1991). En agro-ecosistemas más complejos como es el caso de cultivos perennes se necesita muestrear áreas mayores, como es el caso del café (400 m²) y sabanas de júcaro (700 m²).

5. Patrón de muestreo en estudios de distribución de malezas

En los estudios de distribución de malezas, los datos se recolectan por medio de muestras. Una muestra es una porción de una población que se toma con propósito de estudio, con la esperanza de que ésta sea lo suficientemente representativa para decirnos lo que necesitamos conocer acerca de la pobla-

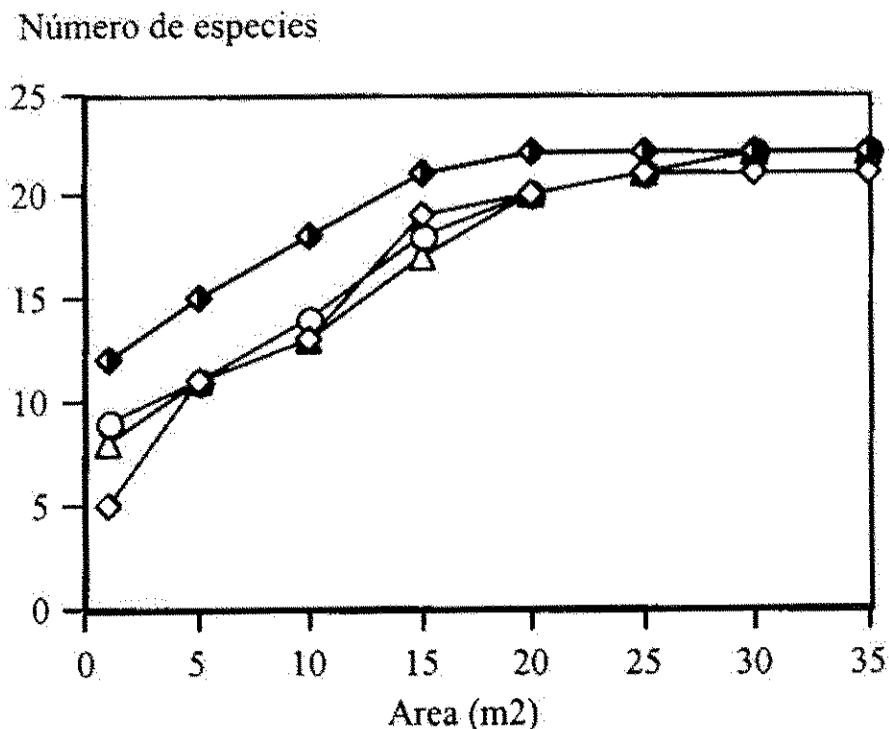


Figura 2.4. Representación gráfica de los datos de la Tabla 2.1. El área mínima es de aproximadamente 20 m².

ción en su totalidad. Con el propósito de seleccionar muestras representativas de la población se utilizan una serie de métodos entre los que destacan.

5.1. Muestreo aleatorio simple

Para la obtención de estimados precisos de la población, el muestreo debe ser aleatorio. Cada unidad de muestreo debe tener igual oportunidad de selección. La forma más simple es el muestreo completamente aleatorio, en el cual las muestras son seleccionadas usando una tabla de números aleatorios. En muchos casos se utiliza lanzar el marco por la espalda del investigador y muestrear en el área en que éste cae.

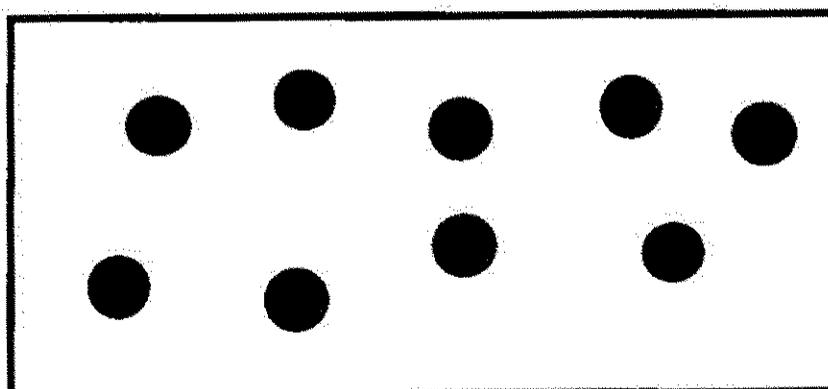


Figura 2.5.
Distribución de
muestras al azar.

5.2. Muestreo estratificado

Consiste en que el universo a muestrear se subdivide en estratos, estos pueden ser muestreo por: etapas, fincas, cultivos, estratos de la planta, m², etc. En cada uno de los estratos se hace una selección aleatoria simple.

5.3. Muestreo sistemático (sigue un patrón definido)

Requiere tomar un intervalo fijo en el universo, por ejemplo cada 100 m. (Figura 2.6) y luego se muestren los puntos fijos que están definidos por la longitud seleccionada.

Para el muestreo sistemático se selecciona un punto de referencia y luego se recorren los campos en diagonal, ya sea en W o M, se camina en diagonal hasta completar la longitud seleccionada, punto en el cual se muestren las malezas. Posteriormente se sigue el sentido de la M o W, hasta completar la longitud seleccionada, y así sucesivamente hasta completar el número de muestras requeridas.

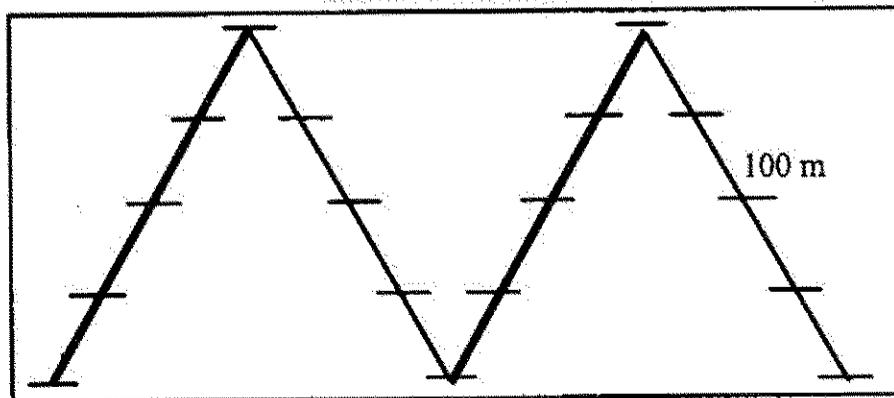


Figura 2.6. Esquema que indica el patrón de muestreo cuando se utiliza muestreo sistemático.

5.4. Muestreo preferencial

En ocasiones el investigador requiere de cierta información particular acerca del comportamiento de las comunidades de malezas. En ese caso se muestra el área con conocimiento previo, solamente con el objetivo de obtener la referida información.

6. Datos a evaluar en estudios de registro de malezas

Pueden colectarse diversos tipos de datos. Es posible colectar datos cualitativos como el grado de cubrimiento de las malezas, vigor, etc. y datos cuantitativos como la composición florística de las malezas y su distribución en la

parcela, constancia (frecuencia), abundancia (número de individuos, densidad), dominancia (cobertura y peso seco) y diversidad (número de especies).

Por otro lado, existen parámetros absolutos, como los que consideran toda la población de malezas, y parámetros relativos que consideran especies en particular. A continuación se enuncian los principales datos que se pueden obtener en estudios de malezas.

6.1. La composición florística (identificación de las malezas)

Un primer paso de suma importancia para el registro de malezas es su identificación. Este aspecto considera la identificación en todas sus formas de desarrollo, semillas, plántulas, desarrollos inmaduros y planta adulta. Se deben identificar todas las malezas que aparecen en los muestreos.

Para la identificación de las malezas hay que basarse en el sistema binomial propuesto por Linneo, en el cual a las plantas se les denomina con dos nombres en latín, que constituyen el nombre científico. El primero corresponde al género y el segundo a la especie. Los nombres comunes traen complicaciones, ya que varían de una zona a otra, y en casos extremos pueden existir dos especies que reciben el mismo nombre en dependencia de la región donde se desarrollan.

El investigador tiene que auxiliarse de diversos medios para lograr una identificación confiable, entre éstos podemos mencionar: manuales de malezas, fotografías, diapositivas, herbarios, láminas y jardín de malezas. Sin embargo el principal medio para la identificación de las malezas es el encuentro diario con ellas, solo de esa forma es posible desarrollar habilidades que ayuden a reconocer fácilmente las malezas, aún en estadios tempranos de desarrollo.

En Nicaragua, el lugar más confiable para la identificación de las malezas es el herbario nacional, que está ubicado en la Universidad Centro Americana (UCA). En la Universidad Nacional Agraria (UNA), se cuenta con un herbario en la Escuela de Ciencias Forestales y un pequeño herbario de malezas con fines académicos, en la Escuela de Sanidad Vegetal.

6.2. Tipos de enmalezamiento

Los tipos de enmalezamiento proporcionan idea de las características más generales de las asociaciones de malezas en el área del cultivo. La forma más general de clasificación de las malezas en cuanto al tipo de planta es malezas de: hoja ancha y hoja fina. Las primeras incluyen plantas de la clase dicotiledóneas y ciertas monocotiledóneas como las familias *commelinaceae* y *pontederiaceae*. Las malezas de hoja fina, incluyen plantas pertenecientes a las familias *poaceae* y *cyperaceae*.

Pérez (1987) menciona los siguientes tipos de enmalezamiento: gramíneas anuales, otras monocotiledóneas anuales, gramíneas perennes, otras monocotiledóneas perennes, especies leñosas, bejucos, otras dicotiledóneas anuales, otras dicotiledóneas perennes y malezas parásitas.

Staver y colaboradores (1993) recomiendan evaluar los siguientes tipos de enmalezamiento para muestreos de malezas en cafetales: hoja ancha anual, hoja ancha perenne, *gramineae*, *cyperaceae*, y bejucos.

Los tipos de enmalezamientos señalados se pueden encontrar como tales o conformando enmalezamientos más complejos debido a la asociación de especies comprendidas en los grupos. Por ejemplo monocotiledóneas anuales y perennes, etc. En el registro de malezas debe señalarse el tipo de enmalezamiento que corresponde (Alemán, 1995).

6.3. Constancia (Frecuencia) (F)

La frecuencia es un parámetro relativo, se define como el porcentaje que representa el número de muestras en las cuales determinada especie es encontrada.

E.g., si realizamos 20 muestras para el registro de las malezas y en diez de esas muestras encontramos reportada la especie *Emilia sonchifolia* (L.) Willd. Significa que ésta especie posee una constancia del 50 por ciento. La fórmula para su determinación es la siguiente:

$$\text{Frecuencia relativa (F)} = \frac{\text{Frecuencia de campo de una especie}}{\sum \text{de frecuencia total}} * 100$$

6.4. Abundancia (densidad)

Abundancia se define como el número total de individuos de maleza por unidad de área (i.e., individuos m²). La determinación de la abundancia de las malezas en estudios de distribución de malezas, es de gran importancia para caracterizar la dinámica de las malezas.

En la Tabla 2.2, se presenta una escala para evaluar la abundancia de malezas. Para considerar los valores de la Tabla es necesario tener como referencia el enmalezamiento potencial del área de estudio. A lo largo de los muestreos existirán muestras que representan una determinada condición y que presentan la mayor abundancia. La abundancia de malezas proveniente de dichas áreas constituye el grado superior de enmalezamiento (Grado 5). Los

valores inferiores en la escala estarán determinados por el número de individuos de malezas con relación al valor de abundancia determinado para grado cinco. Los valores que se obtienen en un determinado estudio son relativos y serán de utilidad únicamente para la condición en la cual sean determinados.

Tabla 2.2. Escala de cinco grados para medir abundancia de malezas

Grado	Porcentaje	Descripción
1	00-20	Muy raro, muy esparcido
2	21-40	Raro, esparcido
3	41-60	Poco frecuente, no numeroso
4	61-80	Abundante, numeroso
5	81-100	Muy abundante, muy numeroso

Una desventaja importante de la determinación de la abundancia de malezas es que no considera la proyección horizontal de las especies (cobertura) y la acumulación de peso seco (biomasa), e.g., pocos individuos de la especie totolquelite (*Melanthera aspera* (Jacq.) Rich. et Spreng.) tienen gran capacidad de cubrimiento y de producción de biomasa, en cambio muchos individuos de la especie leche de sapo (*Chamaesyce hirta* (L.) Millsp.), no logran acumular materia vegetal y su cubrimiento es reducido.

Densidad relativa. Es importante contabilizar el número de individuos por especies, con lo cual se puede calcular la densidad relativa de una especie en particular. La fórmula para el cálculo de la densidad relativa es la siguiente:

$$\text{Densidad relativa (d)} = \frac{\text{Densidad de una especie}}{\sum \text{de densidad de todas las especies}} * 100$$

Un problema se presenta con el conteo de especies perennes que se reproducen por rizomas (i.e., *Sorghum halepense* (L.) Pers.) o estolones (i.e., *Cynodon dactylon* (L.) Pers.), ya que es difícil distinguir entre plantas individuales y brotes. En estos casos se recomienda considerar los brotes como plantas individuales, lo que puede sobre valorar la presencia de éstas especies.

6.5. Dominancia de las malezas

Se determina por medio del porcentaje de cobertura de las malezas (proyección horizontal) y el peso seco acumulado por las mismas (biomasa).

Las malezas dominantes son las que presentan valores más altos en la escala de cuatro grados (grado tres y cuatro), con un cubrimiento del suelo superior 25 por ciento (Tabla 2.3).

En los campos cultivados las medidas de control se orientan hacia las especies dominantes y sobre todo a aquellas de difícil eliminación.

Cobertura (proyección horizontal)

Se define como la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de las malezas. Está determinada por el número de individuos en un área de siembra, y depende de las características que presentan las plantas dentro del complejo de malezas existentes (porte y arquitectura). La evaluación de la cobertura de las malezas, se realiza a través del método de estimación visual, el cual está basado en el porcentaje de cobertura por especie y total. Desde el punto de vista práctico este método es más rápido, pero requiere de determinado nivel de adiestramiento (Pérez, 1987). Consiste en detectar por medio de la vista el o los sitios que se encuentran infestados por malezas (Alemán, 1991).

Hay que tomar en cuenta que la variable cobertura, está sujeta a evaluaciones subjetivas por parte del investigador. Una manera de evitar en parte el subjetivismo es mediante la realización de intervalos de clases, como el indicado por Pérez (1987) en la escala de cuatro grados (Tabla 2.3).

En algunos casos la cobertura se puede evaluar por medio de estratos (muestreo estratificado). El primero que va de la parte media de la planta de cultivada hacia abajo y el segundo, aquel que inicia de la parte media del cultivo y alcanza la altura de éste o sobresale a la planta cultivada.

La ventaja de la determinación del porcentaje de cubrimiento de las malezas es que se realiza de forma sencilla y práctica, y permite obtener datos en un tiempo relativamente corto (Jürgens, 1985).

Peso seco (biomasa por unidad de área)

La determinación del peso seco de las malezas es quizás el método más indicado para evaluar la dominancia de las mismas. Las especies de malezas que acumulan gran cantidad de peso seco son las más dominantes en un agroecosistema. En muchos casos pocos individuos de una especie (*e.g.*,

Amaranthus spinosus L.) son mas problemáticos que muchos individuos de otras especies (e.g., *Chamaesice hirta*), ya que esta última no acumula gran cantidad de peso seco.

Tabla 2.3. Escala de cuatro grados utilizada para evaluar el porcentaje de cobertura de las malezas

Grado 1.	Malezas aisladas, débil enmalezamiento, hasta cinco por ciento de cobertura
Grado 2	Mediano enmalezamiento, entre seis y 25 por ciento de cobertura
Grado 3.	Fuerte enmalezamiento, entre 26 y 50 por ciento de cobertura
Grado 4.	Muy fuerte enmalezamiento, mas de 51 por ciento de cobertura

La determinación de la biomasa de malezas presenta inconvenientes como son: lo laborioso que resulta el pesaje de las muestras de campo y la posterior determinación del peso seco. Para ello se recomienda extraer muestras de malezas en sub-muestras (1 pie²), determinar el peso fresco de la sub-muestra y extraer una muestra representativa por tipo de malezas (hoja ancha y fina), la cual puede ser de 100 g. Esta se deposita al horno durante 48 horas a una temperatura de 60 °C hasta obtener un secado total. Posteriormente se determina el peso seco de la muestra de 100 gramos de material fresco y se toma como relación para determinar el peso seco de todas las muestras por unidad de área.

Supongamos que el peso fresco de la sub-muestra de especies monocotiledóneas fue de 428.8 g, y el peso seco recolectado de los 100 g de materia verde de monocotiledóneas fue de 32.5. El peso seco de especies monocotiledóneas se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Peso seco de monocotiledónea} = \frac{\text{Peso fresco de monocot.} * \text{peso seco en 100 gramos}}{\text{Peso de muestra de secado}}$$

$$\text{Peso seco de monocotiledónea} = \frac{428.8 * 2.5}{100} = 139.6 \text{ g de materia seca}$$

6.6. *Diversidad de las malezas*

Se refiere al número de especies de malezas con su respectiva denominación, presentes en el agro-ecosistema muestreado. La diversidad es un factor importante para entender la dinámica de las malezas, sobre la base de ella se puede determinar cuales especies son las que predominan y las que son características de un agro-ecosistema específico.

6.7. *Índice de agresividad*

Es un parámetro que aparece en estudios ecológicos de la vegetación y que puede ser utilizado en agro-ecosistemas agrícolas. Esta definido por la frecuencia relativa y la densidad relativa.

$$\text{Índice de agresividad (IA)} = \frac{\text{Frecuencia relativa}}{\text{Densidad relativa}}$$

6.8. *Severidad del enmalezamiento*

El grado de severidad de las malezas en un agro-ecosistema está determinado básicamente por dos parámetros: calidad y cantidad. La calidad referida al tipo de enmalezamiento presente en un agro-ecosistema y a su mayor o menor capacidad de llegar a competir con éxito con el cultivo por los factores que son vitales para ambos. Por otro lado la cantidad de plantas por área es la densidad de población de cada una de las malezas. La calidad y la cantidad nos llevará a observar la dinámica poblacional de las plantas presentes.

7. **Métodos de análisis de los datos**

Después de tener recolectada la información, es recomendable realizar un análisis de los datos, con el propósito de tener una visión mas general de los resultados obtenidos y detectar posibles observaciones que se aparten de la tendencia general que presentan los resultados. Posteriormente la información puede ser analizada de la siguiente forma:

7.1. *Análisis descriptivo*

En la mayoría de los casos los datos de distribución de malezas se analizan de forma descriptiva, para ello es importante auxiliarse de: cálculos de frecuencia, densidad total, promedios de desviación típica de frecuencias y promedios. En este análisis es importante auxiliarse de gráficos y figuras que permitan diferenciar claramente las tendencias de las observaciones. La información en tablas o cuadros tiende a desvirtuar la información y no permite observar claramente la naturaleza de la tendencia.

7.2. Análisis de varianza

El primer paso de análisis estadístico es el análisis de varianza, el cual indica la cantidad de variación atribuida al modelo resultante de los factores en estudio. Una vez que se ha determinado que los factores evaluados recogen la variación en los tratamientos, es posible utilizar otro tipo de análisis (separaciones de medias, ajustes de curvas, etc.) que permita llegar a conclusiones lógicas del problema.

En muchos casos los datos obtenidos en estudios de malezas no cumplen con premisas básicas del análisis de varianza, como es la normalidad de los datos, en dicho caso es importante considerar algún tipo de transformaciones de los datos.

7.3. Análisis multivariado

Algunos trabajos de distribución de malezas requieren el estudio de relaciones entre variables (análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, chi cuadrado, análisis de correspondencia, etc.).

8. Manipulación de datos resultantes de estudios de distribución de malezas

Para ilustrar la utilización de datos de campo de estudios de distribución de malezas, se presenta el siguiente ejemplo. Se obtienen datos promedios de las variables: abundancia, cobertura y peso seco de malezas, provenientes de ocho estaciones de muestreo (Tabla 2.4).

Con los datos reportados es posible obtener información referente a número de individuos m^2 del campo. El porcentaje promedio de cobertura y el valor en la escala de cuatro grados. La frecuencia relativa de la especie flor amarilla y la muestra que presenta mayor dominancia de malezas (la que presenta mayor peso seco).

Los resultados muestran que la abundancia total del campo es de 25.1 individuos m^2 ($m_1 + m_2 + \dots + m_8$). La cobertura es de 35.5 por ciento ($m_1 + m_2 + \dots + m_8$) / 8, lo cual corresponde a la escala 3 (fuerte enmalezamiento).

La muestra que presenta mayor dominancia es la tres, ya que presenta mayor cobertura y peso seco de malezas. La frecuencia relativa de la especie flor amarilla es de 87.5 por ciento ($7/8 * 100$).

Tabla 2.4. Datos de abundancia, cobertura y peso seco de malezas obtenidos en campos en barbecho (datos promedio)

Estaciones	Individuos m ² (por ciento)	Cobertura (g m ²)	Peso seco
Muestra 1	24	35	56
Muestra 2	17	46	78
Muestra 3	42	52	81
Muestra 4	16	30	38
Muestra 5	35	45	61
Muestra 6	19	31	47
Muestra 7	36	45	71
Muestra 8	12	16	28

La especie *M. divaricatum* (flor amarilla) apareció en siete de las estaciones.

9. Características del área a muestrear

La selección del área de muestreo esta en dependencia del objetivo del muestreo. Si el objetivo es muestrear las malezas de arroz de riego en Nicaragua, los muestreos deberán realizarse en las condiciones de suelo y de manejo que predominan en dicho cultivo.

Se recomienda que la determinación de las áreas a evaluar se realice sobre la base del método propuesto por Braum-Blanquet (1950) conocido como curva área-especie, con el fin de determinar el área mínima de muestreo que es la máxima superficie de terreno en que se encuentran las especies representativas de la asociación (Sección 4.4, Capítulo II).

Conocida el área a muestrear, se procede a la distribución de los muestreos. La distribución de los muestreos se realiza de manera que queden bien representados en los campos cultivados. Se toman campos sembrados con diferentes variedades, tratamientos y dosificaciones de herbicidas, terrenos sembrados en diferentes periodos y con diferentes niveles de fertilización.

Un factor sumamente importante es que la selección del grupo a evaluar represente las características más generales de la población, en ocasiones esto no se logra y los resultados que se obtienen obedecen a la evolución de los campos de mas fácil acceso, mejores condiciones, etc. Otro inconveniente es

la selección del tamaño de la muestra a utilizar, muestras muy pequeñas excluyen especies importantes que forman parte de la asociación y muestras muy grandes incurren en pérdidas de tiempo, recurso y dinero de parte del investigador.

10. Descripción del sitio del muestreo

En los registros de campo, deben incluirse una serie de datos que serán utilizados en el procesamiento de la información y para facilitar su localización en posteriores estudios de malezas. La descripción debe incluir: nombre de la finca, propietario, departamento, municipio, localidad, etc.

También es de importancia la zonificación agro-ecológica (precipitaciones, temperaturas, humedad relativa, altura sobre el nivel del mar etc.), tipo de suelo, etc.

Debe darse una descripción del sitio donde se realiza el muestreo y del manejo a que ha sido sometida el área, fecha de evaluación, etapa de desarrollo del cultivo, fitotecnia, riego, métodos de control de malezas, cultivo precedente, etc.

Otros datos de interés lo constituyen el historial del campo. El manejo a que ha sido sometida el área en los últimos tiempos, cultivos sembrados, prácticas de manejo desarrolladas, etc.

Los factores de los cuales no se disponga información inmediata, pueden ser extraídos de otras publicaciones referentes a la zona de estudio.

11. Bibliografía

- Alemán, Z. F. 1989. Estudio exploratorio de la distribución, cobertura y agresividad de las malezas en los arrozales de la V región, Nicaragua. Revista ESAVE. Vol. 1 (2).
- Alemán, Z. F. 1995. Manejo de malezas. Texto Básico. Segunda edición. ESVE-FAGRO. Publicado por la Facultad de Educación a Distancia y Desarrollo Rural. UNA. Managua, Nicaragua. 180 p.
- Alemán, Z. F. & L. M. Herrera. 1991. Asociaciones de malezas en la finca experimental La Compañía. Revista de la Escuela de Sanidad Vegetal. UNA.- ESAVE. Managua, Nicaragua. 2 (2) 48-54.
- Alemán, Z. F. 1997. Manejo de malezas en el trópico. Primera edición. ESAVE-UNA. Managua, Nicaragua. 227 p.
- Braum-Blaquet. 1950. Sociología Vegetal. Ediciones Acme Agency. Argentina. 444 p.
- Jürgens, G. 1985. Levantamiento de malezas en cultivos agrícolas. EN: Resúmenes del semanario Manejo integrado de malezas. PLITS 3 (2). 85 - 104.
- Muller-Dombois, D. & Elleberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. New York. 547 p.
- Pérez, M. E. 1987. Métodos para el registro de malezas en áreas cultivadas. Programa de protección de cultivos de la RIAT-FAO. Taller de entrenamiento de manejo mejorado de malezas. Managua, Nicaragua. 12 p.
- Staver, Ch. 1991. Separatas sobre muestreo de malezas en cafetales. CATIE-MAG-MIP, Managua, Nicaragua. 2 p..

CAPITULO III

ESTUDIOS DE COMPETENCIA ENTRE CULTIVOS Y MALEZAS

1. Introducción

La competencia entre individuos vegetales se inicia cuando dichos individuos requieren recursos del medio ambiente, tales como: agua, luz, nutrientes, CO_2 , O_2 , etc., y el ambiente no puede suministrarlos en cantidades suficientes para suplir la demanda combinada de todos los individuos.

Los efectos negativos que ocasionan las malezas en los cultivos, no se suscriben únicamente a la competencia. Las malezas pueden afectar a los cultivos por medio de la excreción de sustancias tóxicas al medio que limitan el desarrollo de otras plantas a su alrededor, fenómeno conocido como alelopatía. Ambos fenómenos —alelopatía y competencia— se engloban dentro del término interferencia. En este escrito se consideran únicamente los aspectos de competencia.

Las asociaciones de cultivos y malezas y las pérdidas en rendimiento resultado de dicha asociación, han sido ampliamente estudiadas, principalmente los aspectos que definen cuando y por cuanto tiempo hay que controlar las malezas (períodos críticos) (Nieto, 1963; Sariol, 1986; Alemán, 1988).

Radosevich (1988) indica que los estudios mas útiles de interferencia son aquellos que caracterizan los factores ambientales limitantes y examinan aspectos de biología de las plantas y factores de proximidad (densidad, arreglo espacial y proporción) que pueden estar influenciando las interacciones cultivo - malezas.

2. Objetivos de los estudios de competencia entre cultivos y malezas

Existen múltiples objetivos que se pueden perseguir con estudios de competencia entre plantas, entre ellos se mencionan la determinación de:

- Cuando y por cuanto tiempo hay que controlar las malezas (tratado en el capítulo IV, en sección de metodología para la determinación de períodos críticos de control de malezas).
- Umbrales críticos y económicos de daño de las malezas.
- Determinación del tipo de interacción existente entre las comunidades vegetales (alelopatía, simbiosis, antagonismo, etc.).
- Los recursos que están involucrados en la competencia (competencia por agua, luz, nutrientes, oxígeno, dióxido de carbono, etc.).
- Efecto de arreglos espaciales de plantas (distancias de siembra, densidades de plantas y proporción de plantas) sobre las comunidades de malezas.

3. Metodología experimental

Existen diversos estudios cuyo propósito es evaluar las interacciones maleza-cultivos. Fisher (1993) menciona ocho metodológicas de estudio de competencia maleza - cultivo. En éste escrito se consideran los más importantes.

3.1. Parcelas demostrativas

Una manera fácil de demostrar al productor la efectividad o deficiencia de una práctica de manejo de malezas, es por medio de implementación de parcelas demostrativas, en las cuales se incluyan parcelas enmalezadas y parcelas con control de malezas. También se pueden incluir parcelas con niveles de enmalezamiento, que permitan observar el efecto de la competencia sobre el cultivo.

Al final se pueden evaluar los componentes de rendimiento del cultivo y determinar el enmalezamiento en las parcelas con control de malezas, en la parcela enmalezada y en los tratamientos con diferentes niveles de enmalezamiento. En éstas parcelas se podrá observar las desventajas que ocasiona la competencia de las malezas.

3.2. Estudios que consideran densidades de malezas

Se realizan con el propósito de determinar umbrales críticos y económicos de daño (densidades de malezas permisibles para que el costo de controlarlas no supere el valor de las pérdidas).

En estos experimentos se establecen tratamientos en los cuales la densidad del cultivo se mantiene constante, y se varían las poblaciones de individuos de malezas de una especie en particular. La literatura internacional recoge muchos trabajos de este tipo, sin embargo en nuestras condiciones resultan

aspectos imprácticos para girar recomendaciones a los productores.

Si bien, los aspectos relacionados a umbrales críticos y económicos de daño son ampliamente usados en entomología, en ciencia de las malezas resultan difíciles de implementar. Las principales razones son la distribución no uniforme de las malezas, las diversas comunidades de malezas predominantes en los trópicos y las variaciones del medio ambiente tan comunes en nuestras condiciones. Lo anterior conlleva a que la determinación de los umbrales críticos y económicos de daño de malezas sean para condiciones muy específicas.

Los resultados de umbrales críticos y económicos de enmalezamiento se determinan para agro-ecosistemas específicos, por tanto los resultados provenientes de dichos trabajos no deben ser extrapolados a otras condiciones y otros cultivos. Por otro lado los valores son cambiantes por múltiples factores, por tanto deben ser revisados constantemente y adaptados a nuevas situaciones que se presenten (Koch & García, 1985).

Para definir los niveles de enmalezamiento —posterior a la emergencia de las plantas cultivadas— se pueden utilizar la determinación de la biomasa, la abundancia o el índice visual de cobertura (ver capítulo II, sección 6).

En dichos experimentos, los tratamientos (densidades crecientes de malezas) se constituyen en una serie de tratamientos cuantitativos. El uso de la prueba de Duncan y/o cualquier otro procedimiento de comparaciones múltiples es totalmente inapropiado para este tipo de tratamientos (Little, 1981).

El objetivo del experimento es examinar el efecto sobre el rendimiento con relación a las diferentes densidades de malezas y de ser posible realizar predicciones basadas en dicha información. El procedimiento adecuado en estos casos es realizar una prueba de regresión, si esta es significativa, y existe evidencia de que nuestros datos se ajustan a dicha función, entonces podemos estimar las densidades críticas de malezas a las cuales la reducción del rendimiento del cultivo no excede un valor crítico definido por el investigador.

3.3. Estudios que consideran densidades del cultivo

En Nicaragua, uno de los principales problemas que enfrenta la producción de los cultivos es la densidad de siembra. Por lo general, los agricultores manejan bajas densidades de siembra en sus cultivos que repercuten seriamente en los rendimientos y permiten nichos que pueden ser fácilmente colonizados por las malezas. En casos específicos de cultivos, se dan recomendaciones que indican la densidad óptima para una buena producción, a pesar de ello, muestreos de campo casi siempre detectan bajas poblaciones de plantas.

Los cultivos poseen una densidad óptima de siembra a la cual expresan su máximo rendimiento. La siembra densa hace que la competencia con las malezas sea más estable, los espacios vacíos se cubren en menos tiempo y el sombreo suprime las malezas.

Objetivos de estudios que incluyen densidades de siembra

El objetivo que puede perseguir éste tipo de estudio es el de determinar el efecto de densidades crecientes de plantas de un determinado cultivo sobre el comportamiento de las malezas. Dicha densidad, además debe permitir un adecuado desarrollo del cultivo y que éste exprese su potencial de rendimiento.

Muchos trabajos de investigación revelan la tendencia que siguen los rendimientos de los cultivos y de malezas cuando se incrementa la densidad de siembra (Vanegas, 1986; Håkansson, 1983). Sin embargo es necesario evaluar comportamientos específicos para determinado cultivo y determinada condición. Resultados de éste tipo son influenciados por las poblaciones naturales de malezas, el tipo de cultivo y hasta la variedad de cultivo utilizada.

En la Figura 3.1, se presenta el rendimiento teórico de cultivos por unidad de área y rendimiento de malezas en función de la densidad de siembra. La respuesta del rendimiento del cultivo al aumento de la densidad de siembra sigue un comportamiento no lineal. Esta relación entre densidad y rendimiento ocurre en gran cantidad de plantas y mezclas de especies (cultivos asociados). Se le conoce como la ley del rendimiento final constante (Radosevich, *et al.* 1998).

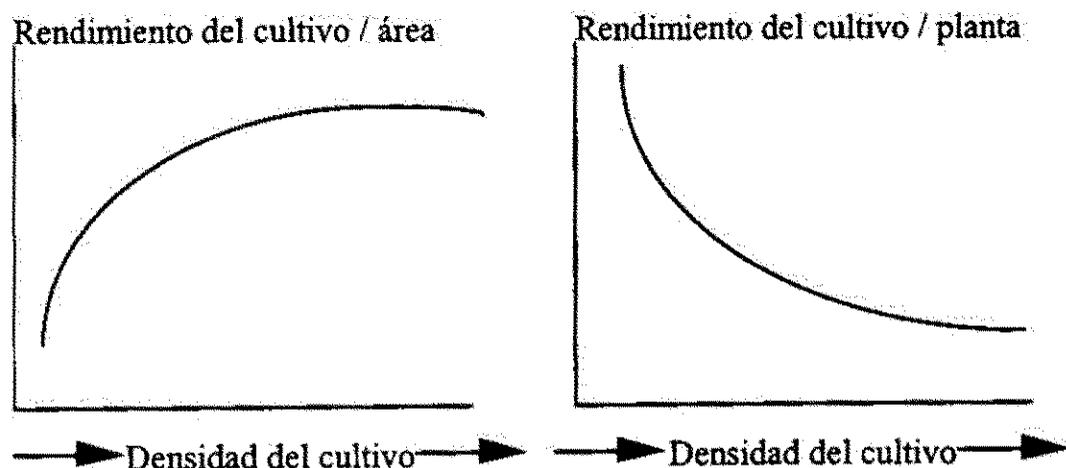


Figura 3.1. Rendimiento teórico de cultivos por unidad de área y rendimiento por planta en función de la densidad de siembra (Radosevich, *et al.* 1998).

Para determinar la densidad del cultivo más competitiva con las malezas, se tiene que evaluar la dinámica de las malezas. Quizás el parámetro más importante que indique la influencia de la densidad del cultivo sobre las malezas, sea la producción de biomasa por parte de las mismas.

Las ventajas de estudios con altas densidades de plantas deben ser balanceadas en contra del costo adicional de la semilla y la pérdida potencial de rendimiento que puede ocurrir en muchos cultivos a altas densidades. Otro aspecto a considerar es el tipo de cultivo y el producto esperado de la cosecha. En cultivos de raíces y/o tubérculos, una alta densidad de plantas puede conducir a una reducción sustancial en el peso de raíces y/o tubérculos lo cual resulta desventajoso. En cultivos de grano, la reducción en el rendimiento por planta es compensada por el mayor número de plantas que se establecen.

Resultados experimentales

En la Figura 3.2, se presenta el efecto de cinco densidades de siembra de frijol común sobre el rendimiento del cultivo y la producción de materia verde de malezas (Vanegas, 1986). El rendimiento de frijol (kg ha^{-1}) se incrementa desde la densidad de 50 000 plantas por ha^{-1} hasta alcanzar un máximo cuando se utilizaron 300 000 plantas ha^{-1} . El incremento de la densidad de plantas más allá de las 300 000 plantas ha^{-1} no resultó positivo para el rendimiento (Figura 3.2 a).

Por otro lado, la producción de materia verde de malezas (g m^{-2}) presenta sus mayores valores cuando la densidad de siembra de frijol común fue de 50 000 y 100 000 plantas ha^{-1} . A medida que se incrementó la densidad del cultivo, la materia verde de malezas se redujó (Figura 3.2 b).

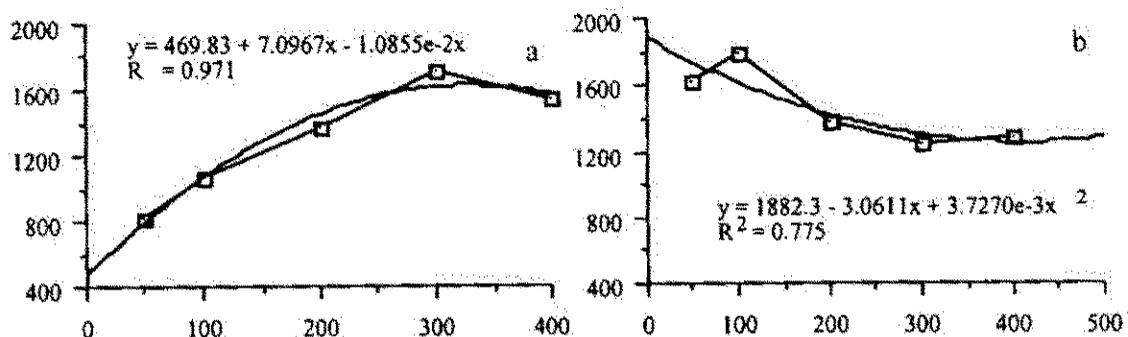


Figura 3.2. a) Rendimiento de frijol común, en tratamientos con control de malezas, influenciado por la densidad de siembra. b) Peso fresco de malezas, en tratamientos

sin control de malezas, influenciado por la densidad de siembra (Extraído de Vanegas, 1986).

3.4. Estudios que consideran espaciamientos entre las hileras

El empleo de espaciamientos reducidos entre surcos y entre plantas, permite una distancia uniforme entre estas últimas, logrando que la competencia sea más estable, los espacios vacíos se cubren en menor tiempo y el sombreo suprime las malezas.

El manejo de los espaciamientos entre las hileras, permite al cultivo condiciones más favorables de competencia en contra de malezas. Las distancias entre surcos son decisivas para el control de malezas, sobre todo cuando se combinan con variedades de cultivo que se defiendan bien de las malezas. Si se logra lo anteriormente expuesto, permitiría: buena cobertura del suelo, intercepción de luz solar por el follaje, lo cual reduce la posibilidad de germinación y emergencia de malezas entre las hileras.

Entre mayor sea la distancia entre las hileras, mayor tiempo necesitará el cultivo para llegar a cubrir el terreno, estimulando de esta forma la proliferación y el desarrollo de las malezas.

Objetivos de estudios que incluyen espaciamientos entre hileras

El objetivo de este tipo de experimento es conocer el efecto de espaciamientos entre hileras sobre el comportamiento de las malezas. Si se combinan distancias de siembra con densidades de plantas (arreglos espaciales) con el propósito de evaluar no únicamente la competencia inter específica sino también la competencia intra específica, se logra ampliar el conocimiento.

El efecto de distancias de siembra sobre el comportamiento de las malezas se puede evaluar por medio de la dominancia de las mismas (producción de biomasa y cobertura) y por la densidad de las malezas.

Resultados experimentales

En la Figura 3.3, se presentan resultados obtenidos por Vanegas (1986). Se estudiaron tres espaciamientos entre surco en el cultivo de frijol común, con el propósito de evaluar el efecto de distancias de siembra, en parcelas enmalezadas y con control de malezas, sobre el rendimiento del cultivo y la producción de materia verde de malezas. El resultado muestra que el rendimiento del cultivo (kg ha^{-1}) en parcelas con control de malezas fue superior cuando se utilizaron los menores espaciamientos entre surco (Figura 3.3 a). En cambio, la producción de materia verde de malezas (g m^{-2}), en parcelas sin control de malezas,

aumentó en la medida que se incrementó la distancia entre los surcos (Figura 3.3 b).

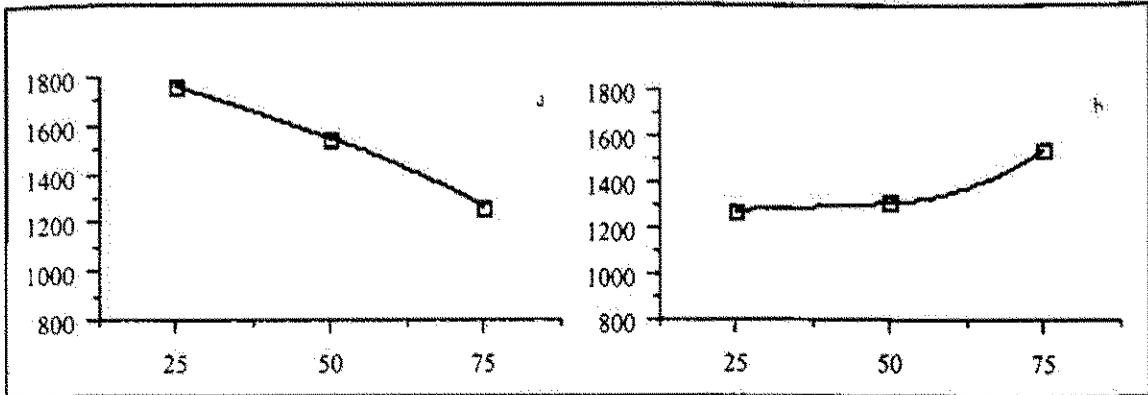


Figura 3.3. a) Efecto de distancias de siembra en cultivo de frijol común, sobre el rendimiento del cultivo. Tratamientos con control de malezas, b) Efecto de distancias de siembra en cultivo de frijol común, sobre la producción de materia verde de malezas. Tratamientos enmalezados (Extraído de Vanegas, 1986).

3.5. Experimentos con series aditivas

En los experimentos aditivos se cultivan dos o más especies en comunidad. La densidad de una especie se mantiene constante, mientras la densidad de la otra varía. Este método tiene relevancia en la agricultura, en situaciones en las cuales una especie (maleza) invade las áreas próximas a otra especie (cultivo) que tiene una densidad constante. En éste caso el cultivo sirve como un indicador de la agresividad relativa de las malezas.

En estos estudios la densidad de la maleza se expresa como número de individuos por unidad de área (ha^{-1} , m^2 , etc.). En todos los casos la densidad de la maleza varía, lo cual resulta en un cambio en el rendimiento del cultivo.

La Figura 3.4, muestra la respuesta del rendimiento del cultivo por efecto de cambiar la densidad de las malezas. A medida que se incrementa la densidad de las malezas, el rendimiento del cultivo disminuye marcadamente hasta que la densidad alcanzada por las malezas no reduce significativamente los rendimientos. Esta relación ocurre universalmente en estudios aditivos, por lo tanto este tipo de estudios no dan información adicional.

En el método aditivo la densidad total de las plantas siempre varía, mientras la proporción entre especies también cambia con la densidad. De esta forma dos de los principales componentes de la interferencia varían dentro del experimento dificultando la interpretación de los efectos relativos de cada factor.

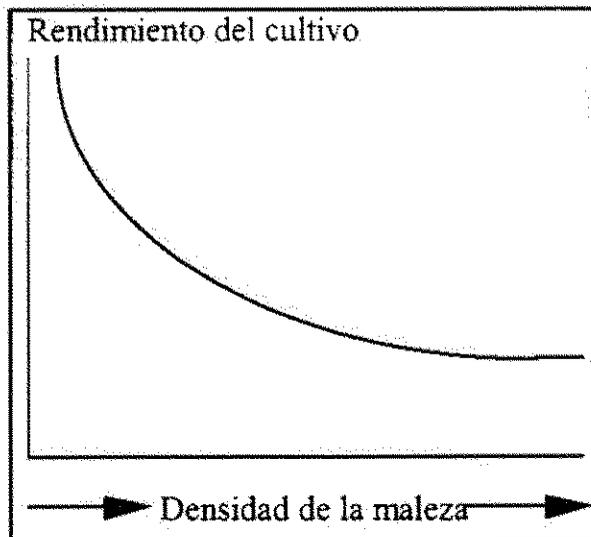


Figura 3.4. Esquema que muestra el efecto de incrementar la densidad de las malezas en el rendimiento del cultivo (Extraído de Radosevich, 1988).

Es difícil determinar la contribución relativa de competencia intra específica de la competencia inter específica en este tipo de estudio, ya que la densidad de ambas especies, la densidad total y la proporción de las especies varía entre los tratamientos.

Los arreglos espaciales entre plantas individuales son uniformes, puesto que el cultivo es plantado en un solo patrón, sin embargo la ocurrencia de las malezas usualmente varía, de esa forma el arreglo espacial del cultivo en referencia a las malezas es usualmente al azar. Debido a la confusión y poca certeza de la densidad, proporción y arreglos de las especies en estudios aditivos, es difícil determinar umbrales críticos de interferencia de las malezas o causas de interacciones inter específicas.

3.6. Experimentos sustitativos o series de reemplazo

Este método permite estudiar los efectos relativos de la competencia intra específica e inter específica. En los experimentos sustitativos (o series de reemplazo) se estudian proporciones de dos especies (A y B), mientras la densidad general (A + B) se mantiene constante. La contribución que ambas especies hacen al rendimiento total indica la habilidad relativa de cada una ellas para capturar recursos y convertirlos en biomasa.

La ventaja del método sustitutivo es la facilidad para examinar posibles interacciones entre especies. La agresividad y competitividad de las especies que crecen en comunidad pueden ser derivadas del resultado de experimentos sustitativos.

Rendimiento relativo total (RRT)

Una medida utilizada en estudios sustitutivos es el rendimiento relativo total (RRT), el cual es la suma de los rendimientos relativos de cada una de las especies para una proporción determinada, y se expresa mediante la siguiente fórmula.

El cálculo anterior describe como las especies usan los recursos (espacio) con relación a la otra. Rendimiento relativo total cercano a uno indica que se utilizan los mismos recursos, mientras valores inferiores a uno indican antagonismo mutuo y valores superiores a uno sugieren simbiosis.

$$\text{RRT} = \frac{\text{Rendimiento de A en mezcla}}{\text{Rendimiento de A en cultivo puro}} + \frac{\text{Rendimiento de B en mezcla}}{\text{Rendimiento de B en cultivo puro}}$$

El análisis clásico de las series de reemplazo requiere una densidad relativa total igual a uno ($\text{DRT}=1.0$). Siguiendo la teoría de competencia entre plantas se aceptan las siguientes expresiones:

Densidad relativa de una especie (DR_1), se define como la densidad de la especie 1 en el asocio dividido por la densidad de la especie 1 en el cultivo puro.

$$\text{Densidad total} = \text{DR}_1 + \text{DR}_2 = 1$$

El rendimiento relativo (RR_1) se define como el rendimiento de la especie 1 en el asocio dividido por el rendimiento de la especie 1 en el cultivo puro.

Rendimiento relativo total ($\text{RRT} = \text{RR}_1 + \text{RR}_2$). Esta expresión es análoga a la de uso equivalente de la tierra (UET), que se utiliza en experimentos de cultivos asociados para evaluar las ventajas de los socios sobre los cultivos solos.

Otro índice que puede ser derivado de series de reemplazo es la agresividad de las especies (A). La agresividad define el éxito relativo de las especies en el uso de los recursos. Lo anterior permite evaluar competencia entre un grupo de especies.

$$A = \frac{\text{Rendimiento de A en la mezcla}}{\text{Rendimiento de A en cultivo puro}} + \frac{\text{Rendimiento de B en la mezcla}}{\text{Rendimiento de B en cultivo puro}}$$

Modelos para evaluar interacción cultivo-maleza

Existen cuatro modelos para interpretar las interacciones entre las especies. La Figura 3.5, representa las cuatro posibles interacciones de las especies que crecen en un experimento de series de reemplazo. El eje vertical representa el rendimiento de las plantas y el eje horizontal representa la proporción de las especies en grupo puro (0 hasta 1).

En el modelo I, la especie A, se incrementa mientras la especie B decrece en relación directa a las proporciones utilizadas. Esta situación se puede dar cuando las dos especies están separadas la una de otra, no ocurre interacción entre ellas o la habilidad de cada especie para interferir con la otra es equivalente. En otras palabras, cada especie contribuye al rendimiento total en relación directa a su presencia en la mezcla. Cada especie hace idéntica demanda de los recursos disponibles del medio ambiente, por tanto no existe interacción.

En el modelo II, una especie contribuye mas al rendimiento. Las curvas resultantes de esta interacción siempre una es cóncava y la otra es convexa, indicando que las especies compiten por un recurso en común. Las dos especies hacen demanda similar del medio ambiente, pero sus respuestas difieren.

El modelo III, el rendimiento de las dos especies en cualquier combinación es menor que el que logran cuando cualquiera de las dos es sembrada en grupo puro (antagonismo mutuo). Esta situación se obtiene si ambas especies modifican adversamente el ambiente de crecimiento de la otra. Por ejemplo cada especie puede producir toxinas específicas que ella puede tolerar pero que inhiben el desarrollo de la otra.

En el Modelo IV, ambas especies producen más que el rendimiento esperado en cultivo puro (beneficio mutuo). Este es el modelo de simbiosis. En tal situación, las especies evitan la competencia con la otra, *i.e.*, el mayor crecimiento de la especie A puede ocurrir durante una época diferente a la especie B. Así, ninguna de las especies interfiere con el crecimiento de la otra.

Toda información derivada de experimentos de series de reemplazo (posibles interacciones y umbrales de interferencia) es relevante solo en el contexto de la densidad total usada en el experimento.

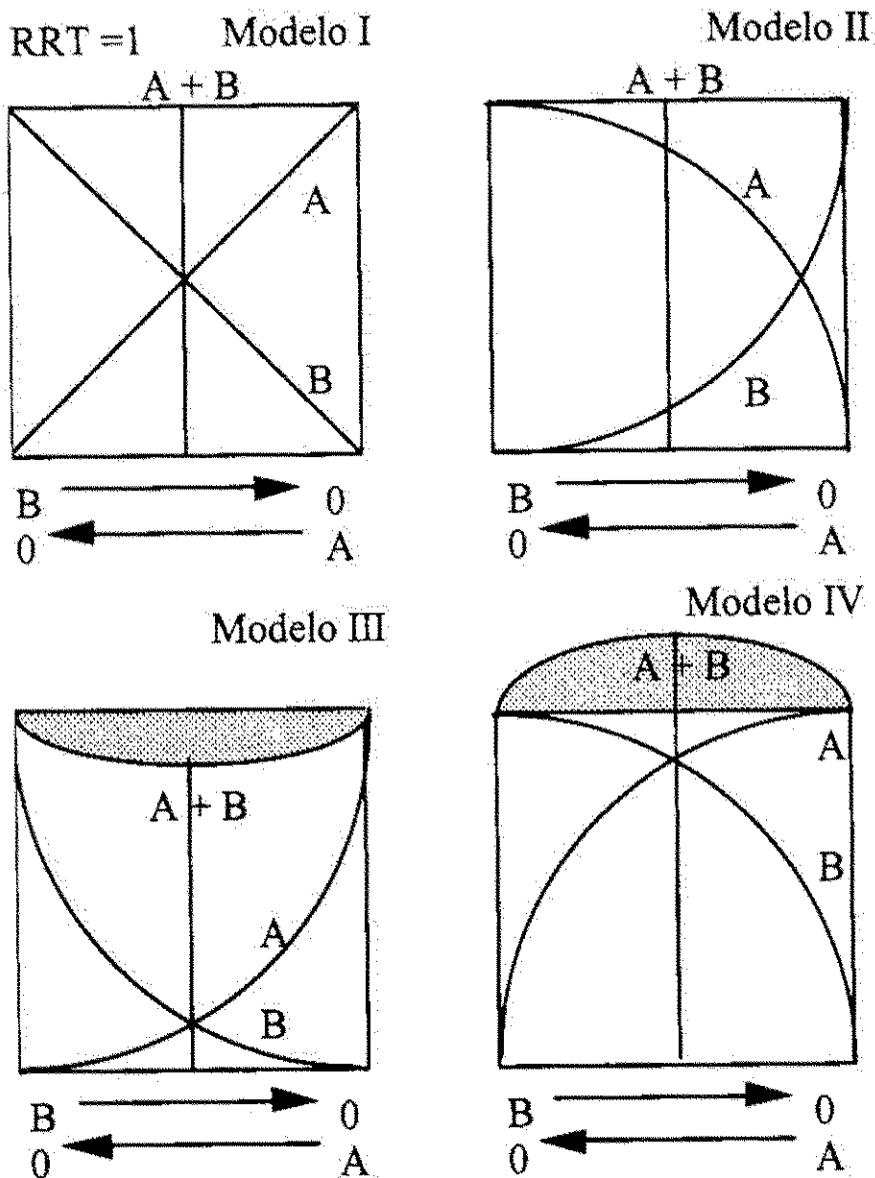


Figura 3.5. Modelos utilizados para representar los resultados de experimentos de series de reemplazo. La línea horizontal representa las proporciones de las especies, y la vertical los rendimientos (Extraído de Radosevich, 1988).

4. Bibliografía

- Fisher, A. J. 1993. Enfoque para el estudio de la interferencia de las malezas con los cultivos. En memorias del IV Congreso de MIP. CFIBA. 33 (1) 271-289.
- Håkansson S. 1983. Competition and production in short-lived crop-weed stands. Density effects. Swed. Univ. Of Agric. Sci. Report 127. Uppsala Sweden. 85 p.
- Koch, W. & J. E. Garcia. 1985. Principio de competencia entre cultivo y malas hierbas: Posibilidades y limitaciones de la aplicación de umbrales económicos en programas de combate. EN: Resúmenes del seminario Manejo integrado de malezas. Plits 3 (2):55-84.
- Liebman, M. 1988. Ecological suppression of weeds in intercropping system: A Review. 197-212. IN: Weed management in Agroecosystems: Ecological Approaches. Altieri M. A. & Liebman M. (Ed). CRC Pres, Inc. Boca Ratón. Florida.
- Radosevich, S; J. Holt & C. Ghersa. 1998. Weed Ecology. Implications for Management. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. 589 p.
- Radosevich, S. R. 1988. Methods to study crop and weed interaction. Ecological Approaches. 121-143. IN: Weed management in Agroecosystems. Altieri M. A. & Liebman M. (Ed). CRC Pres, Inc. Boca Ratón. Florida.
- Sariol, B. J. 1986. Metodología para la determinación de periodos críticos de competencia entre plantas indeseables y plantas cultivadas. Rev. Centro Agrícola. 13 (3): 38-44.
- Trenbath, B. R. 1978. Models and interpretation of mixture experiments. In: Plant relations in pastures, Edited by Wilson J.R. Editorial CSIRO, Melbourne. 145 p.
- Trenbath, B. R. 1976. Plant interactions in mixed plant communities. En M. Stelly (ed). Multiple Cropping. American society of Agronomy. Special publication No 27. Madison, Wisconsin. 169 p.
- Vanegas, J. A. 1986. Plant density, row spacing and fertilizer effect in weed and unweeded stands of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Swed. Univer. of Agricul. Sci. Report. 160. Uppsala. 45 p.
- Vandermeer, J. 1989. The Ecology of intercropping. Cambridge University Press. Great Britain. 237 p.
- Willey, R.W. & D.S.O. Osiru, 1972. Studies of mixtures of maize and bean (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. J. Agric. Sci. Camb. 79:517-529.
- De With, C. T. 1960. Vers. Landbouw. Onderzoek. 66 (8): 1-82.

CAPITULO IV

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE PERIODOS CRITICOS DE CONTROL DE MALEZAS

1. Introducción

El presente tema pretende reforzar los conocimientos sobre la metodología para la determinación de períodos críticos de control de malezas. En dicha metodología se explica detalladamente los pasos a seguir para llegar a resultados confiables. En el texto se enmarca de forma clara y precisa los aspectos que deben tomarse en cuenta para arribar a conclusiones objetivas. Antes se expondrán conceptos importantes sobre lo que son los períodos críticos de control de malezas.

Existen suficientes evidencias que la mayoría de los cultivos poseen un período crítico durante el cual las malezas deben ser controladas para evitar pérdidas en los rendimientos. Los trabajos pioneros en este orden se remontan a la década del sesenta, con el trabajo desarrollados por Nieto *et al.* (1968).

Algunos autores han utilizado el término período crítico de competencia de malezas y/o período crítico de interferencia de las malezas (Bonilla, 1984; Friesen, 1978; Weaber, 1984) para referirse a la etapa de mayor susceptibilidad del cultivo al efecto de las malezas. Con esta terminología se sugiere que la competencia de las malezas se restringe a un período de tiempo determinado durante el ciclo del cultivo. Sin embargo, en la práctica, el período crítico se refiere al momento ó al período de tiempo óptimo para realizar el control de las malezas y no necesariamente equivale al período de mayor interferencia. Zimdahl (1980) define período crítico como el máximo período de tiempo que las malezas deben ser controladas para prevenir reducciones en los rendimientos. Controles de malezas fuera de estos periodos son innecesarios y deberían evitarse.

El término período crítico de control de malezas es más apropiado puesto que se refiere a la duración de las medidas de control de malezas o al tiempo que estas deben ser mantenidas para prevenir que malezas que emergen al final del ciclo del cultivo interfieran con los rendimientos. El período crítico puede ubicarse en las primeras semanas de desarrollo del cultivo, la longitud del mismo varía —entre otras cosas— en dependencia del ciclo del cultivo y el desarrollo inicial del mismo. En algunos cultivos el período crítico constituye un momento crítico, en cambio en otros cultivos se extiende durante todo el ciclo.

Otros factores que afectan ó modifican el período crítico son: las especies de malezas, el ambiente en el cual se desarrollo el cultivo, la densidad de plantas, el período cuando inicia la competencia, la fertilidad de suelo, la variedad utilizada, etc. (Alemán, 1997). En vista de lo antes expuesto, los resultados de un experimento de períodos críticos no pueden ser extrapolados a otras condiciones, aparte de aquellas en las cuales el experimento fue realizado. Cada período crítico debe ser determinado *in situ*, en las condiciones predominantes en la zona, las poblaciones naturales de malezas, etc.

Para la obtención del período crítico de control de malezas en un determinado cultivo, es necesario conocer dos tipos de umbrales. El umbral temprano de competencia de malezas y el umbral tardío de competencia de malezas. El resultado de ambos umbrales en su conjunto permite obtener el período de tiempo que necesita permanecer libre de malezas un cultivo para expresar su máximo potencial de rendimiento (Alemán, 1989).

2. Objetivos para la determinación de períodos críticos de competencia de malezas

Los objetivos que persiguen trabajos de éste tipo son los siguientes:

- Determinar el período de tiempo que un cultivo puede soportar de competencia con las malezas sin sufrir reducciones en su producción (umbral temprano de competencia).
- Identificar el momento durante el desarrollo de un cultivo, después del cual la competencia de las malezas deja de ser significativa para afectar los rendimientos (umbral tardío de competencia).
- Determinar mediante ensayos de campo el período de tiempo durante el desarrollo de un determinado cultivo, en el cual las malezas deben ser removidas para evitar reducciones en los rendimientos (período crítico de control).

3. Metodología experimental

Por medio de experimentos de campo se puede determinar el tiempo que un cultivo debe permanecer libre de malezas para alcanzar su máxima producción. Para la determinación de los periodos de control de malezas, se pueden utilizar dos métodos:

Cronológico. En este método se hacen las observaciones del caso a intervalos determinados de tiempo (días o semanas).

Etapas fenológicas. Este método se basa en las fases de desarrollo de la planta, tomando como referencia el número de hojas emergidas al momento del control, o alguna etapa importante durante el ciclo de vida de la planta.

Los tratamientos que se incluyen en este tipo de experimento se pueden dividir en tres categorías:

Se aplaza la fecha de iniciación de los deshierbes por distintos periodos y una vez comenzado el deshierbe se realiza cada vez que sea necesario hasta la cosecha. Con esto se obtiene una idea del número mínimo de días que debe mantenerse limpio el cultivo para obtener máximos rendimientos (umbral temprano de competencia de malezas) (Figura 4.1).

Se comienza a deshierbar todos los tratamientos después de la siembra y se continúa en periodos progresivos, dándole a los tratamientos periodos libres de malezas. Posteriormente se permite el desarrollo de malezas hasta la cosecha. Con estos tratamientos se obtiene una indicación del momento en que las malezas dejan de ejercer su competencia (umbral tardío de competencia de malezas) (Figura 4.1). La tercera categoría incluye controles de malezas similares a los que realiza el agricultor de la región donde se desarrolla la investigación.

Para este tipo de estudio existe un diseño experimental clásico. En el ejemplo mostrado en la Figura 4.1, el experimento a (periodos con infestación de malezas), se permite el desarrollo de malezas en diferentes periodos y posteriormente son controladas. Los periodos con competencia son: 7, 14, 21, 28, 35, 42, y 49 días después de la siembra.

El experimento b (periodos libres de maleza) incluye control manual de malezas por periodos específicos después de la siembra. Las malezas dentro de la parcela —según el ejemplo— deben ser cuidadosamente eliminadas por 0, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días después de la siembra. Paralelo a estos ensayos se pueden evaluar tratamientos que incluyan control manual de malezas durante

las primeras semanas, similar a la práctica que comúnmente realiza el agricultor.

Los periodos de control y de enmalezamiento pueden distribuirse al azar en un solo experimento, sin embargo, para el análisis deben separarse.

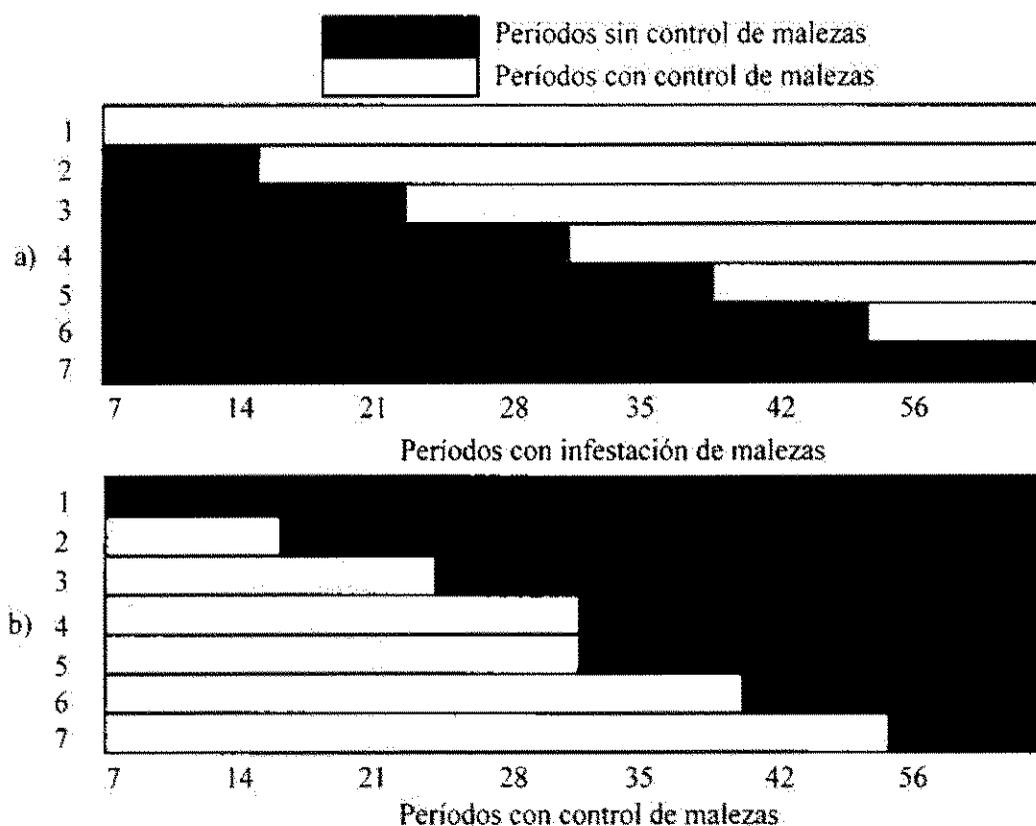


Figura 4.1. Ejemplo de tratamientos utilizados en experimentos para determinar periodos críticos de competencia de malezas en los cultivos (método cronológico). a) umbral temprano de competencia, b) umbral tardío de competencia.

La diferencia entre la longitud de los periodos libres de maleza requeridos y la longitud de los periodos de control tolerados por el cultivo puede ser asumida para indicar el periodo crítico. La duración del periodo crítico de control depende del tipo de cultivo, aunque en la mayoría de ellos se extiende de dos a seis semanas a partir de la germinación (Figura 4.2). Los trabajos orientados a determinar periodos críticos de control de malezas deben repetirse para diferentes condiciones ambientales, para diferentes cultivos y aún para diferentes variedades y complejos de malezas.

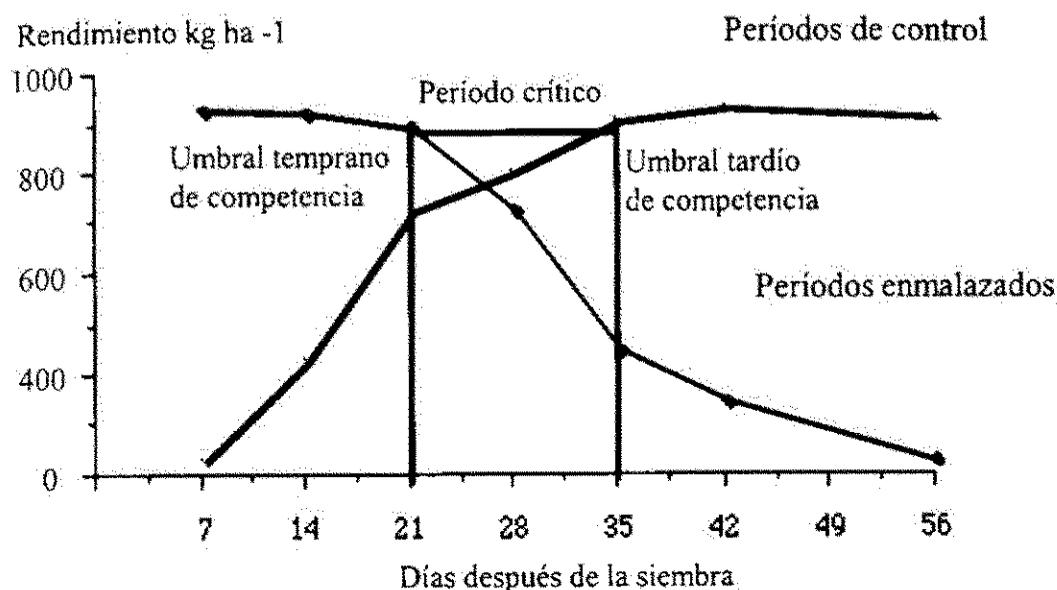


Figura 4.2. Respuesta del rendimiento de los cultivos a la influencia de periodos de infestación de malezas y periodos libre de malezas. En la mayoría de los casos el periodo crítico ocurre en el primer tercio del desarrollo del cultivo.

4. Manejo del cultivo

La preparación del suelo debe realizarse siguiendo las prácticas normales que realizan los productores. Las distancias entre surco y planta, niveles de fertilidad, variedades utilizadas, etc., deben ser basadas en trabajos experimentales realizados en las mismas condiciones en que se establecerán los ensayos. El control de plagas y enfermedades debe ser de forma convencional siguiendo las prácticas comunes recomendadas por las oficinas de extensión de la zona donde se realiza el estudio.

5. Control de malezas

Se puede realizar con machete, cortando la hierba a nivel del suelo, sin removerlo. Las plantas en la hilera del cultivo son arrancadas a mano para evitar dañar las plantas de cultivo. En ciertos cultivos (e.g., maíz) los controles pueden realizarse usando herbicidas de contacto, aplicados directamente a las malezas.

6. Datos a evaluar

Previo al establecimiento del experimento, debe realizarse un análisis de la vegetación para determinar cuáles son las malezas predominantes en el área del ensayo. Para ello se utiliza la "técnica del m²". Se recorre el campo en

diagonal muestreando lugares representativos del área a sembrar. Se obtienen datos de identificación, frecuencia de aparición y cobertura de las principales especies presentes en el área a muestrear.

A la madurez fisiológica del cultivo se toman los siguientes datos: el peso fresco y seco de malezas por unidad de área, abundancia y dominancia de las malezas (cobertura y peso seco), peso fresco de plantas del cultivo, diámetro del tallo de la planta cultivada. La altura de la planta objeto de interés en etapas críticas del desarrollo (floración y madurez fisiológica del cultivo, etc.). A la cosecha se toman los siguientes datos: componentes del rendimiento y el rendimiento de cada una de las parcelas.

7. Análisis estadístico

El análisis de la información procedente de experimentos de períodos críticos de control de malezas depende del tipo de tratamientos involucrados en el experimento. Al igual que en otros casos, el paso inicial es el análisis de varianza con el propósito de determinar diferencias entre tratamientos. En dependencia de la naturaleza de los tratamientos, el análisis puede tomar dos vías:

Si la definición de los tratamientos se realizó utilizando el método cronológico (tratamientos cuantitativos), el procedimiento correcto es definir una función que explique el comportamiento de las variables. En casos donde los intervalos de tiempo de los controles de malezas y/o períodos de enmalezamiento sean espaciados a un intervalo fijo se puede usar una prueba de regresión. En caso de que los intervalos no sigan un patrón definido se pueden hacer ajustes de curvas para encontrar aquella que mejor recoja la variabilidad de las observaciones. Este análisis nos puede indicar de forma precisa el momento durante el ciclo del cultivo en el cual las malezas inician la competencia y/o el momento en el cual la competencia deja de existir.

Por otro lado, si la definición de los tratamientos la realizamos basados en el método fonológico (tratamientos cualitativos), la información se somete a análisis de varianza para conocer posibles diferencias entre tratamientos. Si la hipótesis nula es rechazada, pueden realizarse comparaciones entre tratamientos o entre grupos de tratamientos. Para el primer caso se utiliza una separación de medias.

En el segundo caso se recomienda la descomposición de los grados de libertad de tratamientos para definir grupos de interés. Sin embargo, hay que recordar que con dicho análisis se pueden girar conclusiones erróneas. La prueba que compara las medias determina el punto en el cual las

pérdidas fueron observadas, y no el punto en el cual se inician las pérdidas de rendimiento.

Cousens (1988) indica que los periodos de enmalezamiento pueden ser representados por una hipérbola rectangular ($Y=a+b/[1+cX]$), la cual es una ecuación que muestra una curva decreciente. Los periodos de control pueden ser representados por la función de Gompertz, la cual muestra una curva con incremento ($y=a+b \exp[-c(x-d)]$). Cuando los periodos de enmalezamiento y periodos de control son definidos por una función y la misma es significativa, no existe ningún periodo de enmalezamiento que no cause pérdidas en el rendimiento.

8. Efecto de periodos de enmalezamiento y periodos de control sobre rendimiento

Los datos presentados en la Tabla 4.1, corresponden a resultados de experimentos con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). En él se incluyen periodos de enmalezamiento y periodos con control de malezas. Se presenta la disminución de rendimiento en kg ha⁻¹ y en porcentaje, de cada uno de los tratamientos en comparación con el control durante todo el ciclo (Acevedo, 1996).

De los tratamientos enmalezados se observa que la mayor reducción del rendimiento se presenta en el intervalo entre los 21 y 28 días después de la siembra, durante este periodo las malezas reducen drásticamente el rendimiento de grano. De los tratamientos de control se desprende que la mayor disminución del rendimiento se presentó en el intervalo entre 14 y 21 días después de la siembra.

Los datos presentados reflejan que existe una reducción del rendimiento de 72.3 por ciento, cuando se permite competir al cultivo y a las malezas durante todo el ciclo.

El uso de curvas respuesta para la determinación de los periodos de control de malezas tiene un gran significado desde el punto de vista agronómico. i.e., en el presente caso, en orden de restringir pérdidas menores del 10 por ciento, las malezas deben ser removidas durante el periodo de los 10 a los 33 días después de la siembra. Para restringir pérdidas menores del 5 por ciento, las malezas deben ser removidas de los 9 a los 39 días después de la siembra (Figura 4.3). Las curvas pueden ser utilizadas para predecir las pérdidas de rendimiento en que se puede incurrir al retardar la práctica de control de las malezas.

Tabla 4.1. Efecto de periodos de enmalezamiento y periodos de control sobre el rendimiento de grano

	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Reducción de de rendimiento	Porcentaje de reducción
Tratamientos enmalezados			
Siempre	295	770	72
35 días	342	723	68
28 días	661	404	38
21 días	937	128	12
14 días	1025	41	4
7 días	1032	33	3
Tratamientos con control			
7 días	436	629	59
14 días	531	534	50
21 días	895	170	16
28 días	931	135	13
35 días	941	125	12
siempre	1065	0	0

Acevedo (1996).

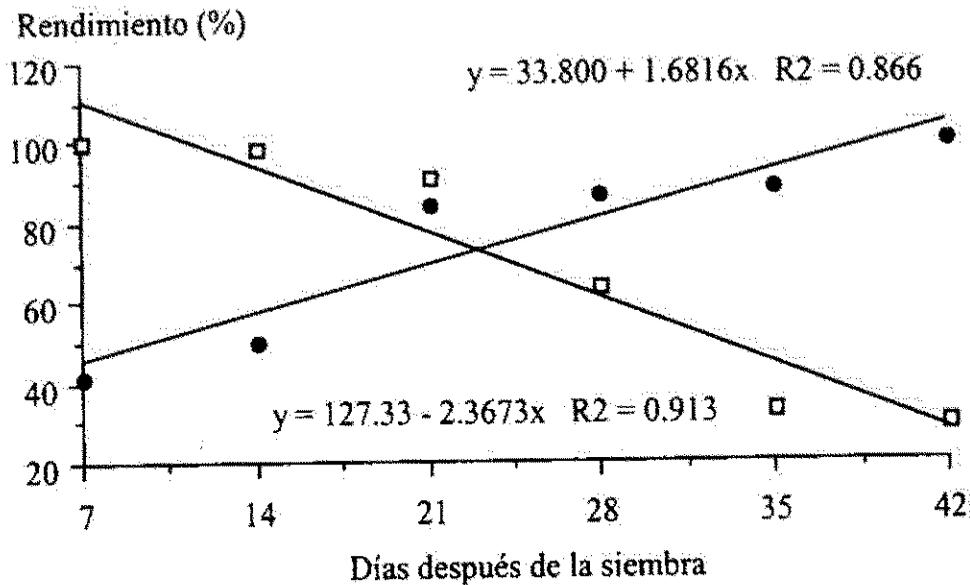


Figura 4.3. Rendimiento de grano de frijol común influenciado por periodos de control de malezas y periodos de enmalezamiento (Acevedo, 1996).

9. Bibliografía

- Acevedo, C. H. 1996. Periodo crítico de competencia entre frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y coyolillo (*Cyperus rotundus* L.). Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Alemán, F. 1988. Periodos críticos de competencia de malezas de frijol común (*P. vulgaris* L.). Momento óptimo de control. Tesis Ing. Agr. EPV-ISCA. Managua, Nicaragua.
- Alemán, F. 1989. Threshold periods of weed competition in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Swedish Univ. of Agr. Sc. Crop Production Science 4. Uppsala Sweden. 42 p.
- Alemán, F. 1991. Manejo de Malezas. Texto Básico. Primera edición. ESAVE-FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua. 164 p.
- Alemán, F. 1997. Manejo de malezas en el trópico. Primera edición. ESAVE - UNA. Managua, Nicaragua. 227 p.
- Nieto, J. M. A. Brondo, & J. T. González. 1968. Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. PANS 14:(2)159-167.
- Zimdhal, R. L. 1980. Weed crop competition: A review. International Plant Protection Center. Corvallis, O.R. Oregon State University. 196 p.

CAPITULO V

METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE BANCO DE SEMILLAS DE MALEZAS

1. Introducción

Por lo general el enmalezamiento presente en el campo se utiliza para sugerir el control de las malezas en las áreas cultivadas, sin considerar que dicho enmalezamiento representa únicamente un pequeño porcentaje del potencial de semillas viables presentes en el suelo y que germinan anualmente. El establecimiento de las malezas en un campo determinado esta en función de la magnitud del banco de semillas viables en el suelo (De la Cruz, 1986).

Lo anterior sugiere realizar estudios para determinar la magnitud del banco de semillas en el suelo. Dicho banco es altamente dinámico, las malezas que no son controladas producen nuevas semillas, parte de las cuales germinaran al inicio de la época lluviosa, en cambio otras permanecerán latentes y serán fuente de re-infección en el futuro. Además, el banco de semilla puede ser alimentado por otras fuentes como son: la semilla de los cultivos, el agua de riego, el viento, la maquinaria, etc.

Para realizar predicciones sobre enmalezamiento futuros (pronóstico de enmalezamiento) se necesita generar información básica inexistente en nuestras condiciones, ya que la mayor parte de la literatura sobre bancos de semillas proviene de zonas con condiciones agro-climáticas muy disímiles a las nuestras.

El conocimiento de la magnitud del banco de semillas permite programar las prácticas de manejo de malezas, el objetivo es disminuir gradualmente las semillas viables contenidas en el banco mediante combinaciones de prácticas culturales y la utilización de otros métodos de control.

Según Pareja (1989) el enmalezamiento potencial (malezas presentes en el banco de semillas) expresa el efecto acumulado de las prácticas implementadas

en un periodo de tiempo, sobre la población de semillas en el suelo, su expresión es limitada por la latencia, la cual asegura su permanencia, aún cuando la reposición de semilla sea mínima.

2. Objetivos de los estudios de bancos de semillas

- Conocer el número de semillas de malezas presentes en el suelo.
- Determinar la composición del banco de semillas en el suelo. Identificar que especies de malezas predominan en dicho banco y sus formas de vida.
- Estudiar los cambios en la vegetación, influenciados por prácticas de manejo tales como: rotaciones de cultivo, manejos de suelo, usos de cobertura, etc., o cualquier método de control utilizado por mas de un ciclo.
- Poder realizar pronósticos de enmalezamiento que sirvan como base para futuras prácticas de manejo.
- Conocer las diferencias existentes entre el llamado enmalezamiento actual (la vegetación del campo) y el enmalezamiento potencial (especies que aparecen en el banco de semillas).

3. Metodología experimental

Simpson *et al.* (1989) menciona que los principales problemas enfrentados en los estudios de banco de semillas de malezas se resumen de la siguiente manera: la heterogeneidad en los métodos de muestreo, el número insuficiente de muestras, utilización de un diseño de muestreo inapropiado, problemas en conseguir los requerimientos para la germinación de las malezas, obtención de un resumen adecuado de los datos obtenidos y problemas que se presentan en el análisis de los datos.

Para el desarrollo de éste tipo de estudios es esencial tener un conocimiento básico de la comunidad a muestrear. Lo anterior incluye la historia de vida de las especies, en especial aquellas que son dominantes en la comunidad e historial del área a muestrear, cuales son las condiciones que predominan en el ambiente y que tan heterogéneo es dicho ambiente.

Se necesita también tener información referente al enmalezamiento del área, que especies han sido determinadas según el historial del campo y a que densidades. Que especies son transitorias y cuales permanentes, y cuales son los requerimientos esenciales para la germinación de las especies.

La pregunta mas critica cuando se inicia un estudio de banco de semilla es la metodología a utilizar. Los procedimientos a utilizar deben ser basados en metas claramente enfocadas. La información inicial que se requiere para un estudio exitoso incluye: métodos de colecta y técnicas de manipulación, requerimientos de germinación, variabilidad de la vegetación, tamaño y número de la muestra y aspectos particulares del área objeto de estudio.

La metodología a utilizar debe ser descrita con suficiente detalle, para permitir comparar los datos de un estudio con otro. Se debe especificar claramente el tamaño de la muestra y la localización donde se colectaron las muestras. También es importante describir los hábitats cercanos, ya que ellos pueden influir en el banco de semillas.

Debe especificarse como se seleccionaron los sitios de muestreo (*i.e.*, al azar sistemático, al azar estratificado, etc.). Muchos de los factores definirán el procedimiento a usar, entre estos se incluyen: el propósito del estudio, la heterogeneidad física esperada del lugar, la precisión deseada, el tiempo y labor involucrada, el tamaño de la unidad de muestreo (área y profundidad), el número de muestras colectadas y la distancia entre los sitios de muestreo.

Además se debe considerar el problema práctico de espacio (*i.e.*, casa de mallas, invernadero o campo abierto) para establecer las muestras.

En estudios que se establecen con el propósito de comparar la vegetación del campo con el banco de semillas, se debe evaluar la abundancia de malezas por área (m^2 , pie^2 , etc.) en el sitio que ha sido influenciado por los tratamientos de manejo de malezas. El sitio de muestreo debe ubicarse en el área central de la unidad experimental (parcela útil), con el propósito de evitar dispersión de las semillas a los restantes manejos. Igual procedimiento se debe seguir con las muestras de suelo.

3.1. Selección de los sitios de muestreo

La selección de los sitios de muestreo puede realizarse al azar. Una vez definida el área total de la población se puede cuadricular el área y numerar cada una de las cuadrículas. Por medio de la utilización de una tabla de números aleatorios se seleccionan el ó los puntos donde se realizara el muestreo.

Otra posibilidad es que el muestreo sea al azar estratificado. En éste caso se utilizan estratos en el suelo. Se realizan los muestreos a diferentes profundidades, estas pueden ser 20, 10, ó 5 centímetros. Si el área de muestreo es muy heterogénea, el muestreo al azar estratificado ofrece ventajas, por que es posible separar los valores para diferentes partes de la muestra y resulta en una distribución mas uniforme de las unidades de muestreo.

Una tercera opción para seleccionar el sitio de muestreo es el muestreo sistemático, el cual sigue un patrón definido. Se ubica un punto de referencia dentro del área donde se extraerán las muestras, y se ubican puntos a una distancia definida, sitios en los cuales se realizaran los muestreos.

3.2. Extracción de las muestras

Para la extracción de las muestras de suelo se puede hacer uso de un barreno. Es importante definir y anotar la profundidad de la muestra y el diámetro del barreno. Si se carece del barreno es posible la utilización de una pala; para ello se necesita: obtener la profundidad a la cual se toma la muestra, el peso exacto y el volumen de la muestra.

El volumen de suelo colectado debe ser relativamente grande para el tamaño de las semillas en el suelo. Se recomienda un gran número de pequeñas unidades de muestreo sobre pocas unidades de mayor tamaño, para el mismo volumen total de la muestra de suelo.

El número de muestras a colectar esta en función de la densidad de semillas esperadas y del grado de precisión deseado, más que del tamaño del área examinada. Se necesita incrementar el número de muestras cuando se tiene interés en especies no muy comunes.

El suelo colectado de diferentes sitios dentro del área de interés, se mezcla para obtener una muestra representativa, la cual debe tener un volumen acorde a las restantes muestras, posteriormente dicha muestra se ubica en el volumen de suelo en el cual se realizara la evaluación. La muestra se coloca en los recipientes destinados para el ensayo, se lleva al invernadero o sitio donde se realizara la evaluación y se dan las condiciones favorables de humedad y temperatura para promover la germinación.

Se puede utilizar macetas de arcilla ó recipientes plásticos, de los cuales hay que anotar cuidadosamente las dimensiones y mantener la húmeda requerida para la óptima germinación de las semillas.

Se puede utilizar un sustrato de arena fina en el fondo de la macetera, y sobre ella la muestra de suelo, cuyo volumen y grosor deben ser anotados. Una vez germinadas las plántulas se cuentan y se identifican por especie.

3.3. Técnicas para la determinación del banco de semillas

Se dispone de dos técnicas para establecer densidades de banco de semillas, una vez que las muestras han sido colectadas. Conteo directo y emergencia de plántulas.

El conteo directo puede ser realizado utilizando flotación, tamizado u otros métodos de separación (Rodríguez, 1979). En este método se determina el número de semillas presentes en el suelo, sin embargo, tiene la desventaja de que se desconoce la viabilidad de las mismas. La viabilidad de las semillas se puede establecer posteriormente mediante el uso de la prueba de tetrazolium o pruebas de germinación.

Por otro lado la técnica de conteo de plántulas (emergencia de plántulas) da un estimado de la viabilidad de las semillas presentes en el suelo. Se basa en la germinación de las semillas, las cuales son puestas en condiciones adecuadas de germinación y emergencia. En la práctica, rara vez se obtienen los requerimientos para la adecuada germinación de las semillas, ya que los patrones de germinación son muy sensibles a: luz, fluctuaciones de temperatura, disponibilidad de oxígeno, textura del suelo y otros factores. De esta forma la técnica de emergencia de las plántulas puede subvalorar la abundancia de semillas viables presentes en el suelo.

A pesar de ésta limitante, esta técnica es de gran valor en estudios en el ámbito de comunidades de malezas, especialmente cuando el número potencial de especies es alto. En esta circunstancia la emergencia de plántulas es deseable, ya que el conteo directo es extremadamente tedioso y requiere pruebas de viabilidad de las semillas.

La combinación de las dos técnicas, emergencia de las plántulas y conteo directo, da un estimado mas preciso del banco de semillas, que cualquiera de las dos técnicas por separado.

3.4. Metodología para el conteo

La metodología empleada para el conteo (nivel de infestación) y clasificación (composición por especie) se describe a continuación. Los recuentos se deben realizar una vez que se tenga la certeza que todas las semillas de las malezas han germinado. Las plántulas se remueven al momento del muestreo. En caso de plántulas de difícil o dudosa identificación se recomienda replantarlas en bolsas de polietileno o maceteras para su posterior identificación.

Existen dos formas para extraer los valores de semillas en el suelo. La primera es repitiendo los recuentos sobre el mismo volumen de suelo. Para ello el suelo es removido y se dan nuevamente las condiciones de germinación. Los datos obtenidos en el segundo recuento se suman a la abundancia obtenida durante el primer recuento. Debe dejarse un intervalo de tiempo de al menos 21 días para el segundo recuento. La operación puede ser repetida a discreción, si se considera que aún pueden existir semillas de malezas en la muestra

de suelo.

La segunda forma es cuando los niveles de infestación del suelo se expresan como número de semillas por unidad de superficie, completando la información con la profundidad de muestreo. Para efectos comparativos, se multiplican los datos correspondientes al enmalezamiento del banco de semillas por un factor que estará en dependencia del volumen y área de la muestra de suelo y la profundidad a la cual se tomó la muestra.

e.g., si el volumen de la muestra fue de 100 cc, el área del recipiente fue de 0.5 m., y la profundidad a la cual se extrajo la muestra fue de cinco cm. Los cálculos a realizar serían los siguientes:

Volumen 100 cc.

Área representada $0.5 \text{ m}^2 = 5\,000 \text{ cm}^2$

Profundidad muestreada 5 cm.

$$\text{Factor de corrección (FC)} = \frac{\text{Área representada} \times \text{profundidad}}{\text{Volumen de muestra}}$$

$$\text{FC} = \frac{5\,000 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ cm}}{100 \text{ cm}^3} = 250$$

Con estos resultados los datos obtenidos en el conteo de semillas de malezas, tienen que ser multiplicados por 250, para obtener el valor real del banco.

4. Variables a evaluar

Las variables evaluadas en estudios de banco de semillas de malezas son básicamente la abundancia de malezas (número de individuos totales y por especie / volumen de suelo), y la composición florística de las especies (diversidad).

Milberg (1993) utiliza una escala de uno a cinco, con el propósito de transformar la abundancia del número de plántulas emergidas. Los valores son los siguientes: 1 = una plántula, 2 = dos a tres plántulas, 3 = de cuatro a 10 plántulas, 4 = de 11 a 25 plántulas y 5 = más de 25 plántulas. Para efecto de poder comparar el enmalezamiento actual y el potencial, la escala debe ser usada en la vegetación.

5. Análisis de los datos

El análisis de los datos puede ser descriptivo, utilizando cálculos de frecuencia. También se pueden analizar a través de análisis de varianza (ANDEVA). Si se utilizan experimentos factoriales se pueden realizar pruebas planeadas. Cuando se estudia banco de semillas a diferentes profundidades en el suelo, es recomendable utilizar una prueba de regresión o realizar ajustes de curvas. Si los tratamientos en estudio son cualitativos pueden utilizarse las comparaciones múltiples. Milberg (1993) utiliza análisis multivariado de correspondencia para evaluar el comportamiento del banco de semilla a lo largo del tiempo, influenciado por las prácticas de manejo.

6. Comparación entre enmalezamiento actual y enmalezamiento potencial

En la Tabla 5.1, se presentan los resultados de experimentos realizados por Zambrana (1995) quien compara el enmalezamiento actual y enmalezamiento potencial influenciado por rotaciones de cultivo. Se puede apreciar el porcentaje de las malezas que germinan en el campo en referencia al potencial existente en el suelo.

Según los resultados, el porcentaje de malezas que conforman la vegetación significa únicamente el 5.3 por ciento del banco de semilla. Algunas malezas aparecen en regular porcentaje en la vegetación y en el banco de semillas, en cambio otras se manifiestan principalmente en el banco de semillas.

Tabla 5.1. Comparación del enmalezamiento actual y potencial (abundancia m^{-2}) en estudios de banco de semilla de malezas y evaluaciones de campo

Especies	Enmalezamiento potencial	Enmalezamiento actual	Porcentaje
<i>Cenchrus pilosus</i> (H.B.K.)	375.1	47.3	12.61
<i>Richardia scabra</i> L.	885.6	27.4	3.09
<i>Mullugo verticillata</i> L.	260.5	0.3	0.12
<i>Acalipha alopecuroides</i> Jacq.	20.9	6.7	32.06
<i>Chamaecyse hirta</i> (L.) Millsp.	72.9	0.1	0.14
<i>Sida acuta</i> Burm. F.	20.9	5.6	26.79
<i>Argemone mexicana</i> L.	20.9	0.6	2.87
Total	1656.8	88.0	5.3

Zambrana (1995).

7. Bibliografía

- De la Cruz, R. 1986. Las malezas en el contexto del manejo integrado de plagas en áreas tropicales. En Memoria Seminario MIP/CATIE. San José, Costa Rica. 89 -103
- Pareja, M.R. 1988. Dinámica de las semillas de malezas en el suelo. Boletín informativo MIP. Olancho, Honduras. 8: 30-49.
- Rodríguez, J. I. 1988. Latencia de semillas de algunas malezas en Cuba. Revista del Ministerio de Educación Superior de Cuba. La Habana, Cuba.
- Milberg, P. 1993. Soil seed bank and species turnover in a limestone grassland. In: Soil seed bank and germination ecology in Swedish semi-natural grassland. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of crop production sciences. Uppsala, Sweden. 1 - 14.
- Simpson, R; M.A. Leck; & V. T. Parker. 1989. Seed Bank: General concepts and methodological issues. In. Ecology of soil seed bank. ed. by Academic Press Inc. USA. Pp 3-8.
- Zambrana, J. M. 1995. Efecto de diferentes rotaciones de cultivo y métodos de control de malezas sobre el banco de semillas de malezas (enmalezamiento actual y potencial) resultados de seis años. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.

CAPITULO VI

EXPERIMENTACION CON CONTROL QUIMICO DE MALEZAS

1. Introducción

Los trabajos relacionados con control químico de malezas fueron los más importantes en la década del setenta e inicios de la década de los ochenta. En esta época el estudio de las malezas estaba concentrado en tamizado de herbicidas, los cuales consistían en evaluar los productos herbicidas presentes en el mercado nacional —solos o en combinación— que eran recomendados en los cultivos.

Los principales indicadores para recomendar un herbicida en estas circunstancias eran la efectividad en el control de las malezas y poco o ningún daño al cultivo, sin considerar los problemas potenciales que pueden acarrear dichos productos químicos como son entre otros: la contaminación ambiental, daños a cultivos susceptibles y toxicidad humana.

Posteriormente los estudios de tamizado de herbicidas cambiaron hacia la evaluación de dosis de herbicidas y momentos de aplicación de los mismos. Con esto se estaba cambiando hacia el manejo integrado de malezas, pues ya se consideran aspectos de racionalidad en el uso de herbicidas y no solo el simple hecho de recomendar un producto.

En la actualidad, todavía se cuenta con nuevos productos herbicidas, los cuales se necesita evaluar para poder dar recomendaciones precisas sobre su uso. Por ésta razón en este escrito se dan algunas consideraciones de como realizar la evaluación de campo. Hay que recordar que el uso de herbicidas debe ser incluido dentro de una estrategia de manejo integrado.

2. Objetivos de los estudios de control químico de malezas

Los objetivos de la investigación con productos herbicidas han variado sustancialmente en los últimos años, entre ellos podemos mencionar:

- Determinación de dosis y momento óptimo de aplicación de herbicidas. En ocasiones la dosis recomendada por las casas comerciales excede a la dosis real para un efectivo control de malezas. También es importante considerar cuando aplicarlo, ya que la demora de unos pocos días en su aplicación, puede ocasionar que el producto no tenga el efecto deseado.
- Evaluar la utilización de dos herbicidas en mezcla. Este tipo de trabajo — en la mayoría de los casos— considera la reducción de la dosis de los herbicidas hasta la mitad de su uso como herbicida solo, y por supuesto persigue aumentar el espectro de control en la comunidad de malezas (sinergismo). En muchos casos los productos químicos por separado no tienen efecto sobre determinadas especies de malezas, sin embargo al combinarlos aumentan su espectro de control. La mezcla de dos herbicidas ha sido generalmente recomendada y usadas en áreas donde existe una población diversa de especies.
- Evaluación de la residualidad y persistencia de los herbicidas. Este tipo de trabajo considera el problema potencial que pueden significar los herbicidas en una secuencia de cultivos, daños potenciales a cultivos vecinos y al cultivo mismo en el cual es recomendado.
- Valorar económicamente las bondades de la utilización de herbicidas y compararlas con otras prácticas de manejo.
- Evaluar el efecto de los productos químicos sobre la comunidad de malezas y los posibles cambios que pueden ocurrir en el complejo de malezas. El uso de herbicidas selectivos trae como consecuencia la eliminación de determinadas especies, sin embargo fomenta el desarrollo de poblaciones altas y dominantes de otras especies.
- Tolerancia de parte del cultivo a la aplicación de los herbicidas.

3. Metodología experimental

Durante el desarrollo del experimento es importante anotar las condiciones climáticas preponderantes en la zona, de igual forma estudiar la flora presente en los alrededores y las condiciones de suelo predominantes. Muchos herbicidas especialmente los de aplicación pre-emergente son afectados por las condiciones del suelo.

El manejo a que se somete el cultivo debe ser el que predomina en el área donde se desarrollo el experimento. Las distancias de siembra, densidades de plantas, fertilización, variedades, etc., deben ser las que normalmente utiliza el

productor. Se debe tener conocimiento sobre ciertas características de los productos químicos, como polaridad, volatilidad, etc., ya que éstas propiedades pueden dar respuesta a alguna tendencia de los resultados.

El diseño mas utilizado en estos experimentos es el de bloques completos al azar. En este diseño todos los tratamientos son azarizados dentro de cada repetición (bloque). El diseño a utilizar puede ser unifactorial, si se trata de evaluar los herbicidas todos contra todos. Si estamos interesados en conocer interacciones existentes, e.g., dosificaciones y momentos de aplicación, se pueden utilizar experimentos factoriales. Los experimentos factoriales en BCA, en arreglo combinatorio permiten la evaluación de los factores en estudio con la misma precisión para cada factor.

La utilización de parcelas de seis metros de largo ha dado buenos resultados en experimentos anteriores, donde se utilizaron herbicidas (Alemán, 1990; Romero & Alemán, 1990; Avendaño, 1995).

Junto a los tratamientos herbicidas seleccionados, se recomienda incluir tratamientos testigos o parcela control. Se puede utilizar un testigo absoluto (enmalezado todo el tiempo), el cual permite evaluar el porcentaje de control de los tratamientos herbicidas. También es recomendable incluir un testigo relativo, que incluya la práctica normal de control de malezas que desarrolla el productor en su plantación. Este último permite comparar si los tratamientos herbicidas son superiores en su comportamiento a las prácticas normales del productor y permite realizar comparaciones en el análisis económico, que es el que al final permitirá decidir si se recomienda o no un tratamiento herbicida.

3.1. Variables a evaluar en experimentos de control químico de malezas

Las variables a evaluar en experimentos de control de malezas son similares a las expuestas en el capítulo II de éste texto, y son recomendadas para cualquier evaluación de control de malezas.

Entre los datos relacionados a malezas se pueden referir: frecuencia, abundancia de malezas (No de individuos / unidad de área), dominancia de malezas (cobertura y biomasa) y diversidad de especies.

En el cultivo se evalúan variables de crecimiento del mismo, como: altura de plantas, diámetro del tallo, número de hojas y/o ramas, peso de plantas del cultivo, y variables de rendimiento como: número de plantas por parcela útil, granos por vaina y/o granos por mazorca o panoja, vainas por planta y/o mazorcas por planta, peso de mil granos, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y/o panoja y rendimiento de grano.

4. Evaluación de la acción herbicida en contra las malezas

La evaluación de la acción de un producto herbicida sobre el complejo de malezas existentes se basa en la comparación entre parcelas tratadas con parcelas sin tratamiento (parcela control). El objetivo es lograr de forma precisa el grado de reducción en la biomasa acumulada de especies individuales de malezas comparada con la biomasa acumulada en la parcela control.

La reducción en la biomasa de las malezas corresponde a la acción del producto herbicida y se estima por medio del uso de una escala de clasificación en porcentaje que va desde 0 (ningún efecto) hasta 100 por ciento (muerte total) (Tabla 6.6). También puede establecerse el conteo de plantas en áreas de muestreo, sin embargo éste método es menos preciso que la estimación de la reducción de la biomasa.

Se recomienda el siguiente procedimiento para valorar la situación de un campo que ha sido tratado con herbicidas. Inicialmente se camina a lo largo de la parcela control (testigo absoluto), se observa que especies de malezas son frecuentes y se encuentran distribuidas de manera uniforme. Posteriormente se decide cuales especies de malezas de las presentes se corresponden con los objetivos del experimento.

Se estima la reducción de la biomasa de parte de malezas individuales en las parcelas tratadas, y se consideran como un porcentaje del enmalezamiento presente en las parcelas testigo. No se recomienda evaluar infestaciones menores o malezas que no están distribuidas uniformemente.

4.1. Evaluación del control de malezas por medio de la reducción de la biomasa de las malezas

En la Tabla 6.1, se presentan los datos de biomasa total de malezas, así como la biomasa total de hoja ancha (HA) y fina (HF), registradas en campos donde se realizaron aplicaciones de herbicidas. Al final se muestra el porcentaje de control de las malezas de los tratamientos. Para obtener este dato es necesario tener como referencia la biomasa presente en el testigo absoluto (enmalezado) y relacionarlo con la biomasa presente en los tratamientos. En éstos casos el enmalezamiento del testigo absoluto constituye el 100 por ciento del enmalezamiento. Es importante notar que es posible evaluar el porcentaje de control de hoja ancha y hoja fina.

En el ejemplo expresado en la Tabla 6.1, el tratamiento con *atrazina* obtuvo un control general del campo de 47.6 por ciento, en cambio el tratamiento con *metolachlor* obtuvo un control general de 41.7 por ciento. Cuando los

herbicidas se aplicaron en mezcla el control se aumentó hasta 65.5 por ciento.

Basados en los resultados obtenidos se puede expresar que el campo presenta un enmalezamiento compuesto por malezas de hoja ancha y fina en una proporción equilibrada, por lo tanto la aplicación de un solo herbicida no resulta en ventaja para el control de las malezas, a menos que éste sea de amplio espectro.

Por otro lado se pone en evidencia el tipo de malezas controladas por los herbicidas utilizados. El herbicida *atrazina*, según los resultados, controla básicamente malezas de hoja ancha y *metolachlor* malezas de hoja fina.

Tabla 6.1. Determinación de control de malezas por medio de la biomasa de las malezas (g m^{-2})

Formas de control	-----Biomasa-----		Total	Por ciento de control
	Hoja ancha	Hoja fina		
<i>atrazina</i>	16	28	44	47.6
<i>metolachlor</i>	37	12	49	41.7
mezcla	14	15	29	65.5
enmalezado	46	38	84	0.00

84= 100 por ciento de enmalezamiento.

4.2. Evaluación del control de malezas por medio de la estimación del porcentaje de cobertura

La caracterización del cultivo y la infestación de malezas puede realizarse por medio de la estimación del porcentaje de cobertura de parte del cultivo y de la población total de malezas. También, por medio de la determinación del estado de desarrollo del cultivo y las especies de malezas más importantes y por medio de estimación de la frecuencia de aparición de las especies de malezas más importantes. En este caso la población total de malezas constituye el 100 por ciento. La porción estimada de especies individuales de malezas se ilustra en la Tabla 6.2.

En la Tabla 6.2, se muestran resultados de la situación en parcelas tratadas con herbicidas, en la cual el porcentaje de suelo cubierto por parte de las malezas es de 50 por ciento y 40 por ciento en el caso del cultivo. La especie más

representativa es *M. divaricatum* con 50 por ciento del total ocupado por las malezas.

Los cultivos y la población de malezas pueden también ser evaluados por medio de la densidad de plantas por unidad de área, o por cualquier otro método que ayude a su descripción de forma clara.

Tabla 6.2. Porcentaje de suelo cubierto por parte del cultivo y de las principales malezas presentes en el área experimental

Frecuencia	Por ciento de suelo cubierto	
Cultivo	40	—
Infestación total de malezas	50	100
<i>Melampodium divaricatum</i>	—	50
<i>Sorghum halepense</i>	—	30
<i>Cynodon dactylon</i>	—	20

4.3. Cálculo de la eficacia de un tratamiento de control de malezas

En experimentos que involucran el uso de herbicidas o cualquier otra forma de control de malezas, un método para expresar el efecto del tratamiento es el cálculo del porcentaje de eficacia. Para ello se tiene que obtener información sobre la infestación de malezas en los tratamientos con control de maleza e infestación en la parcela control (testigo enmalezado) o bien compararlo con el testigo relativo (tratamiento que comúnmente realiza el productor).

Porcentaje de eficacia = $(\text{Infestación en la parcela control}) - (\text{Infestación en la parcela tratada} / \text{Infestación en la parcela control} * 100)$.

Supongamos

Parcela control = 104 individuos m²

Parcela con aplicación = 9 individuos m²

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \frac{104 - 9}{104 * 100} = 91.34$$

4.4. Ejemplo numérico de evaluación de control de malezas cuando se utilizan herbicidas

En la Tabla 6.3 se presentan los resultados obtenidos en cuanto a control de malezas de parte de tratamientos herbicidas en cultivo de sorgo granífero (Juárez, 1997). Los datos presentados corresponden a abundancia de malezas de hoja ancha y fina. En el experimento se utilizaron cinco tratamientos de control químico de malezas, que incluían la aplicación de: 1. *pendimetalin*, 2. *pendimetalin* mas *atrazina*, 3. *atrazina*, 4. *metolachlor* y 5. testigo (enmalezado).

La evaluación realizada a la mitad del ciclo del sorgo (48 días después de la siembra) muestra que los tratamientos herbicidas ejercieron control de las malezas. El mejor control se obtuvo por medio del tratamiento con *pendimetalin* mas *atrazina* (76.9 por ciento), seguido de *metolachlor* (72.3 por ciento). El menor porcentaje de control se obtuvo con el tratamiento a base de *atrazina* (56.6 por ciento).

Respecto al enmalezamiento, se observa que las malezas de hoja fina representan en el área de estudio el 66.2 por ciento del total de malezas. El mejor control de estas especies lo ejerció la aplicación combinada de *atrazina* mas *pendimetalin* (16.4 por ciento de presencia) seguido de *metolachlor* (17.7 por ciento). El 33.8 por ciento del enmalezamiento del área correspondió a malezas de hoja ancha. El mejor control de hoja ancha se produjo con la aplicación de *pendimetalin* mas *atrazina* (6.8 por ciento de presencia), seguido de *atrazina* (8.1 por ciento).

El porcentaje total de control se redujo en todos los tratamientos al momento de la cosecha, sin embargo se mantuvo la misma tendencia observada a la mitad del ciclo del cultivo. El mejor control se obtuvo con la aplicación de *atrazina* mas *pendimetalin* (61.7 por ciento), seguido de *metolachlor* (45.5 por ciento).

Al momento de la cosecha, el enmalezamiento de hoja fina representó el 58.7 por ciento, habiéndose reducido con respecto al enmalezamiento predominante en estadios tempranos del cultivo. El tratamiento con *atrazina* presentó mayor cantidad de hoja fina que el tratamiento testigo (65.4 por ciento) evidenciando el pobre control de éste tipo de plantas por medio de dicho herbicida.

La mayor abundancia de hoja fina en el tratamiento con *atrazina* con respecto al testigo se debe al buen efecto de éste herbicida sobre la comunidad de malezas de hoja ancha (2.6 por ciento de presencia), lo cual permite que las poaceas predominen al eliminarles la competencia de hoja ancha.

La presencia de hoja ancha al momento de la cosecha significó el 41.3 por ciento del total de malezas. El tratamiento *pendimetalin* mostró poca efectivi-

dad sobre estas especies (35.6 por ciento de presencia), seguido de *metolachlor* (24.4 por ciento) y luego la combinación de *pendimetalin* mas *atrazina* (17.8 por ciento).

Tabla 6.3. Porcentaje de enmalezamiento y de control en parcelas tratadas con herbicidas

Tratamiento	Hoja fina	Hoja ancha	Total de malezas	Porcentaje de control
48 días después de la siembra				
<i>pendimetalin</i>	19.4	14.8	34.3	65.7
<i>pendimetalin</i> mas <i>atrazina</i>	16.4	6.8	23.1	76.9
<i>atrazina</i>	35.4	8.1	43.4	56.6
<i>metolachlor</i>	17.7	10.0	27.7	72.3
enmalezado	66.2	33.8	100.0	0.0
Al momento de la cosecha				
<i>pendimetalin</i>	34.0	35.6	69.6	30.4
<i>pendimetalin</i> mas <i>atrazina</i>	20.5	17.8	38.3	61.7
<i>atrazina</i>	65.4	2.6	68.0	32.0
<i>metolachlor</i>	30.0	24.4	54.5	45.5
enmalezado	58.7	41.3	100.0	0.0
El tratamiento enmalezado se considera el 100 por ciento de enmalezamiento				
(Juárez, 1997).				

4.5. Evaluación cualitativa del control de malezas

Los experimentos orientados al control de las malezas, ya sea químico o por cualquier otro método, requieren de parámetros que permitan determinar la eficiencia de la práctica. Estos métodos subjetivos se basan en la utilización de escalas arbitrarias. Las evaluaciones se orientan a porcentaje de control de malezas y daño al cultivo (Salgado, 1989).

Existen escalas que se recomiendan para la evaluación del control de malezas y fitotoxicidad al cultivo. Dichas escalas presentan variaciones en la nu-

meración. Existen escalas de: 0 a 10, 0 a 5, 1 a 5, 1 a 9. Las equivalencias de dichas escalas se presentan en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Equivalencias de escalas cualitativas para evaluar grado de control y daño al cultivo (fitotoxicidad)

Porcentaje	0 a 10	0 a 5	1 a 5
0 - 10	0 - 1	0	
10 - 20	1 - 2	1	1
20 - 30	2 - 3		
30 - 40	3 - 4	2	2
40 - 50	4 - 5		
50 - 60	5 - 6	3	3
60 - 70	6 - 7		
70 - 80	7 - 8	4	4
80 - 90	8 - 9		
90 - 100	9 - 10	5	5

La EWRC (European weed research counsel) recomienda una escala con valores de uno a nueve, en la cual los valores están invertidos con respecto a control de malezas y daño al cultivo. Con este sistema la escala de uno a cuatro es positiva y de seis a nueve es negativa (Tabla 6.5).

Tabla 6.5. Escalas recomendada por la European weed research counsel (EWRC) para evaluar grado de control de malezas y daño al cultivo

Clasificación	Efecto sobre malezas	Efecto sobre cultivo
1	muerte total	no-efecto
2	muy bueno	síntomas muy débiles
3	bueno	síntomas débiles
4	suficiente	síntomas que no se traducen en disminución del rendimiento
5	mediano	mediano
6	regular	daño medianamente fuerte
7	pobre	daño fuerte
8	muy pobre	daño muy fuerte
9	no-efecto	muerte total

5. Evaluación de la tolerancia de parte del cultivo a la aplicación de herbicidas

La evaluación de la tolerancia del cultivo a la aplicación de los herbicidas sigue los mismos principios que la evaluación de la efectividad. De forma similar la clasificación de tolerancia del cultivo debe ser basada en comparación de parcelas con tratamiento y parcelas que no recibieron el producto químico.

Para propósitos comparativos, el tratamiento testigo absoluto debe recibir control manual de malezas. Altas poblaciones de malezas pueden competir con las plantas de dicho tratamiento afectando la comparación. En experimentos diseñados con el propósito de evaluar tolerancia del cultivo se deben seleccionar sitios con bajas infestaciones de malezas. La valoración de la actividad fitotóxica del herbicida en el cultivo, se estima usando una escala con valores en porcentaje de 0 (ningún efecto) a 100 por ciento (muerte total).

El nivel de fitotoxicidad en el cultivo se estima por medio de la reducción de biomasa en los tratamientos en los cuales se aplicó el herbicida. El nivel de fitotoxicidad se expresa como porcentaje con relación a la biomasa en la parcela control. También deben registrarse otros síntomas como: clorosis, disminución en la emergencia, quemaduras, retardo en la floración y en la maduración, etc. Daño inicial de aproximadamente 15 por ciento no afecta el rendimiento final del cultivo. Daños por encima de ese porcentaje por lo general devienen en reducciones en el rendimiento.

6. Daño al cultivo (fitotoxicidad a las plantas cultivadas)

Se entiende por fitotoxicidad los daños visibles causados a las plantas del cultivo por: productos fitosanitarios, insectos, enfermedades, deficiencias nutricionales u otros factores. En investigaciones de control de malezas en los cultivos es indispensable evaluar los efectos tóxicos de los productos en cuestión y definir si el daño ha sido causado por el herbicida o no.

Los síntomas de toxicidad en el cultivo de parte de los herbicidas se hacen evidentes a los pocos días posteriores a la aplicación. Por tanto se tienen que realizar muestreos que indiquen el porcentaje de daño ocasionado por el producto herbicida. La información que se obtiene puede ser cualitativa y/o cuantitativa o ambas. La información cualitativa a pesar de ser subjetiva constituye una información complementaria importante para la información cuantitativa.

La evaluación de toxicidad debe realizarse días después de la aplicación de los herbicidas. Se recomiendan al menos siete días posteriores a la aplicación

para obtener información de herbicidas de toxicidad crónica, los cuales tardan en manifestar su daño.

Los síntomas correspondientes a aplicaciones post-emergentes se recomienda evaluarlos al segundo día después de la aplicación, ya que existen familias de herbicidas cuyos síntomas se manifiestan rápidamente.

Para medir la fitotoxicidad se puede utilizar un índice visual, utilizando una escala comprendida entre cero y cinco, con los siguientes valores: 0 = no hay fitotoxicidad, 1 = fitotoxicidad muy leve, 2 = fitotoxicidad leve, 3 = fitotoxicidad media, 4 = fitotoxicidad fuerte, 5 = fitotoxicidad fuerte o muerte total de la planta.

En la Tabla 6.6, se presenta una clasificación que permite la evaluación cualitativa del control de malezas y la fitotoxicidad al cultivo. Los valores representados indican que 100 por ciento de efecto sobre las malezas (grado uno), corresponden a efecto nulo sobre el cultivo (no hay fitotoxicidad), y se presentan de forma inversa hasta que se alcanza un 100 por ciento de infestación de las malezas y efecto total sobre el cultivo (Grado 9).

Tabla 6.6. Evaluación cualitativa para el control de malezas y daño al cultivo

Clasificación	Daño al cultivo	Cobertura malezas	Control (por ciento)	Daño a las malezas
0	No se hizo evaluación	0	100	Muerte total
1	Sin efecto (nulo)	0	100	Excelente
2	Síntomas muy débiles	2.5	97.5	Muy bueno
3	Síntomas débiles	5	95	Bueno
4	Síntomas sin efectos en rendimiento	10 15	90 85	Suficiente Mediano fuerte
5	Mediano	20	80	Mediano
6	Medianamente fuerte	25	75	Regular
7	Fuerte	35	65	Pobre
8	Muy fuerte	67.5	32.5	Muy pobre
9	Muerte total	100	0	Sin efecto (nulo)

6.1. Ejemplo de evaluación de fitotoxicidad de tratamientos herbicidas

Los datos presentados en la Tabla 6.7 corresponden a porcentaje de plantas con síntomas de fitotoxicidad en dos momentos después de la siembra del cultivo. En el experimento se utilizaron cinco tratamientos de control químico de malezas, que incluye la aplicación de: 1. *pendimetalin*, 2. *pendimetalin* mas *atrazina*, 3. *atrazina*, 4. *metolachlor* y 5. testigo (enmalezado).

Se observó que el tratamiento que presentó mayor efecto fitotóxico sobre el cultivo fue *metolachlor*. En este tratamiento las plantas de sorgo presentaron encebollamiento, fuerte marchitamiento del sistema radicular, inhibición del crecimiento de la raíz y como consecuencia el acame de las plantas. En éste tratamiento se redujo de manera severa la población inicial de plantas, lo que tiene una relación directa con los rendimientos obtenidos. Bajo labranza convencional, el efecto del herbicida fue menor que en labranza mínima (Tabla 6.7).

En los tratamientos que contenían *pendimetalin*, se pudo observar casos aislados de plantas con síntomas de fitotoxicidad. Las plantas en éste tratamiento presentaron poco desarrollo de las raíces y cierto amarillamiento, lo cual no influyó de manera significativa en los rendimientos. Este tratamiento se ubica en la segunda puntuación de la escala de fitotoxicidad según EWRC (Tabla 6.8). El tratamiento *atrazina* fue el único que no mostró síntoma de toxicidad.

7. Procesamiento de los resultados provenientes de experimentos de control químico de malezas

Datos relacionados a fitotoxicidad y abundancia y/o biomasa de malezas deben ser reportados utilizando las medias de cada tratamiento. El análisis en estos casos es descriptivo, para lo cual nos podemos auxiliar de figuras.

El análisis de datos provenientes de experimentos de control químico de malezas esta condicionado a la naturaleza de los tratamientos evaluados. Si se trata de tratamientos sin estructura (efectos fijos) se recomienda realizar el análisis de varianza. Si el resultado de dicho análisis muestra diferencias entre tratamientos se procede a realizar comparaciones entre medias de tratamientos. Este es el caso típico cuando el objetivo que se persigue es declarar "un ganador". Para ello se pueden utilizar las comparaciones múltiples (Duncan, Tuckey, etc.). Si la naturaleza de los tratamientos permite que se puedan agrupar (e.g. productos con el mismo modo de acción ó pertenecientes a una familia química en común), se pueden realizar comparaciones entre grupos de tratamientos.

Tabla 6.7. Porcentaje de plantas con síntomas de fitotoxicidad en dos momentos después de la siembra del cultivo

Producto herbicida	Labranza convencional		Labranza mínima	
	15 dds	28 dds	15 dds	28 dds
pendimetalin	0.80	0.50	0.50	0.00
pendimetalin mas				
atrazina	0.50	0.28	0.00	0.00
atrazina	0.00	0.00	0.00	0.00
metolachlor	3.17	2.85	5.30	6.30

(Juárez, 1997).

Tabla 6.8. Descripción de la fitotoxicidad de cada tratamiento según la escala de EWRC

Tratamiento	Puntuación
<i>pendimetalin</i> (LC)	3
<i>pendimetalin</i> (LMI)	2
<i>pendimetalin</i> + <i>atrazina</i> (LCO)	2
<i>pendimetalin</i> + <i>atrazina</i> (LMI)	1
<i>atrazina</i> (LCO)	1
<i>atrazina</i> (LMI)	1
<i>metolachlor</i> (LCO)	5
<i>metolachlor</i> (LMI)	5

Si los tratamientos incluyen dosis crecientes de un determinado producto herbicida se recomienda realizar una prueba de regresión o determinar la naturaleza de la relación existente entre la variable dependiente (*ie.*, rendimiento de grano), y la variable independiente, en este caso las dosis del producto herbicida.

8. Ejemplo de un experimento usando control químico de malezas

Avendaño (1995) evaluó diferentes herbicidas y combinaciones de herbicidas para el control de malezas en frijol común. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de dichos productos sobre el crecimiento de las malezas y el rendimiento del cultivo. Los tratamientos químicos incluyeron los herbicidas pre-emergentes *metolachlor* y *pendimetalin* y la combinación de ambos, y los

herbicidas post-emergentes *fluazifop-butil*, y *fomesafen* y el tratamiento que incluye la combinación de ambos. El presente es un trabajo que pretende determinar el herbicida o la combinación de herbicidas con el mejor efecto sobre las malezas.

Todos los herbicidas se aplicaron en la dosis recomendada comercialmente (1.42 l ha^{-1}). Un tratamiento fue dejado enmalezado como parcela control. Los resultados obtenidos muestran que la combinación de herbicidas post-emergentes *fluazifop-butil* + *fomesafen* resultó ser el mejor tratamiento para el control de las malezas, ya que presenta la menor abundancia y biomasa de malezas. La aplicación del herbicida *metolachlor* resultó la mejor aplicación pre-emergente, sin embargo no es suficiente para reducir la competencia de las malezas. El análisis de rendimiento de grano muestra diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Figura 6.1). El mejor rendimiento se obtuvo con el tratamiento *fluazifop-butil* + *fomesafen*. El tratamiento con *fomesafen*, presentó rendimientos que no difieren de la mezcla *fluazifop-butil* + *fomesafen*. Lo anterior indica que la presión de malezas en el área experimental esta compuesta básicamente de hojas anchas, las cuales son controladas por *fomesafen*.

La aplicación de *fluazifop-butil* en post-emergencia no resulta eficaz, debido a que la flora del área experimental esta compuesta básicamente por malezas de hoja ancha.

La decisión sobre que tratamiento químico seleccionar dentro de las opciones evaluadas, esta condicionada el análisis beneficio-costos, el cual determinara el mejor tratamiento, aquel que tenga la mejor rentabilidad.

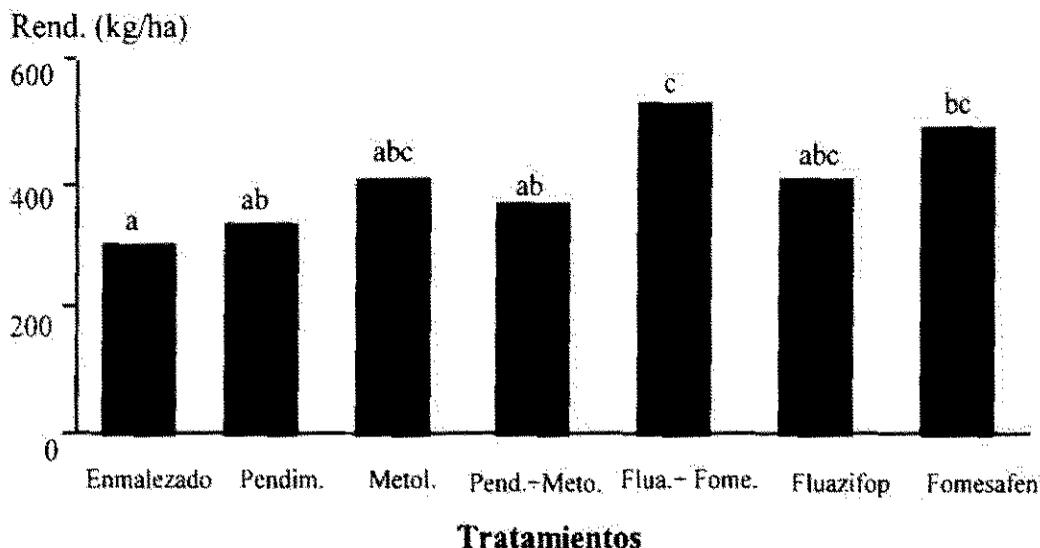


Figura 6.1. Efecto de control químico de malezas sobre el rendimiento de grano de frijol común (Avendaño, 1995).

9. Bibliografía

- Alemán, F. 1990. Control químico de malezas en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista de la ESAVE. UNA. Vol. 1 (2).
- Alemán, F. 1991. Manejo de Malezas. Texto Básico. Primera edición. ESAVE-FAGRO. UNA. Managua, Nicaragua. 164 p.
- Alemán, 1995. Manejo de malezas. Texto Básico. Segunda edición. ESVE-FAGRO. Publicado por la Facultad de Educación a Distancia y Desarrollo Rural. UNA. Managua, Nicaragua. 180 p.
- Avendaño T. J. 1995. Efecto de diferentes métodos mecánicos y químicos de control de malezas, sobre la dinámica de las malezas y el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Valoración económica. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Burril, J. L.; J. Cárdenas y E. Locatelly. 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas. International plant protection center. Oregon State University. 64 p.
- Juárez, G. 1997. Labranza y manejo químico de malezas. Efecto sobre las malezas y el rendimiento del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Salgado, F. 1989. Manual para investigación en manejo de malezas. MAG. DGTA. CICA. Managua, Nicaragua. 58 p.
- Romero, D. & F. Alemán. 1990. Determinación de dosis y momento óptimo de aplicación de los herbicidas *fomesafén* y *fluazifop-butil* en el control post-emergente de malezas en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista de la Escuela de Sanidad Vegetal. 1 (3):22-31.
- Tapia, B.H. 1988. Manejo de malas hierbas en plantaciones de frijol en Nicaragua. ENIEC/ISCA. Dirección de Investigación y Postgrado. 20 p.

CAPITULO VII

EXPERIMENTACION CON PRACTICAS DE MANEJO CULTURAL DE MALEZAS

1. Introducción

En Nicaragua, las malezas constituyen uno de los principales problemas en la producción de cultivos. Muchas de las alternativas con que cuenta el agricultor no están del todo disponibles por el alto costo que estas representan, por tanto, es necesario explorar el efecto de prácticas culturales que ayuden a elevar los rendimientos de los cultivos, a la par de reducir la infestación de las malezas en los campos cultivados. Estas alternativas de manejo deben complementarse con los métodos que el productor utiliza.

Para realizar un eficiente control de malezas, se deben considerar, además de los métodos mecánicos y químicos, los métodos culturales. Un cultivo bien establecido y vigoroso es el factor más importante en un programa integrado de control de malezas (Alemán, 1997).

Tapia (1988) expresa que el manejo de malezas no consiste en el empleo de un método determinado, sino de acciones conjuntas y secuenciales, con el objetivo de reducir el efecto nocivo de las mismas. El control de las malezas debe ser sistemático e integrado, se deben considerar métodos culturales, mecánicos y químicos. El uso de variadas formas de control de malezas deben ser combinadas dentro de una estrategia de control integrado.

El control cultural de malezas ha tomado gran auge en la agricultura tropical y en los últimos tiempos en la agricultura nicaragüense, abarca todas las prácticas que aseguran el establecimiento rápido y desarrollo vigoroso del cultivo para que pueda competir favorablemente con las malezas.

En la actualidad los agrónomos reconocen la necesidad de implementar alternativas de manejo de malezas que las reduzcan eficazmente, pero sin afectar el suelo y el medio ambiente. A la vez que representen los menores costos económicos posibles y que se adecuen a los sistemas de producción existentes.

Existe la posibilidad de reducir las infestaciones de malezas de nuestros campos cultivados con el uso de: mantillo o cobertura muerta, plantas de cobertura, cultivos asociados, rotaciones de cultivo, regímenes de labranza, manejo espacial de plantas, etc. (Alemán, 1997). Por lo anterior expuesto en este artículo se dan recomendaciones de como implementar dichos trabajos.

2. Objetivos de la experimentación con manejo cultural de malezas

En los objetivos del estudio, es posible que estemos interesados en conocer los efectos que tiene una determinada práctica cultural sobre la población de malezas y el rendimiento de los cultivos (*i.e.*, arreglos de plantas en los asociados), para lo cual utilizamos un experimento unifactorial. Por otro lado, nuestro objetivo puede ser el de determinar posibles interacciones entre factores. En éste caso, podemos establecer experimentos multifactoriales en los que se incluyan dos o mas factores (*e.g.*, manejos de suelo y prácticas de control de malezas).

Los objetivos que persiguen éste tipo de trabajo se pueden resumir de la siguiente manera, determinar:

- El efecto de prácticas culturales (*e.g.*, manejo de suelo, fertilización, uso de coberturas, cultivos asociados, rotaciones de cultivo, etc.) sobre el comportamiento de las malezas.
- El efecto de las prácticas culturales sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de interés.
- El efecto combinado de las prácticas culturales y manejos de malezas (químico, mecánico y/o cultural) sobre el comportamiento de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de interés.
- Valoración económica de los tratamientos de manejo cultural, para determinar la rentabilidad de los sistemas en estudio.

3. Metodología experimental

Para el caso de experimentos unifactoriales se puede utilizar un diseño simple de Bloques Completos al Azar (BCA). El número de tratamientos, según las metas propuestas, y se recomiendan al menos cuatro repeticiones para reducir el error experimental.

Para el caso de experimentos factoriales se pueden tener ciertas opciones: Si se requiere igual precisión para los factores en estudio, se utiliza un experimento factorial en arreglo combinatorio, para el cual se puede utilizar un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA).

Si se requiere mayor precisión en alguno de los factores en estudio, se puede utilizar un diseño de parcelas divididas, en el cual, el factor que requiere menor precisión se ubica en la parcela grande y el de mayor precisión en la parcela pequeña.

En ocasiones los investigadores, por problemas prácticos, se ven en la necesidad de utilizar un diseño de parcelas divididas, aunque no exista la consideración en la precisión, *e.g.*, para experimentos con manejo de suelo resulta más fácil la implementación de diseños de parcelas divididas, ya que es muy tedioso e impráctico el realizar manejos de suelo en áreas reducidas. También se utiliza el diseño de parcelas divididas cuando se estudian factores enmarcados en diferentes estaciones de crecimiento (*e.g.*, experimentos de secuencia de cultivos).

4. Variables a evaluar en experimentos de manejo de malezas

4.1. Datos a evaluar en las malezas

Las variables a evaluar en experimentos con manejo cultural de malezas son similares a las expuestas en el capítulo II de éste manual, y son recomendadas para cualquier evaluación de control de malezas. Entre ellas se pueden referir:

Frecuencia

En el control de malezas es de suma importancia conocer la frecuencia con que determinadas especies de plantas aparecen infestando nuestros cultivos, esto permitirá obtener información precisa acerca de la adaptación y grado de interferencia que éstas ocasionan, y de esa forma establecer estrategias de manejo en su contra.

Abundancia de malezas (No de individuos por unidad de área)

La determinación de la abundancia de las malezas no constituye el parámetro más definitorio para evaluar los efectos de competencia con los cultivos. Muchos individuos de una especie en particular pueden ser menos problemáticos que pocos individuos de otra especie, con mayor capacidad de competencia.

La evaluación se realiza por medio de muestras, y consiste en contar todos los individuos presentes en una área que generalmente es de un pie². Se recomienda realizar el conteo por tipos de malezas (monocotiledóneas y dicotiledóneas).

Dominancia de las malezas

La dominancia es un parámetro importante para determinar el grado de competitividad de especies de malezas con el cultivo. Se determina por medio del porcentaje de cobertura y el peso seco acumulado.

Cobertura de malezas (porcentaje). Para la evaluación de esta variable se recomienda utilizar la escala de cuatro grados que es propuesta por Pérez (1987) y que se encuentra enunciada en la Tabla 2.3 de éste manual.

Biomasa de malezas. Es quizás el principal indicador de la dominancia de las malezas, por lo general se encuentra muy relacionado con el efecto sobre el rendimiento de los cultivos. Existen buenas correlaciones entre producción de biomasa de malezas y la reducción del rendimiento de los cultivos.

Se recomienda extraer muestras de malezas por área (un pie²) determinar el peso fresco de la muestra y extraer una sub-muestra representativa por tipo de malezas, la cual puede ser de 100 g. Luego se llevan al horno, y se les permite el secado durante 48 horas a una temperatura de 60 °C. Posteriormente se determina el peso seco de los 100 gramos, y se toma como relación para determinar el peso seco de todas las muestras. Ver ejemplo en el capítulo II, sección 6.5.

Un inconveniente de la determinación de la biomasa es la extracción de la muestra dentro de la parcela útil. La extracción de la muestra limita el seguimiento al enmalezamiento (Jürgens, 1985). Para reducir este efecto negativo se recomienda que el área de muestreo no sea superior al pie cuadrado, lo cual reduce en parte dicho problema.

Diversidad de especies

Se refiere al número de especies de malezas presentes en el área del cultivo desde que se establece hasta la cosecha. La diversidad es un factor importante para entender la dinámica de las malezas, en base a ella se puede determinar cuales especies predominan y las que son prevaletes para un cultivo específico.

También es de importancia en la evaluación de métodos de control de malezas, ya que refleja las especies que son afectadas por determinado método de control.

La evaluación de diversidad se recomienda al momento de la cosecha, y debe considerar todas las especies presentes en cada tratamiento, independientemente del número de individuos.

Los datos de: abundancia, cobertura y biomasa de malezas deben ser evaluados en etapas críticas del desarrollo de la planta cultivada (*i.e.*, floración, madurez fisiológica, llenado de grano o vaina, etc.).

4.2. Datos a evaluar en los cultivos

En los cultivos se evalúan variables de crecimiento del cultivo, como: altura de plantas, diámetro del tallo, número de hojas y/o ramas, peso de plantas del cultivo, y variables de rendimiento como: número plantas/parcela útil, número de granos/vaina y/o granos por mazorca o panoja, número vainas/planta y/o mazorcas por planta, peso de mil granos, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y/o panoja y rendimiento de grano.

A continuación se da una guía sencilla para la toma de datos en los cultivos:

Altura de plantas. Este dato debe ser obtenido durante etapas críticas del desarrollo de los cultivos. Generalmente se escogen diez plantas dentro de la parcela útil, y se les determina la altura. Para el caso de leguminosas se mide desde la base del tallo hasta la última hoja trifoliada extendida. En el caso de poaceas la medición se realiza desde la base del tallo hasta la última aurícula extendida.

Diámetro del tallo, número de hojas y/o ramas y peso de plantas del cultivo. Para estos datos se extraen diez plantas durante la madurez fisiológica del cultivo, procurando que no sea dentro de la parcela útil. Pueden extraerse del área de cabecera destinada para el borde, o inicialmente incluir dos surcos adicionales en la unidad experimental para poder obtener dicha información.

A estas plantas se les determina el diámetro del tallo, se cuenta el número de hojas y/o ramas, posteriormente la muestra se lleva al horno, durante 48 horas a 60 °C, para la obtención de la biomasa. Puede también seguirse el procedimiento sugerido para la obtención de la biomasa de malezas, que consiste en determinar el peso fresco de la muestra, y extraer una sub-muestra representativa de la población, a la cual se le toma el peso seco bajo el procedimiento descrito anteriormente para biomasa de malezas. El peso seco se obtiene siguiendo la relación de peso seco obtenido en la sub-muestra y el peso fresco determinado en cada una de las muestras.

Número de plantas cosechadas. Se toma el número de plantas que se encuentran en la parcela útil, la cual esta constituida por los surcos centrales de la unidad experimental, procurando dejar cierto espacio en la cabecera para obviar el efecto de borde.

Números de mazorcas cosechadas: Se contabilizan todas las mazorcas cosechadas en la parcela útil. Igual para el caso de panojas, panículas, etc.

Diámetro y longitud de mazorca. Para estos datos se seleccionan diez mazorcas al azar dentro de la parcela útil, y se determina el diámetro y la longitud a cada una de ellas. Posteriormente se obtiene el valor promedio. Igual para el caso de panículas, panojas, etc.

Número de hileras por mazorca y número de granos por hilera. Se toman diez mazorcas al azar dentro de la parcela útil, y se cuenta el número de hileras y granos por hilera. De los datos obtenidos se obtiene el promedio. En el caso de panículas y/o panojas se contabiliza el número de espiguillas en cada una de ellas.

Rendimiento de grano. Se obtiene la producción de grano de la parcela útil, se determina la humedad, y los valores obtenidos se ajustan al porcentaje de humedad con que usualmente se almacena dicho grano. Para el caso del frijol común es 14 por ciento de humedad.

Peso de cien granos. Se obtienen tres muestras de cien granos de la producción obtenida, se determina el peso y se ajusta al por ciento de humedad con el que se almacena dicho grano. Posteriormente se obtienen el promedio de las tres muestras.

Para el caso de leguminosas se pueden obtener los siguientes datos:

Número de vainas por plantas. Se colectan diez plantas al azar dentro de la parcela útil, y se cuenta el número de vainas en cada una. Luego se obtiene el promedio.

Número de granos por vaina. Se obtienen diez vainas al azar dentro de la parcela útil, y se cuenta el número de granos en cada una. Posteriormente se obtiene el promedio.

5. Análisis de datos de experimentos de manejo de malezas

Después de recolectada la información, ésta se somete a un análisis estadístico. El investigador puede determinar diferencias entre tratamientos a través de procedimientos estadísticos básicos. El conocimiento de distintas técnicas le permite al investigador diseñar los experimentos de tal forma que los objetivos planteados se cumplan con la utilización mínima de recursos.

El análisis para las variables relacionadas a malezas se recomienda realizarlos de forma descriptiva. Es importante auxiliarse de gráficos y figuras que permitan diferenciar claramente las tendencias que siguen los tratamientos. La información en tablas o cuadros tiende a desvirtuarse y no permite observar claramente la naturaleza de la tendencia.

La evaluación para las variables altura de plantas del cultivo, variables de rendimiento y biomasa, se realizan a través de análisis de varianza y pruebas de separación de medias.

En casos de experimentos factoriales, es importante determinar si existe interacción entre factores. Si la interacción es significativa es producto de que el comportamiento de algún factor es dependiente del otro, por tanto no se pueden estudiar por separado, *e.g.*, si estudiamos usos de cobertura (mulch) y sistemas de labranza, tenemos que estudiar como se comporta cada una de las coberturas con cada uno de los sistemas de labranza y viceversa. Los datos se presentan en tablas de doble entrada, para facilitar la interpretación y observar la naturaleza de la interacción.

Si la interacción es no significativa se pueden estudiar los efectos principales de cada factor por separado y someterlos a pruebas de rangos múltiples (para tratamientos sin estructura), con el propósito de observar el nivel de cada uno de los factores con mejor comportamiento. Los efectos principales de cada factor se presentan en tablas de una entrada o con el auxilio de figuras.

6. Ejemplo de experimentos con manejo cultural de malezas

López y Valdivia (1997) evaluaron el comportamiento de las malezas y el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres sistemas de labranza y tres métodos de control de malezas. Para cumplir con dichos objetivos establecieron un experimento factorial propiamente dicho, arreglado en diseño de bloques completos al azar. Los factores en estudio fueron: sistemas de labranza: labranza cero (LCE), labranza mínima (LMI) y labranza convencional (LCO), y el factor control de malezas con los siguientes niveles: uso de cobertura de muerta (residuos de plantas de maíz) (COB), control mecánico durante el período crítico (dos labores de control a la tercera y sexta hoja) (PCRI) y limpia periódica (tres labores de control de malezas con intervalos de 15 días durante el ciclo del cultivo) (LPER).

Los resultados del análisis de varianza indican que la interacción entre factores fue no significativa ($p=0.1913$), por tanto se evaluaron los efectos principales de cada factor. Las diferencias entre sistemas de labranza ($p=0.0208$) y entre métodos de control de malezas ($p=0.0127$) fueron estadísticamente significativas al nivel del 0.05 por ciento. En la figura 7.1 se muestran los rendimientos de grano de maíz influenciado por los factores evaluados.

En el estudio se encontró que labranza mínima y control durante el período crítico fueron los tratamientos con más alto rendimiento. La comparación de medias a través de DMS muestra que en el caso de sistemas de labranza, labranza convencional difiere de labranza cero y mínima y en el caso de los controles de malezas, el uso de cobertura difiere de los controles mecánicos. El controlar mecánicamente las malezas durante el período crítico permite un rendimiento que no difiere de limpieas periódicas. La decisión sobre el tratamiento a recomendar debe basarse en lo que indique el análisis de beneficio-costos.

Tabla 7.1. Tabla de ANDEVA del análisis del rendimiento de maíz influenciado por sistemas de labranza y métodos de control de malezas en cultivo de maíz (López y Valdivia, 1997)

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr > F
Labranza (LAB)	2	2446523	1223261	4.57	0.0208
Control (CM)	2	2818580	1409290	5.27	0.0127
LAB*CM	4	1779427	444857	1.66	0.1913
R-Cuadrado	Coeficiente de variación		Raíz Cuadrada CME	Promedio Rendimiento	
0.59	13.76		517.20	3757.93	

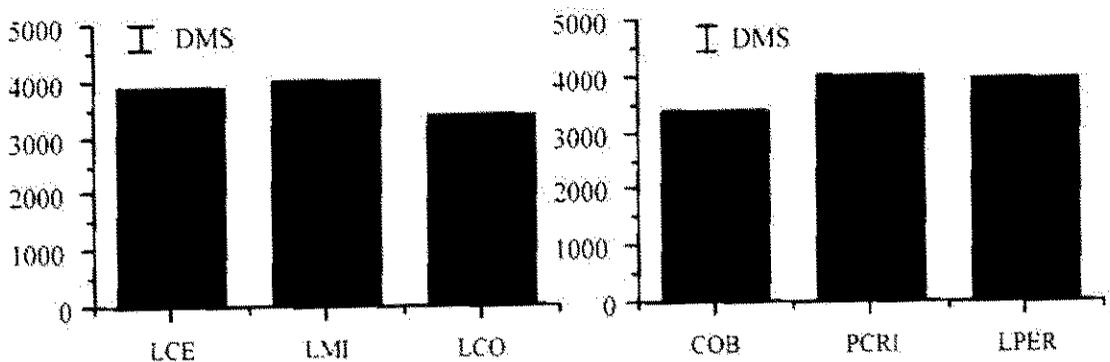


Figura 7.1. Rendimiento de grano de maíz bajo tres sistemas de labranza y métodos de control de malezas (efectos principales) (López y Valdivia, 1997). DMS=Diferencia mínima significativa.

7. Bibliografía

- Alemán, F. 1991. Manejo de Malezas. Texto Básico. Primera edición. ESAVE-FAGRO. UNA. Managua, Nicaragua. 164 p.
- Alemán, 1995. Manejo de malezas. Texto Básico. Segunda edición. ESVE-FAGRO. Publicado por la Facultad de Educación a Distancia y Desarrollo Rural. UNA. Managua, Nicaragua. 180 p.
- Burril, J. L; J. Cardenas y E. Locatelly. 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas. International plant protection center. Oregon State University. 64 p.
- López, C. J. & M. Valdivia. 1997. Producción de maíz (*Zea mays* L.) bajo tres sistemas de labranza y métodos de control de maleza. Efecto sobre plagas, enfermedades y la vegetación Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Gallo, A. 1996. Efecto de labranzas cero y mínima y métodos de control de malezas sobre la dinámica de las malezas y el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) postrera, 1994. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Pérez, M. E. 1987. Métodos para el registro de malezas en áreas cultivadas. Programa de protección de cultivos de la RIAT-FAO. Taller de entrenamiento de manejo mejorado de malezas. Managua, Nicaragua. 12 p.
- Salgado, F. 1989. Manual para investigación en manejo de malezas. MAG. DGTA. CICA. Managua, Nicaragua. 58 p.
- Salmerón, O. 1986. Comportamiento de la cenosis, crecimiento y rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo cobertura muerta al suelo (mulch) y fertilización. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Tapia, B.H. 1988. Manejo de malas hierbas en plantaciones de frijol en Nicaragua. ENIEC/ISCA. Dirección de Investigación y Post-grado. 20 p.

CAPITULO VIII

EXPERIMENTACION CON CULTIVOS ASOCIADOS

1. Introducción

Cultivos asociados es un sistema de siembra que involucra el establecimiento de dos o mas cultivos en la misma área de terreno. Los cultivos no necesariamente tienen que ser sembrados al mismo tiempo y la cosecha puede no coincidir, sin embargo, los cultivos ocupan el mismo terreno durante una parte significativa de su ciclo de crecimiento (Willey, 1979).

La siembra de cultivos asociados se practica a gran escala por agricultores de subsistencia en zonas tropicales y sub-tropicales. Se utiliza en Africa, India y otras partes de Asia y en Centro y Sur América. Mead y Riley (1981) en una revisión sobre cultivos asociados expresan que el 98 por ciento del frijol de costa en Africa, 90 por ciento del frijol común en Colombia, 73 por ciento del frijol común en Guatemala, 80 por ciento del frijol común en Brasil y 60 por ciento del maíz en Latino América se producen en sistemas asociados. La forma más común de asocio de cultivos es el establecimiento de un cultivo de grano (poaceae) y una leguminosa. El maíz, el mijo y el sorgo se utilizan principalmente como el componente poaceae de los asociados, mientras que el frijol de costa, el garbanzo, el frijol común y la arveja constituyen la leguminosa (Petersen, 1994).

Aunque los asociados de cultivos se han practicado desde hace muchos años, la investigación con este sistema de siembra es relativamente reciente. Esto se debe, probablemente a la complejidad de manejar más de una cultivo de forma simultanea, la dificultad de introducir maquinaria en el sistema y la problemática que constituye la evaluación de los resultados de dicha investigación (Petersen, 1994).

Son muchas las razones que se aducen para preferir los cultivos asociados sobre los monocultivos. La principal razón es que los asociados proveen un rendi-

miento superior por unidad de área comparado con los monocultivos (Altieri, 1987). También se ha expresado que los asociados proveen mejor control de malezas, enfermedades y plagas que los que se obtiene a través de los monocultivos. Otra ventaja de los asociados comparado con el monocultivo es la estabilidad de rendimiento en varios ciclos o estaciones de crecimiento. Finalmente, los cultivos asociados le permiten al productor optimizar los insumos necesarios para la producción de los cultivos (i.e., mano de obra, fertilizantes, etc.).

En Nicaragua, el asocio de cultivos se ha practicado a pequeña escala en la parte norte del país. Tapia y Camacho (1988) expresan que en Nicaragua, el 80 por ciento de las variedades criollas de frijol se siembran en asocio con maíz. Los pequeños productores esparcen algunas plantas del maíz en campos de frijol común sin la utilización de un patrón definido. Sin embargo, la investigación principal se ha centrado en tecnologías que aseguren la producción eficiente de los monocultivos. Se necesitan estudios detallados de sistemas asociados para proporcionar información sobre las posibles ventajas de estos sistemas y desarrollar así técnicas alternativas que aumenten la producción.

1.1. Terminología

Un variado número de términos, que incluyen sistemas de cultivo, cultivos múltiples, cultivos mixtos, cultivos en relevo, cultivos intercalados y/o asociados de cultivos, y cultivos en fajas, se han utilizado para describir sistemas de siembra en los cuales dos o más cultivos se establecen en el mismo sitio, y sus ciclos biológicos coinciden —al menos parcialmente— en tiempo y espacio (Willey, 1979).

El término *sistemas de cultivo* se utiliza para indicar los patrones de cultivo utilizados en la finca y sus interacciones con los recursos de la finca, con otras actividades de la finca y con la tecnología disponible. *Cultivos múltiples* se utiliza para denotar la intensificación de los sistemas de cultivo en el tiempo y en el espacio. Implica la siembra de dos o más cultivos en el mismo sitio en el período de un año, ya sea intercalados o en secuencia. *Cultivos mixtos* se refiere a un sistema en el cual los cultivos están mezcladas, sin que exista un arreglo predefinido. *Cultivos en relevo*, se utiliza para describir un sistema en el cual inicialmente se establece un cultivo A y posteriormente —cuando el cultivo A ya se encuentra avanzado en su ciclo vegetativo— se establece un cultivo B. Bajo este sistema se permite un cierto traslape de los ciclos biológicos de los dos cultivos (A y B).

Cultivos intercalados o *cultivos asociados*, se refieren a un sistema en el cual los cultivos se siembran en surcos separados o en otros arreglos espa-

ciales (*cultivos en fajas*). En este tipo de caso, los cultivos se encuentran lo suficientemente cerca para interactuar agrónomicamente. En el caso de los cultivos asociados, la siembra se realiza al mismo tiempo, sin embargo, la cosecha —por lo general— se realiza en diferentes momentos y los rendimientos se mantienen separados. En el presente escrito se utilizará el término cultivos asociados.

En investigaciones que involucran cultivos asociados, son de uso común algunos términos que conviene aclarar. *Monocultivo*, es la siembra repetida de la misma especie de planta en ciclos sucesivos. *Cultivo puro* se refiere a los cultivos involucrados en el asocio, pero sembrados como monocultivos a densidades y distancias óptimas. El cultivo puro se utiliza para realizar comparaciones con los asocios. *Componentes del asocio* se refiere a los cultivos individuales involucrados en el asocio. *Arreglo espacial*, implica la organización física o espacial de los componentes del asocio en un sistema de cultivos múltiples.

2. Objetivos de la experimentación con cultivos asociados

Es importante diferenciar entre experimentos que evalúan competencia entre plantas y experimentos con cultivos asociados. En este último caso, los objetivos son esencialmente agrónomicos. El propósito es encontrar la combinación de los componentes del asocio que aseguren las mayores ventajas agronómicas y económicas. En cambio, en experimentos de competencia, los objetivos son meramente biológicos, se establecen para entender él o los mecanismos de competencia al examinar cual especie muestra más competitividad cuando se siembran en asociación.

Los objetivos de experimentos con cultivos asociados pueden ser, entre otros:

- * Identificar la combinación de los componentes del asocio que muestren el mayor potencial de rendimiento por unidad de área.
- * Determinar las ventajas (si es que las hay) agronómicas y económicas de los cultivos asociados sobre los cultivos puros.
- Identificar genotipos de cultivos que respondan de mejor forma cuando se les asocia con otro cultivo.
- Determinar arreglos óptimos de siembra y densidades de plantas para los componentes del asocio.
- Investigar la estabilidad de rendimiento de los asocios de plantas en el sentido de consistencia en el rendimiento, cuando se usan diferentes sitios, niveles de nutrientes, prácticas de manejo, etc.

- Determinar el efecto de la siembra asociada en la reducción del crecimiento y establecimiento de las malezas.
- Obtener información sobre los organismos vivos que interactúan en siembras asociadas (organismos benéficos y organismos plagas).

3. Estimación de las ventajas de los cultivos asociados

La determinación de las ventajas agronómicas de los asociados de cultivo sobre los cultivos puros resulta —en la mayoría de los casos— una tarea difícil de completar. Existe dificultad para definir el rendimiento combinado de los componentes del asocio en términos de producción por unidad de área. Una alternativa para sustituir el rendimiento por unidad de área es utilizar otras unidades, tales como valores monetarios y/o valores nutricionales, los cuales pueden ser aplicados de igual forma para ambos componentes del asocio (Willey, 1985). Sin embargo, esta alternativa, a pesar de ser totalmente válida para analizar las ventajas de los asociados, resulta poco satisfactoria desde el punto de vista del productor, a quien hay que recomendarle el uso de los asociados.

3.1. Uso equivalente de la tierra

El coeficiente conocido como uso equivalente de la tierra (UET) se usa para comparar el rendimiento de cultivos puros y cultivos asociados. El UET es una medida del área relativa de terreno que necesita el cultivo puro para producir el mismo rendimiento que se obtiene por medio del asocio (Willey & Osiru, 1972). El concepto de UET es análogo al de rendimiento relativo total, el cual ha sido usado en estudios de competencia de malezas (de Wit, 1960) y que se discutió en el Capítulo III.

Para la determinación del uso equivalente de la tierra (UET) se hace uso de la siguiente fórmula (Vandermeer, 1989).

$$UET = RR_A + RR_B$$

$$UET = \frac{\text{Rendimiento de A en asocio}}{\text{Rendimiento de A en cultivo puro}} + \frac{\text{Rendimiento de B en asocio}}{\text{Rendimiento de B en cultivo puro}}$$

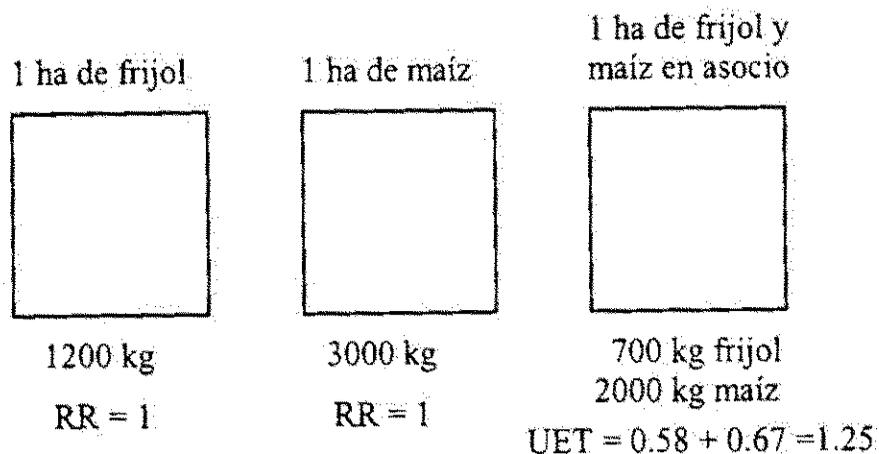
Supongamos que un productor puede producir 3 000 kg de maíz de una hectárea de cultivo puro, 1 200 kg de frijol de otra hectárea de frijol como cultivo puro, y encuentra que puede producir 2 000 kg de maíz y 700 kg de frijol de una hectárea de frijol y maíz sembrado en asocio. La masa del rendimiento

total del cultivo asociado ($2\ 700\text{ kg ha}^{-1}$) es menor que el rendimiento de maíz ($3\ 000\text{ kg}$) el cual fue cosechado en un área equivalente, sin embargo, si lo vemos en términos de eficiencia en el uso de la tierra, existe una ventaja real para éste productor para continuar sembrando en asocio (Figura 8.1).

Considerando el ejemplo expresado anteriormente, es fácil observar que el uso equivalente de la tierra es simplemente la suma de los rendimientos relativos. Si el valor obtenido de UET es superior a uno significa que el asocio es eficiente, si es menor que uno la producción del cultivo puro es mas eficiente. El valor crítico lo constituye uno, más allá del cual el asocio es ventajoso y por debajo de él lo es el cultivo puro.

En el ejemplo de la Figura 8.1, el valor de UET fue de 1.25, lo cual significa que en esas condiciones es ventajosa la siembra asociada de frijol y maíz. El $UET = 1.25$, se puede interpretar de dos maneras. El cultivo puro requiere 25 por ciento mas de área para producir igual que el asocio, o que existe 25 por ciento mayor rendimiento relativo en el asocio comparado con el cultivo puro. En ambos casos se indica un 25 por ciento de eficiencia biológica mayor cuando se utiliza el asocio.

Figura 8.1. Representación gráfica del significado de rendimientos relativos (RR) y uso equivalente de la tierra (UET).



La proporción del rendimiento total del asocio para cada uno de los componentes es:

$$P_{\text{frijol}} = 0.58 / 1.25 = 0.46$$

$$P_{\text{maíz}} = 0.67 / 1.25 = 0.54$$

Mead y Willey (1980) mencionan que existen problemas al estandarizar los

rendimientos que se utilizan para obtener el UET. En ocasiones se pueden obtener valores altos de UET debido a bajos rendimientos de los cultivos puros. Para obviar este problema se recomienda que los rendimientos de los cultivos puros, que se utilizan como denominador para el calculo del UET, se obtengan a partir de repeticiones de cultivos puros y no de una sola parcela.

3.2. Índice de competitividad

• El índice de competitividad (IC) es una medida recomendada por Willey y Rao (1980), que evalúa la ventaja competitiva de una especie (IC_A) sobre otra (IC_B) en experimentos con cultivos asociados. El IC indica el grado de competencia entre las especies y utiliza la siguiente ecuación:

$$IC_A = (UET_A / UET_B) \cdot Z_{ba} / Z_{ab}$$

donde Z_{ab} es la proporción de plantas utilizada por el componente A en el asocio, y Z_{ba} es la proporción de plantas utilizada por el componente B en el asocio.

El IC es el ratio de los UETs individuales de los componentes del asocio, pero corregido a las proporciones en las cuales los cultivos fueron sembrados inicialmente, *i.e.*, en una situación con cultivos establecidos a una proporción 50:50, cuyos UETs son 0.8 y 0.4, el IC es 2. Lo anterior muestra que el primer cultivo produce dos veces mayor rendimiento relativo. El primer componente fue dos veces mas competitivo que el segundo componente, en otras palabras, el IC indica el grado exacto de competencia al indicar el número de veces que un cultivo es mas competitivo que el otro.

El IC puede ser utilizado para comparar la habilidad competitiva de diferentes cultivos, evaluar los cambios en competitividad dentro de diferentes arreglos de plantas, identificar que caracteres de las plantas están asociados con la habilidad competitiva y determinar que proporciones entre los componentes asegura las máximas ventajas en cuanto a rendimiento.

Otros índices para medir competitividad entre plantas que crecen en comunidad son el coeficiente relativo de saturación (CRS) (de Wit, 1960), el cual ha sido utilizado en experimentación ecológica. El CRS describe si cada especie en el asocio produce más o menos rendimiento que el esperado en una serie de reemplazo. Otro es el índice de agresividad (IA) propuesto por McGilchrist (1965), el cual mide el incremento relativo de uno de los componentes comparado con el incremento que provee el otro componente. Si el índice es igual a cero, ambos componentes poseen la misma competitividad

3.3. Índice monetario

Una característica de los sistemas de cultivos en Nicaragua, es que los rendimientos de los cultivos y más aun los precios por unidad de los productos que se obtienen de la finca varían con el tiempo. Por otro lado, una ventaja agronómica de los socios no siempre garantiza una ventaja económica, por tanto siempre es conveniente realizar análisis que involucren unidades económicas, utilizando para ello precios de insumos y precios de productos obtenidos durante se desarrolla él o los experimentos.

El índice monetario (IM) se calcula según propuesta de Adetiloye y Adekunle (1989). Se utiliza para medir las ventajas económicas de los socios sobre el cultivo puro que muestra el mayor retorno económico. El IM se define como la suma de los beneficios netos de cada uno de los componentes del socio dividido por el retorno económico del componente que presenta el mejor retorno económico. Matemáticamente, el IM se expresa como:

$$IM = (BN_A + BN_B) / BN_Z$$

donde BN_A y BN_B constituyen el retorno económico de los componentes del socio (A y B) cuando se siembran en combinación, y BN_Z es el retorno económico del cultivo puro que muestra el mayor retorno económico. La utilidad del IM, es la habilidad para valorar el retorno económico de diferentes combinaciones del socio comparado con el cultivo puro que produce el mejor retorno económico.

4. Metodología experimental

Cuando se experimenta con cultivos asociados existen tres elementos que pueden ser manipulados para definir los tratamientos: la densidad de siembra, la distancia de siembra y los arreglos espaciales de plantas.

Existen metodologías específicas para lograr variar cada uno de los componentes mencionados. En ocasiones es posible variar mas de un factor a la vez, lo anterior es ventajoso cuando se pretende encontrar interacciones entre factores (i.e., densidades y distancias de siembra, etc.). Sin embargo es mas recomendable variar solo un factor, de esa forma se facilita la interpretación y el análisis de la información.

Para lograr variar un factor a la vez se recomiendan las siguientes metodologías. Cuando se requiere obtener densidades de plantas superiores a las establecidas en los cultivos puros, se utiliza la metodología aditiva. Con esto se logra que las densidades utilizadas en los socios sean mayores que las

utilizadas en los cultivos puros. Por otro lado, si se requiere que las densidades de los socios no excedan a las utilizadas en los cultivos puros, se pueden utilizar experimentos sustitutivos o series de reemplazo.

4.1. Experimentos aditivos

Cuando se trabaja con metodologías aditivas, la densidad total de plantas varía con respecto a los cultivos puros. Por lo general se utiliza una densidad relativa total mayor en los socios comparados con los cultivos puros. El cálculo de la densidad relativa total se realiza sumando las densidades relativas de los componentes del socio.

Densidad relativa (DR) se refiere a la densidad de siembra utilizada por un determinado componente dividida por la densidad a la cual se siembra el cultivo puro.

DR del componente A es igual a: $DR_a =$
Densidad de A en el socio / Densidad A como cultivo puro

DR del componente B es igual a: $DR_b =$
Densidad de B en el socio / Densidad B como cultivo puro

$$DR_{total} = DR_a + DR_b$$

En experimentos aditivos se varía la densidad de plantas y los arreglos espaciales. El área que utiliza una planta en el cultivo puro varía al compararla con el área que utiliza la misma planta en los socios. Desde el punto de vista práctico significa mantener la densidad de uno de los componentes y adicionar plantas del otro componente al sistema. Lo anterior deviene en densidades relativas totales mayores a las utilizadas por los cultivos puros.

4.2. Experimentos sustitutivos

Una de las metodologías más utilizada para el estudio de los socios son los experimentos sustitutivos o series de reemplazo. En los experimentos sustitutivos se estudian proporciones de dos especies (A y B), mientras la densidad general (A + B) se mantiene constante. La ventaja del método sustitutivo es la facilidad para examinar posibles interacciones entre especies. La agresividad de las especies que crecen en comunidad puede ser derivada del resultado de experimentos sustitutivos.

El beneficio mutuo puede ocurrir entre malezas y cultivos, pero adquiere mayor importancia en siembras asociadas. La metodología de series de reem-

plazos ha sido usada con éxito por Willey (1979) y numerosos científicos para valorar el éxito de los cultivos asociados.

Las series de reemplazo en cultivos asociados se forman al reemplazar una cierta proporción de una especie por otra, de esta forma la densidad total de plantas se mantiene constante. Lo que se persigue es crear un rango de socios que tienen diferentes proporciones de las dos especies. En estos estudios, una planta de una especie no necesariamente tiene que ser considerada equivalente a una planta de la otra especie. La equivalencia se calcula de acuerdo al radio de su población óptima en monocultivo. Experiencias de campo indican que la densidad óptima para maíz, variedad NB-6 es de seis plantas m^2 , en cambio para frijol es de 30 plantas m^2 . Al crear la combinación de maíz y frijol, una planta de maíz equivale a cinco plantas de frijol.

En estos estudios cada componente de la mezcla de cultivos es afectado en menor medida por la competencia inter-específica que por la competencia intra-específica. Lo anterior permite un sobre rendimiento de los cultivos que son sembrados en combinación. El cálculo más frecuente para juzgar la efectividad de un socio es el Uso Equivalente de la Tierra (UET).

4.3. Análisis estadístico de experimentos con socios de cultivos

No existe un método estándar para el análisis de información agronómica proveniente de socios y cultivos puros. Se puede analizar estadísticamente — por separado — la información proveniente de los componentes del socio y la información de los componentes del socio y del cultivo puro correspondiente. Sin embargo, el investigador necesita evaluar cuantitativamente el sistema en su totalidad. Para lograr esto último, el investigador puede disponer de información proveniente de los componentes del socio y de los cultivos puros en su conjunto (rendimientos relativos, valores nutritivos, beneficio económico, etc.).

Cuando se trabaja con más de un cultivo a la vez, existe dificultad para analizar la información proveniente de los cultivos en su conjunto. Una alternativa para el análisis es la estandarización de los rendimientos de cada uno de los componentes del socio, de tal forma que los valores obtenidos pueden ser combinados y de esa forma analizados estadísticamente. Uno de los índices más aceptados para interpretar los rendimientos de los socios es el uso equivalente de la tierra (UET) que fue discutido anteriormente. El UET es el índice que se utiliza con más frecuencia en estudios de cultivos asociados, y puede ser sometido a análisis estadístico estándar, siempre y cuando un análisis previo indique que los datos cumplen con las premisas básicas del análisis de

varianza, como son: uniformidad de varianza, y distribución normal de las observaciones.

El análisis de información, de los componentes individuales, puede realizarse por medio de análisis de varianza. Si hay diferencias entre tratamientos, pueden descomponerse los grados de libertad de tratamientos y realizar contrastes ortogonales (i.e., cultivos puros Vs. asociados, etc.). También puede realizarse el análisis considerando observaciones que provienen de los componentes del asocio y de los cultivos puros (i.e., rendimientos relativos, ingreso neto, valor nutricional, etc.). Una vez más, si hay diferencias significativas entre tratamientos, se pueden descomponer los grados de libertad de tratamientos para definir comparaciones de interés.

Pearse y Gulliver (1978) recomiendan análisis bivariado por medio del cual se pueden juntar los rendimientos de los componentes del asocio dentro de un análisis multivariado.

Cuando se tiene información de cultivos asociados proveniente de varios ciclos y/o varias localidades, se puede realizar un análisis de estabilidad de rendimiento del sistema de cultivo (análisis de riesgo). Cuando se incluyen diferentes genotipos en los experimentos, se puede realizar análisis de estabilidad de los genotipos en los diferentes ambientes y determinar interacciones entre los genotipos y el ambiente y/o las localidades.

5. Ejemplo de asocio de cultivos usando experimentos sustitutivos

En el ejemplo siguiente (Aleman, 2000) se utilizó la metodología sustitutiva para evaluar la eficiencia de asociar maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En los experimentos se utilizó la misma densidad relativa tanto en los asociados como en los cultivos puros.

Cuando se trabaja con metodologías sustitutivas, la densidad relativa total es igual en los asociados como en los cultivos puros. El cálculo de la densidad relativa total se realiza sumando las densidades relativas de los componentes del asocio. Densidad relativa (DR) se refiere a la densidad de siembra utilizada por un determinado componente dividida por la densidad a la cual se siembra el cultivo puro.

$$\begin{aligned} \text{DR del componente maíz es igual a: } DR_{\text{Maíz}} &= DR_{\text{M Asocio}} / DR_{\text{M cultivo puro}} \\ \text{DR del componente frijol es igual a: } DR_{\text{Frijol}} &= DR_{\text{B Asocio}} / DR_{\text{B cultivo puro}} \\ \text{Densidad relativa total es igual a: } DR_{\text{Total}} &= DR_{\text{Maíz}} + DR_{\text{Frijol}} \end{aligned}$$

Las distancias entre surco para cada uno de los componentes fueron 0.8 m para maíz y 0.4 m para frijol en asociados y en cultivo puro. Las densidades establecidas fueron de 60 000 plantas ha⁻¹ para maíz y 250 000 plantas ha⁻¹ para frijol. Las proporciones para maíz y frijol en ese orden fueron: 100 - 0, 67 - 33, 50 - 50, 40 - 60, 20 - 80 y 0 - 100. Los arreglos de plantas de frijol y maíz para lograr dichas proporciones fueron: cultivo puro de maíz, un surco de frijol y uno de maíz, dos surcos de frijol y uno de maíz, tres surcos de frijol y uno de maíz, cuatro surcos de frijol y uno de maíz y cultivo puro de frijol.

En este caso, tanto en los cultivos puros como en los asociados, una planta de maíz es equivalente a 4.16 plantas de frijol. El área utilizada por una planta de maíz se calcula al dividir el área de una hectárea por el número de plantas a la cual se siembra el cultivo puro ($10\ 000\ \text{m}^2 / 60\ 000 = 0.166\ \text{m}^2$ para maíz y $10\ 000\ \text{m}^2 / 250\ 000 = 0.04\ \text{m}^2$ para frijol).

La distancia entre plantas dentro de los surcos se calcula por medio de una regla de tres simple. Para maíz sería $0.8\ \text{m} * X\ \text{m} = 0.166\ \text{m}^2$; $X = 0.166 / 0.8 = 0.20\ \text{m}$ y para frijol $0.4\ \text{m} * X\ \text{m} = 0.04\ \text{m}^2$; $X = 0.04 / 0.4 = 0.1\ \text{m}$. Las distancias de siembra en los diferentes componentes dentro del asocio se mantienen igual a la de los cultivos puros.

Para facilitar el cálculo de las densidades conviene determinar el área que utiliza cada uno de los componentes del asocio. Inicialmente se calcula el área que ocupa cada uno de los componentes y el área total de la unidad experimen-

Tabla 8.1. Numero de surcos, área por unidad experimental de cada componente, y área total de la unidad experimental. Experimentos de asociados de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo.

Tratamientos	Numero de surcos		Área por unidad experimental		Área Total
	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	
Maíz	6	0	192	0	192
2M1B	4	2	12.8	3.2	16.0
1M1B	4	4	12.8	6.4	19.2
1M2B	3	6	9.6	9.6	19.2
1M3B	2	6	6.4	9.6	16.0
1M4B	2	8	6.4	12.8	19.2
Frijol	0	12	0	19.2	19.2

tal. Los arreglos de siembra utilizados en el experimento, el área utilizada por cada componente del asocio y el área de la unidad experimental se expresan en la Tabla 8.1. Para el caso de maíz, el número de surcos * 0.8 m (espaciamiento entre hileras) * 4 m (largo de los surcos), para el frijol, el número de surcos * 0.4 m (espaciamiento entre hileras) * 4 m (largo de los surcos). El área de la unidad experimental es la sumatoria de las áreas utilizadas por los dos componentes del asocio.

El cálculo de las densidades relativas (DR) se realiza al dividir el área que utiliza cada componente del asocio por el área utilizada por una planta (área / 0.166, para el caso de maíz y área / 0.04 para el caso de frijol). La densidad relativa total resulta de dividir la densidad obtenida en cada combinación de asocio por la densidad utilizada en el cultivo puro (Tabla 8.2).

Tabla 8.2. Densidad por unidad experimental (UE) y densidad relativa de los componentes del asocio y densidad relativa total. Experimentos de socios de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo

Tratamientos	Densidad por UE		Densidad relativa		
	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	Total
Maíz	115	0	1.00	0.00	1.00
2M1B	77	80	0.80	0.20	1.00
1M1B	77	160	0.67	0.33	1.00
1M2B	58	240	0.50	0.50	1.00
1M3B	38	240	0.40	0.60	1.00
1M4B	38	320	0.33	0.67	1.00
Frijol	0	480	0.00	1.00	1.00

5.1. Ventajas agronómicas del asocio

En la Tabla 8.3 se presentan los rendimientos absolutos y relativos de los cultivos puros y de los componentes del asocio. También se presentan los valores de uso equivalente de la tierra (UET) para cultivos puros y componentes de los socios.

Los resultados muestran las siguientes tendencias. Si bien los rendimientos de los cultivos de maíz y frijol en cultivo puro, fueron superiores a los obtenidos bajo asocio (Tabla 8.3), la eficiencia en el uso de la tierra fue superior en éstos últimos.

Como se aprecia en la Tabla 8.3, el sistema con arreglo 1:4 (M33:F67) fue 18 por ciento más eficiente en el uso de la tierra que los cultivos puros de maíz y frijol. Siguiendo en orden de eficiencia los arreglos 1:2 y 1:3 con una productividad de la tierra de 15 y 14 por ciento mayor que la obtenida cuando se siembran sus componentes puros.

Lo anterior muestra que hubo simbiosis en al menos tres de los socios. La competencia no afectó los rendimientos. Esto indica que el agricultor puede sembrar maíz en un lote de frijol sin afectar el rendimiento de dicha especie y lograr recolectar un 18, 14 y 15 por ciento del rendimiento normal de maíz para los arreglos 1:4, 1:2, y 1:3 respectivamente. El UET de 1.18 significa que para los cultivos puros sería necesario 18 por ciento más de área para obtener los mismos rendimientos que el asocio, o que existe una eficiencia biológica de 18 por ciento superior en el asocio comparado con el cultivo puro.

Tabla 8.3. Rendimientos absolutos y relativos de los cultivos puros y de los componentes del socios y UETs para cada uno de los tratamientos. Experimentos de socios de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo

Tratamientos	Rendimiento absoluto		Rendimiento relativo		UET
	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	
Maíz	(100)	2840	0	1.00	0.001.00
2M1B	(80 20)	2225	219	0.78	0.251.03
1M1B	(67 33)	2008	296	0.71	0.341.05
1M2B	(50 50)	1731	468	0.61	0.541.15
1M3B	(40 60)	1326	590	0.47	0.681.14
1M4B	(33 67)	1323	620	0.47	0.711.18
Frijol	(100)	0	873	0.00	1.001.00
LSD (P=0.05)			0.14	0.12	NS

5.2. Competitividad de los componentes del asocio

Se calcula la habilidad competitiva del cultivo de maíz. En estos casos, en vista que el IC es recíproco, basta el calculo de uno de los componentes para obtener la información necesaria sobre competitividad de las especies involucradas en el asocio. Según los resultados, el maíz demostró ser más com-

petitivo que el frijol cuando se siembran en asocio, especialmente a bajas densidades relativas de maíz. La proporción de maíz-frijol 80/20 muestra el menor índice de competitividad para el cultivo de maíz (Tabla 8.4).

Tabla 8.4. Índice de competitividad del cultivo de maíz cuando se siembra asociado con frijol. Experimentos de socios de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo

Tratamientos	UET _{Maíz}	UET _{Frijol}	(UET_M/UET_B)	$(UET_M/UET_B)/(Z_B/Z_M)$
2M1B (80 20)	0.79	0.25	3.16	0.79
1M1B (67 33)	0.71	0.34	2.09	1.03
1M2B (50 50)	0.61	0.54	1.13	1.13
1M3B (40 60)	0.47	0.68	0.69	1.04
1M4B (33 67)	0.47	0.71	0.66	1.34

Z_B = proporción de área asignada para el frijol

Z_M = proporción de área asignada para el maíz

5.3. Ventajas económicas del asocio

Las ventajas económicas se pueden evaluar al analizar los beneficios netos de los socios y de los cultivos puros. Según los resultados, las ventajas agronómicas fueron similares a las ventajas económicas (Tablas 8.2 y 8.5). Los socios M33:F67, M40:F60 y M50:F50 dieron 14, 11 y 10 por ciento de ventaja económica, respectivamente, con respecto al frijol común que fue el cultivo puro con el mejor retorno económico.

De los resultados se desprende, que es ventajosa —desde el punto de vista económico y agronómico— la siembra asociada de maíz y frijol, especialmente cuando se utilizan mayores proporciones de plantas para el caso de frijol común (M40:F60).

Tabla 8.5. Rendimiento (kg ha⁻¹) y beneficio neto (USD) de socios y de cultivos puros e índices monetarios (IM) de los componentes del asocio y total. Experimentos de socios de maíz y frijol, utilizando series de reemplazo

Tratamientos	Rendimiento		Beneficio neto (USD)		Indice Monetario (IM)		
	Maíz kg ha ⁻¹	Frijol kg ha ⁻¹	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	Total
Maíz (100)	2840		767	0	0.92	0.00	0.92
2M1B (80 20)	2225	219	601	208	0.72	0.25	0.98
1M1B (67 33)	2008	296	542	281	0.65	0.34	0.99
1M2B (50 50)	1731	468	467	445	0.56	0.34	1.10
1M3B (40 60)	1326	590	358	561	0.43	0.68	1.11
1M4B (33 67)	1323	620	357	589	0.43	0.71	1.14
Frijol (100)		873	0	829	0.00	1.00	1.00

6. Bibliografía

- Adetiliye, P. O. and A. A. Adekunle. 1989. Concept of monetary equivalent ratio and its usefulness in the evaluation of intercropping advantages. *Tropical Agriculture* 66 (4). 337-341.
- Alemán, Z. F. Studies on bean—maize production systems in Nicaragua. PhD Thesis. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. 239. 38 p.
- Altieri, M. A. 1995. *Agroecology. The Science of Sustainable Agriculture*. Second edition Westview Press IT Publications. 433 p.
- McGilchrist, C. A. 1965. Analysis of competition experiments. *Biometrics* 27:259-271.
- Mead, R., and J. Riley. 1981. A review of statistical ideas relevant to intercropping research (with discussion). *J. Roy. Stat. Soc. A*. 144:462-509.
- Mead, R., and R. W. Willey. 1980. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yield from intercropping. *Exp. Agr.* 16:217-228.
- Pearse, S. C. and B. Gulliver. 1978. The statistical analysis of data from intercropping experiments. *J. Agric. Sci. Camb.* 91:625-632.
- Petersen, R. G. 1994. Intercropping Research. 353-384. *In*: R. G. Petersen. *Agricultural Field Experiments*. Mercel Dekker, Inc. New York.
- Tapia, H. 1987. Weed management in common bean cropping systems in Nicaragua. ENIEC/ISCA. Dirección de Investigación y Postgrado.
- Tapia, H., and A. Camacho. 1988. *Integrated Common Bean Production Management based on No Tillage Agriculture*. G.T.Z. Managua, Nicaragua.
- Vandermeer, J. 1989. *The Ecology of intercropping*. Cambridge University Press. Great Britain. 237 p.
- Willey, R.W. 1979. Intercropping – Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Part 2. Agronomy and research approaches. *Field Crop Abst.* 32: 1-10, 73-85.
- Willey, R. W., and D. S. O. Osiru. 1972. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with particular references to plant population. *J. Agric. Sci. Camb.* 79:517-529.
- Willey, R. W., and M. R. Rao. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Exp. Agr.* 16: 117-125.
- Willey, R. W. 1985. Evaluation and presentation of intercropping advantages. *Exp. Agr.* 21: 119-133.
- De With, C. T. 1960. Vers. *Landbouw. Onderzoek.* 66 (8): 1-82.

CAPITULO IX

RECOLECTA, MONTAJE Y PRESERVACION DE ESPECIMENES DE MALEZAS (HERBARIO)

1. Introducción

En ocasiones los agrónomos y/o estudiantes de agronomía necesitan realizar recolecta, montaje y preservación de especímenes de malezas. Lo anterior constituye una práctica importante para el reconocimiento a nivel de gabinete de las especies que compiten con los cultivos. Una colección de plantas es un apoyo de importancia para el conocimiento de los tipos de enmalezamiento y de ciertas características básicas como la forma de vida de las malezas.

El primer paso para el conocimiento de una planta, sus propiedades, distribución y significancia es acertar en su identidad. La determinación de su nombre correcto es el paso previo para acceder a más información. Puesto que existen cientos de miles de especies de plantas en el mundo la identificación de las mismas, en la mayoría de los casos, no es una tarea fácil. Lo anterior es particularmente cierto si no se dispone de especímenes adecuados y preparados para estos propósitos.

El procedimiento utilizado para la recolecta de malezas constituye una práctica sencilla. El montaje requiere cierto conocimiento para obtener una muestra que sea de provecho para los objetivos planteados. La preservación es, sin lugar a dudas, el procedimiento donde se debe tener más cuidado para asegurar que la muestra será conservada por largo tiempo.

Que es un espécimen herborizado. Es una planta entera o partes de la planta que después de disecada, y presentando una forma plana es fijada a una hoja de papel cartulina con dimensiones de 17 * 11 pulgadas (43 * 28 cm.). La planta es montada de tal manera que muestre las partes esenciales de hojas, flores y frutos. Cada espécimen es acompañado por etiquetas relacionadas a numeración, e información sobre identificación, lugar de recolección y carac-

terísticas predominantes de la muestra, que no son obvias una vez que la planta esta montada.

2. Objetivo general

El objetivo básico de la recolecta montaje y preservación de especímenes de malezas es la confección de un herbario que sirva de apoyo a técnicos y profesionales dedicados a la investigación en el campo de las malezas.

El herbario constituye una colección de plantas de gran apoyo al estudio de la botánica. En ciencia de malezas el herbario es de gran importancia para poder reconocer las especies que compiten con nuestros cultivos.

Para lograr éste objetivo se necesita coleccionar ejemplares de malezas a nivel de campo, las cuales son colectadas, disecadas, identificadas y montadas en cartulina, para luego ser llevadas a un sitio seguro, que permita su conservación.

3. Objetivos específicos

- Aprender a dominar la forma más adecuada de recolección y manipulación de especímenes de malezas en el campo.
- Conocer como realizar un montaje de especímenes de malezas, con fines de secado.
- Poder conservar los especímenes de malezas una vez disecados.

4. Materiales necesarios para el montaje de malezas

Los siguientes materiales se consideran esenciales para la colección de especímenes de malezas. La cantidad de ellos que puedan ser llevados al campo depende de la forma de transporte de que dispone el investigador.

Cámara fotográfica. Es importante contar con cámaras fotográficas para fotografiar cualquier detalle importante de la muestra que se quiera conservar y que sea difícil de montar.

Cuaderno de notas. Debe ser pre-impreso, listo para anotar la información que se necesita recoger en el campo, *i.e.*, numeración, localización, condiciones climáticas y fisiográficas, descripción de la planta, etc.

Navaja o tijeras de jardinería. La naturaleza del implemento a utilizar para cortar la planta es determinada por la naturaleza de la planta. Navajas de bolsillo pueden ser utilizadas para plantas pequeñas. Tijeras de jardinería y/o serruchos son recomendados para arbustos o plantas leñosas.

Bolsas plásticas y de papel de diferentes tamaños. Las bolsas se utilizan para coleccionar frutos u otras estructuras de la planta que no pueda ser montada en la prensa.

Prensa de madera. La prensa de madera se utiliza para mantener presionadas las muestras. Esta debe tener un tamaño de 45 * 30 cm. Debe ser construida de laminas de plywood o madera comprimida y estar sujeta en los bordes por la parte exterior con un marco del mismo material. Adicionalmente se debe contar con fajas de lona o cualquier otro material para sujetar las muestras.

Laminas de cartón. En el prensado de las muestras se utilizan laminas de cartón de un tamaño de 45 * 28 cm. Las mismas deben ser cortadas con la parte alargada (45 cm) perpendicular al corrugado de los cartones.

Etiquetas. En el campo se necesitan etiquetas con el nombre del colector y numeración que indique la cantidad de muestras coleccionadas.

Hojas de papel periódico. Se necesitan láminas de periódicos (Nuevo Diario, La Prensa, etc.), los cuales se doblan a la mitad para obtener el tamaño requerido de 45 *28 cm.

Marcador indeleble y lápiz de grafito. Las muestras coleccionadas deben ser identificadas en el papel periódico, para ello deben utilizarse lápices cuya impresión no se borre por efecto de la humedad.

Cartulinas. Se necesitan láminas de cartulina, con las dimensiones referidas anteriormente (45 *28 cm), para el montaje definitivo de los especímenes.

Para el montaje se necesitan etiquetas de identificación, las cuales son de mayor tamaño que las requeridas en el campo. Estas constituyen un trozo de papel de buena calidad, con dimensiones de 8 * 10 cm. Los detalles a ubicar en ésta etiqueta se extraen principalmente del cuaderno de notas.

Cinta adhesiva transparente y goma (pega). Por lo general las muestras se pegan con goma, sin embargo puede utilizarse cintas adhesivas (tape) transparente, por si alguna vez se necesita observar la parte de atrás del espécimen.

5. Procedimiento para la herborización de plantas

5.1. Datos necesarios en la toma de muestra

Existen datos que deben registrarse al momento de recolección de la maleza (Ocampo, 1985), entre ellas se mencionan:

En el área de recolección, debe obtenerse información sobre las características climáticas y fisiográficas de la zona, historial del lote, nombres comunes y características morfológicas mas importantes de las malezas coleccionadas.

Nombres comunes. Deben registrarse los nombres comunes que presenta la maleza en el lugar de recolección, y que es de dominio de los productores de la zona.

Breve descripción del ejemplar. Se deben registrar datos morfológicos de la planta, principalmente aquellos que pueden desaparecer con el secado, entre ellos se mencionan: tamaño de la planta, color de las estructuras florales y frutos, presencia de látex, tipo de raíz, etc.

Condiciones ambientales y de suelo. Esta información puede obtenerse directamente por medio de observaciones o revisar publicaciones que refieran aspectos como: precipitaciones, temperaturas, humedad relativa, etc., del área objeto de estudio.

Descripción del lugar de recolección. Esta información incluye: nombre de la finca y del productor, posición geográfica, altura sobre el nivel del mar, etc. Igual que en el caso anterior se pueden consultar publicaciones que refieran los aspectos descritos.

5.2. Recolecta de los especímenes

Un espécimen botánico consiste en una o más plantas enteras, con raíces, tallo, hojas, flores y si es posible frutos. Si la planta es pequeña se recomienda recolectar varias muestras de la misma planta, con el propósito de discriminar las muestras que presenten algún daño durante todo el proceso desde la colecta hasta el almacenamiento. En plantas de mayor tamaño (arbustos y árboles) se selecciona material representativo, el cual siempre debe llevar estructuras reproductivas (flores y/o frutos).

El procedimiento recomendado para la colección de plantas es el siguiente:

Recorrer los campos cultivados en diagonal y determinar los tipos de enmalezamiento y las malezas que serán sujetas a recolección.

Realizar la recolección de malezas. Si la muestra es pequeña (hierba) recolectar toda la planta, procurando que tenga estructuras reproductivas y florales. Si la muestra presenta un tamaño superior al tamaño de la prensa puede montarse doblando los tallos en V o W. Si la muestra es de un arbusto, se recolectan secciones de la planta procurando que la muestra presente las estructuras florales, que son las características más importantes para su identificación.

Los materiales colectados se depositan en laminas de papel periódico. El papel se dobla a la mitad y en el medio se deposita la muestra, la cual debe quedar totalmente extendida. Existen estructuras que por su volumen resulta

imposible el montaje, éstos materiales se recolectan en bolsas plásticas y se trasladan al herbario.

El material dentro del papel periódico, es colocado en la prensa de madera. Cada muestra dentro de la prensa, debe estar separada por laminas de cartón, el cual en éste caso funciona como aislante. La prensa se sujeta fuertemente para evitar que exista deslizamiento de las muestras.

La Figura 9.1 muestra el procedimiento recomendado para la colocación de las muestras en el campo. Inicialmente se colocan las correas o fajas que sujetarán las prensas, encima de las correas de forma transversal se coloca una de las prensas e inmediatamente después una lamina de cartón corrugado. El paso siguiente es la colocación del papel periódico que contiene la muestra. A continua-

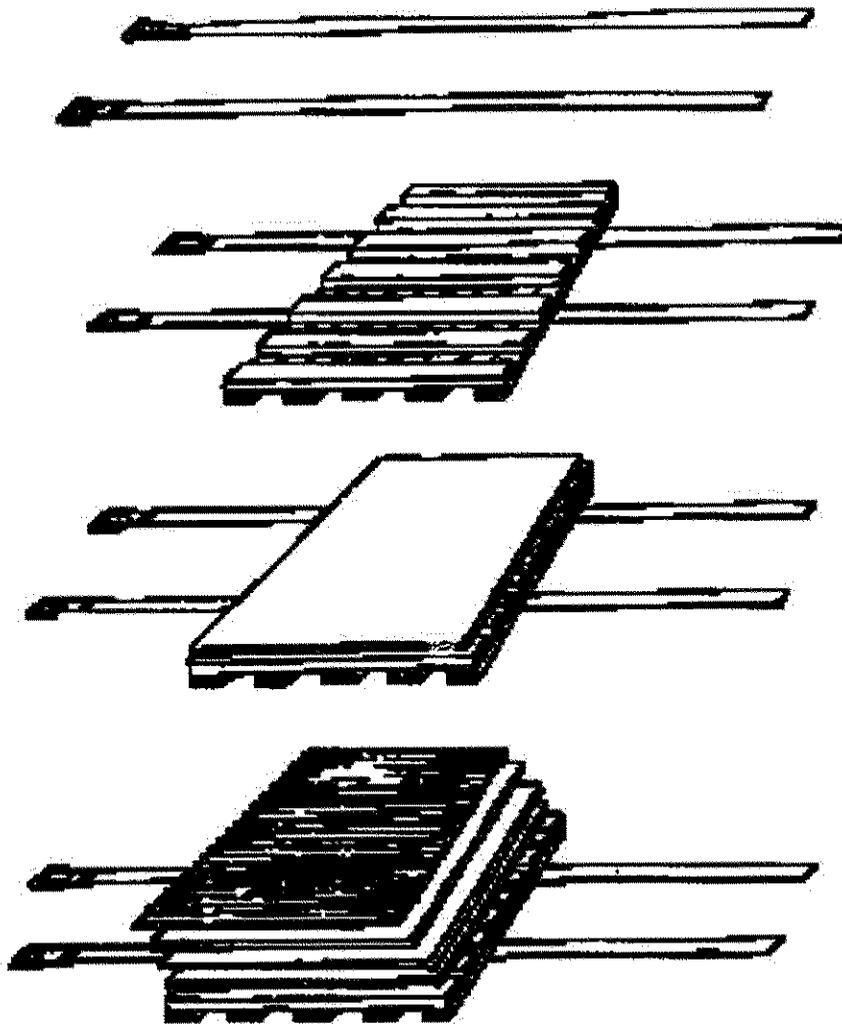


Figura 9.1. Materiales necesarios para el prensado de los especímenes en el campo. De arriba hacia abajo: fajas o correas, prensas de madera, cartón corrugado y papel periódico.

ción se coloca una nueva lamina de cartón y una nueva muestra, y así sucesivamente hasta colocar numerosas muestras, las cuales están aisladas a través de laminas de cartón corrugado. Finalmente las muestras se sujetan fuertemente con las correas o fajas (Figura 9.2), encontrándose listas para el secado.

5.3. Secado de los especímenes

Los especímenes tienen que ser secados para su preservación, éste proceso incluye remover el agua de los tejidos de la planta a la vez que los especímenes conserven sus características morfológicas. En éste caso el papel periódico funciona como papel absorbente por el simple proceso de difusión.

Para el secado de los especímenes, las muestras se sujetan fuertemente con las correas, como se muestra en la Figura 9.2. El paso siguiente es colocar las muestras al sol en lugar ventilado y seco para su deshidratación.

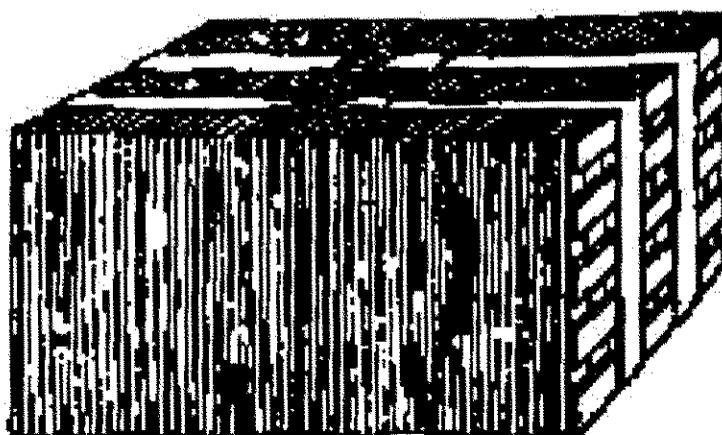


Figura 9.2. Forma de colocar las muestras en las prensas de madera, listas para el secado.

Si se pretende coleccionar plantas de forma continua es conveniente contar con una secadora. La secadora se construye utilizando una plataforma de madera en cuya base se colocan bujías de 100 wats dejando en la parte superior un espacio enrejado para la colocación de las muestras. Las muestras se ubican de forma perpendicular al sitio donde se encuentra las bujías (Figura 9.3).

Lo más común es exponer al sol en lugar ventilado la prensa con las muestras de malezas y revisar constantemente para determinar si las mismas han perdido la humedad necesaria para el montaje. Los casas con techo de zinc son recomendadas para el secado.

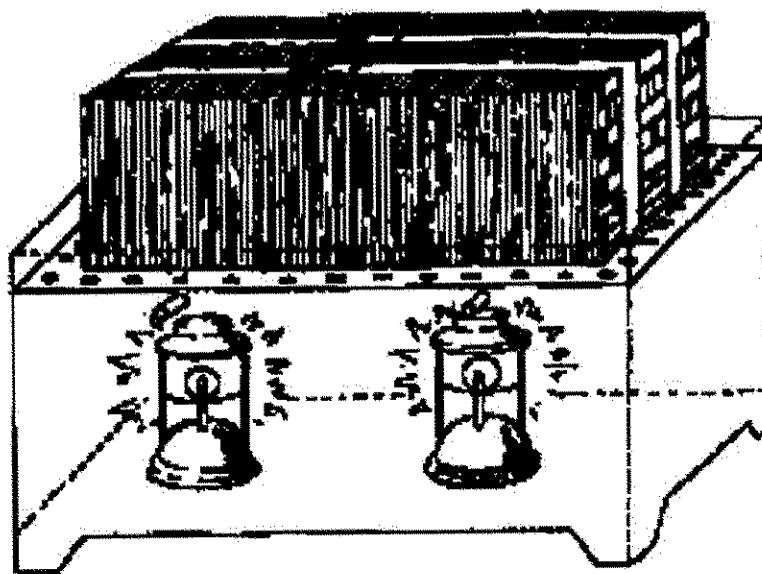


Figura 9.3. Plataforma de madera recomendada para el secado de los especímenes de malezas.

5.4. *Identificación de los especímenes*

El principal propósito por el cual se hace la colección de plantas es obtener un nombre preciso para ellas. El investigador que trabaja en identificación de plantas debe establecer contacto con herbarios, en los cuales se puede obtener ayuda para la identificación de los especímenes.

Para la identificación de la maleza se pueden utilizar claves, manuales de malezas, preguntar a entendidos en la materia o utilizar los servicios de herbarios como el de la Universidad Nacional Agraria o el herbario Nacional en la Universidad Centro Americana.

Hay que ser cuidadosos en la identificación de los materiales, hay que contactar personas competentes que tengan voluntad de ayudar en la identificación. No considerar identificada una planta hasta que se confirme realmente su nombre. En el trayecto para la identificación de los materiales podemos encontrar personas con buena voluntad para ayudar, pero sin las bases necesarias para ayudar en esa difícil tarea.

5.5. *Montaje de los especímenes*

El montaje de los especímenes es el proceso mediante el cual el espécimen junto a la etiqueta es sujetado a una lamina de papel grueso (cartulina) o cartón fino para guardarse permanentemente en el herbario. Especímenes mal montados representan riesgo de perder las muestras y por consiguiente perder el conocimiento científico. En situaciones en las cuales los especímenes tienen

que ser manipulados constantemente, es absolutamente necesario que sean montados de forma satisfactoria.

Métodos de montaje

Un primer método de montaje es por medio de la utilización de cintas adhesivas transparentes (tape). La muestra se coloca sobre cartulina blanca y se sujetan las partes mas fuertes de la muestra (tallos, raíces, etc.) con la cinta adhesiva. La muestra debe contener un número de identificación, una etiqueta que contenga el nombre de la persona que la identificó y posterior al montaje se le adiciona la etiqueta con la información de campo de mayor relevancia (nombre científico, nombres comunes, localidad, descripción botánica, etc.).

Una segunda forma de montar los especímenes es por medio de utilización de goma (pegamento). Al final el resultado es el mismo que con el método anterior, sin embargo el procedimiento es un poco diferente. La cartulina de color blanco se impregna de pegamento en el área donde la muestra será colocada. El espécimen se coloca sobre la capa delgada de pegamento, posterior a la colocación, la muestra no debe ser movida. Luego se coloca pegamento en la parte inferior derecha de la cartulina, lugar donde se coloca la etiqueta.

5.6. Almacenamiento de los especímenes

Posterior al montaje de las muestras, éstas pueden ser colocadas en bolsas plásticas para su almacenamiento. Los especímenes una vez montados y protegidos se pueden guardar en lugares secos. Lo mas conveniente es la utilización de anaqueles metálicos.

El área de almacenamiento permanente de las muestras se debe desinfectar sistemáticamente. Es conveniente aplicar algún tipo de insecticida para eliminar insectos que puedan afectar las muestras.

6. Bibliografía

Ocampo, S. R. 1985. Metodología para identificación de las plantas indeseables presentes en Costa Rica. EN: Resúmenes del semanario Manejo integrado de malezas. Plits 3 (2). 105 - 114.

Womersley, J. S. Plant collecting and herbarium development. A manual. Food and agriculture organization of the United Nations. FAO, Plant production and protection papers. No 33. Roma. 137 p.

CAPITULO X

CALIBRACION DE EQUIPOS DE APLICACION Y CALCULO DE DOSIS

1. Introducción

En investigación en ciencia de las malezas, en ocasiones se requiere la utilización de productos químicos herbicidas, por tanto, para evitar errores y minimizar la variación experimental es necesario la correcta calibración de equipos y la dosificación exacta del producto a aplicar.

Más del 80 por ciento de las fallas en la efectividad de los herbicidas, se deben a una aplicación deficiente del producto, por ello es recomendable realizar la calibración de las aspersoras con el propósito de reducir los riesgos.

La eficacia biológica de cualquier producto herbicida depende del momento apropiado de aplicación y la distribución en el área de la parcela. La parcela o unidad experimental debe ser uniformemente cubierta con la cantidad de producto requerido.

2. Calibración de equipos utilizados para la aplicación de herbicidas

Existen diferentes tipos de equipos para la aplicación de los herbicidas. Los hay desde especializados para ser utilizados en investigación, hasta bombas destinadas para el uso comercial. Existen bombas manuales, de espalda (de mochila) y bombas que funcionan tiradas por un tractor.

Las bombas de espalda es un equipo que se utiliza principalmente en áreas que no son mecanizadas. La mayoría de este tipo de bombas reciben presión de forma manual por medio de una palanca que se mantiene en constante movimiento durante la aplicación. Otras en cambio, reciben presión antes de la aplicación y la mantienen —con ligeras variaciones— hasta el final de la aplicación.

Las aspersoras tiradas por un tractor son generalmente utilizadas en parcelas de gran tamaño (áreas de validación). Las bombas son accionadas por el tractor a través de su toma de fuerza.

2.1. Objetivos de la calibración del equipo de aplicación

Es el ajuste correcto del equipo de aspersión para regular la descarga del herbicida a un nivel constante, uniforme y a la dosis deseada.

2.2. Consideraciones generales en la aplicación de herbicidas en experimentos de campo

- Medir la concentración deseada o la cantidad de la formulación por tanque que se requiere asperjar.
- Llenar la aspersora únicamente con la cantidad de líquido necesario para la aplicación en una unidad experimental. No se adiciona líquido para todas las repeticiones.
- Determinar la descarga por boquilla, cuando estas se usan por primera vez, y posteriormente, dicha operación se realiza de forma regular.
- Iniciar la aplicación de la unidad experimental una vez que todas las boquillas están establecidas en su descarga.
- Mantener velocidad y presión constante durante la aplicación.
- La barra porta boquillas debe mantenerse de forma horizontal, y a altura constante durante toda la aplicación.
- Evitar caminar sobre áreas que han sido aplicadas para evitar contaminación.
- No dejar de aplicar en la parcela, hasta que las boquillas dejen de descargar o gotear.
- Limpiar cuidadosamente el equipo de aplicación posterior a la aplicación de un tratamiento, para evitar sobre-dosis en la aplicación del próximo tratamiento.

2.3. Métodos para la calibración de bombas de espalda

Es relativamente sencilla, siempre y cuando se tomen en cuenta las siguientes reglas:

Para usar aspersoras de mochila es necesario calibrar tanto a la aspersora como al operario, es imprescindible mantener una presión constante durante la aspersión, ya que esto determina la uniformidad de aplicación. Esto se puede obtener por medio de un regulador de presión entre el tanque y la manguera de

salida, ya sea bombeando inicialmente a una presión por encima de la presión de aspersión o manteniendo la presión por medio de bombeo constante.

Hay varias maneras de calibrar las aspersoras de mochila, puede realizarse en base a área o en base a volumen. A continuación se dan los dos procedimientos.

Procedimiento en base a área

Se mide un área igual a la parcela a asperjar en el ensayo. Se llena la aspersora con un volumen determinado de agua, se bombea hasta obtener la presión deseada (20 a 40 lb/plg²) y se mantiene una presión constante. Se efectúa una aplicación en blanco (agua), a un paso normal sobre el terreno donde se va a efectuar la aplicación. Se mide el agua que se requiere para llenar la aspersora hasta el nivel inicial y se obtiene la cantidad utilizada. Se repite esta operación tres veces para lograr mayor exactitud y se obtiene el promedio de las aplicaciones. El resultado será la cantidad de agua a utilizar en la parcela.

El área de la parcela a aplicar es de 20 m². Los volúmenes de descarga de las tres aplicaciones en blanco fueron 0.9, 0.85 y 0.95 litros en los 20 m², por tanto la cantidad a utilizar en la aplicación será el promedio de las tres repeticiones, en otras palabras 0.9 litros para los 20 m². El volumen anterior es a razón de 450 litros por hectárea.

e.g., Área de la unidad experimental a aplicar = 20 m².

Promedio de descarga de agua en 20 m² = 0.9 l

$$\text{Descarga ha}^{-1} = \frac{10\,000 \text{ m}^2 * 0.9 \text{ l}}{20 \text{ m}^2} = 450 \text{ l ha}^{-1}$$

Procedimiento en base a volumen

Se adiciona una cantidad de agua conocida en la aspersora, la cual se aplica en un área próxima al lugar donde se desarrollara el experimento. La operación se repite al menos en tres ocasiones para obtener el promedio, y con ello datos de mayor credibilidad.

Supongamos que el volumen conocido es de 0.4 litros de agua, el cual se aplica en tres ocasiones en el campo, obteniendo áreas de 15, 14.2 y 13.7 m². El promedio de área aplicada con los 0.4 l, fue de 14.3 m². Por tanto se necesitan 0.57 l de agua para la unidad experimental de 20 m². El volumen total por

ha es de 280 l.

e.g., Volumen de agua conocido = 0.4 l
 Area aplicada con 0.4 l = 14.3 m².
 Area de la unidad experimental a aplicar = 20 m²
 Cantidad de agua?

$$\text{Cantidad de agua} = \frac{20 \text{ m}^2 * 0.4 \text{ l}}{14.3 \text{ m}^2} = 0.56 \text{ litros} / 20 \text{ m}^2$$

2.4. Calibración de aspersoras operadas por tractor

Los pasos iniciales para la correcta calibración de las aspersoras operadas por tractor, incluye:

Revisar el funcionamiento del equipo. Para revisar el funcionamiento se recomienda el siguiente procedimiento:

- Llenar el tanque de la aspersora con agua hasta su nivel máximo.
- Llevar la presión del equipo al valor requerido (20 a 40 libras / pulgada cuadrada en caso de aspersoras de espalda).
- Revisar el correcto funcionamiento de las boquillas y partes secundarias de la aspersora (mangueras, filtros, etc.).
- Revisar la descarga de las boquillas. Para ello se recomienda la utilización de un recipiente en el cual se descarga el flujo de cada una de las boquillas por espacio de un minuto. Boquillas que difieran en un cinco por ciento en la descarga con el resto de las boquillas deben ser reemplazadas.

Procedimiento para la calibración por medio de la determinación del volumen de agua

Determinar de antemano la velocidad, ya sea por medio de la medición del tiempo requerido para cubrir con la aspersora una distancia de 50 m, o por medio de la determinación de la distancia recorrida en un minuto.

La operación se repite al menos en tres ocasiones, y se expresa la velocidad en metros por minuto.

$$\text{Velocidad} = v \text{ (m / minuto)}$$

Calcular el ancho de la franja cubierta por las boquillas, para ello se multiplica el número de boquillas por la distancia entre dos boquillas.

$$\text{Ancho de la franja} = r \text{ (m)}$$

Posteriormente, con el tractor estacionado se revisa la cantidad descarga-

da. Para ello se utilizan recipientes que recojan la descarga durante un tiempo igual al utilizado para determinar la velocidad de descarga (un minuto). Las revoluciones del motor deben ser exactamente iguales al utilizado para la determinación de la distancia cubierta en un tiempo de un minuto.

Se miden las cantidades asperjadas por cada una de las boquillas y se obtiene el promedio de descarga por boquillas. Luego se multiplica el promedio de aspersión de una boquilla por el número de boquillas, para obtener la descarga total por minuto.

Volumen de descarga de las boquillas = a (l / minuto)

Posteriormente se obtiene el volumen a aplicar ($l\ ha^{-1}$), el cual se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen (l ha}^{-1}\text{)} = \frac{10\ 000\ m^2 * a\ (l / \text{minuto})}{r\ (m) * v\ (m / \text{minuto})}$$

e.g., Ancho de la aspersión = 12 metros
 Distancia recorrida en un minuto = 50 m
 Descarga total de las boquillas = 12 litros / minuto

Con los datos mencionados se obtiene:

$$\text{Volumen (l ha}^{-1}\text{)} = \frac{10\ 000\ m^2 * 12\ l / \text{minuto}}{12\ m * 50\ m} = 200\ l\ ha^{-1}$$

En el ejemplo expuesto anteriormente, se necesita adicionar la cantidad de 200 litros de agua al tanque de la aspersora, para cubrir una hectárea de terreno. Para evitar errores durante la aplicación es conveniente marcar la presión para la entrega correcta de la cantidad de descarga.

Cantidad de producto químico a adicionar a la aspersora y área cubierta con la aplicación

Luego de conocer el volumen de agua necesario para asperjar una hectárea de terreno, podríamos estar interesados en calcular la cantidad del producto químico a adicionar en el tanque de la aspersora y el área cubierta con el tanque de la aspersora.

La cantidad de producto comercial (kg, l/tanque) se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$= \frac{\text{Dosis del herbicida ha}^{-1} (\text{kg, l ha}^{-1}) * \text{contenido del tanque (l)}}{\text{volumen a asperjar (l ha}^{-1})}$$

e.g., supongamos que necesitamos aplicar el herbicida *metolachlor* en dosis de 1.42 litros por hectárea de producto comercial. Los datos necesarios son los siguientes:

Dosis del herbicida = 1.42 l ha⁻¹

Capacidad del tanque = 600 litros

Volumen empleado en una ha = 200 litros

$$\text{Cantidad de producto} = \frac{1.42 \text{ l ha}^{-1} * 600 \text{ litros}}{200 \text{ litros}} = 4.26 \text{ litros}$$

De igual forma es posible calcular el área total a aplicar con el tanque de la aspersora, por medio de la siguiente fórmula:

Contenido del tanque de la aspersora

$$\text{Area} = \frac{\text{Contenido del tanque de la aspersora}}{\text{Volumen a asperjar por ha}}$$

$$\text{Area} = \frac{600 \text{ l}}{200 \text{ l ha}^{-1}} = 3 \text{ ha}$$

Se necesita la cantidad de 4.26 litros de *metolachlor* para adicionar al tanque de la aspersora, y se cubre un área de tres hectáreas con el tanque de la aspersora.

Otro método para la calibración de aspersoras operadas por un tractor es el que se describe a continuación. Inicialmente se mide un área determinada de terreno —e.g., 200 m²—. Se llena el tanque de la aspersora con agua limpia, y a una presión y velocidad constante se asperja el área seleccionada. Finalmente se rellena el tanque de la aspersora a su nivel inicial, midiendo la cantidad de agua necesaria para completar el llenado.

e.g., Área seleccionada = 200 metros

Agua utilizada en la aplicación = 4.2 litros

El cálculo de la cantidad de agua por hectárea se realiza por medio de la siguiente fórmula

$$\text{Litros ha}^{-1} = \frac{10\,000 \text{ m}^2 * \text{agua utilizada en la aplicación (l)}}{\text{área aplicada}}$$

$$\text{Litros ha}^{-1} = \frac{10\,000 \text{ m}^2 * 4.2 \text{ l}}{200 \text{ m}^2} = 210 \text{ l ha}^{-1}$$

3. Dosificación de los herbicidas

Cuando se trabaja con productos químicos herbicidas, es de suma importancia la correcta dosificación. El caso de los herbicidas tiene particular relevancia, ya que ligeras variaciones en la cantidad de producto a aplicar pueden ocasionar severos daños a los cultivos y al bolsillo del productor.

El manejo de los herbicidas, no es igual al de otros productos químicos utilizados en la agricultura, los cuales pueden sobre dosificarse y no afectan a la planta cultivada, únicamente la economía del productor.

Por dosificación se entiende la cantidad de producto comercial o de ingrediente activo que se aplica en una área dada. Se expresa en dosis de producto comercial por unidad de superficie (l ha^{-1} , kg ha^{-1} , lb mz^{-1}) o cantidad de ingrediente activo (kg ia ha^{-1}).

La cantidad de producto a aplicar por área se obtiene a través de cálculos de dosificación. En la etiqueta de los productos químicos aparece la cantidad de producto comercial por unidad de área (dosis) o la cantidad de ingrediente activo por área. En los productos químicos, la concentración y la formulación (presentación del producto) puede variar, por tanto varía la cantidad de producto comercial, e.g., el herbicida 2,4-D puede aparecer en concentración de 720 ó 480 gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial (g ia l^{-1}).

3.1. Objetivos de la dosificación de los herbicidas

La dosificación de los herbicidas se realiza con el propósito de asegurar cantidades exactas de producto comercial o ingrediente activo por unidad de área. Aplicación de dosis menores a las recomendadas (sub-dosificación) no ejercen un buen control de las malezas, por tanto estamos tirando el dinero. En cambio aplicaciones por encima de las recomendadas (sobre-dosificación) pueden afectar la selectividad de los productos, causando daño a la planta cultivada y elevando los costos de producción.

3.2. Formulaciones líquidas (000)

En las formulaciones líquidas, el ingrediente activo (ia) se expresa en gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial (g ia l^{-1}) (sistema métrico) o libras de ingrediente activo por galón de producto comercial (lb ia galón^{-1}) (sistema inglés).

Se recomienda que la dosis de herbicida se exprese en cantidad de ingrediente activo por área (ia área^{-1}), e.g., kg ia ha^{-1} .

La etiqueta muestra un número reconocido internacionalmente y representa la concentración del ingrediente activo de la formulación, el cual varía de acuerdo a la presentación.

En las formulaciones líquidas la relación es peso - volumen. En la etiqueta, el nombre del producto viene acompañado por un número que indica la concentración a que fue formulado. Pueden ser gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial (sistema métrico) o libras de ingrediente activo por galón de producto comercial (sistema inglés).

También acompañan al nombre del producto y número que representa la concentración, unas iniciales que indican el tipo de formulación de que se trata. En el ejemplo siguiente las iniciales CE, indican que se trata de un concentrado emulsionable.

Sistema métrico. Gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial (g de ia l^{-1}) = peso volumen, e.g., Eliminador 600 CE (seiscientos gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial).

Sistema inglés. Libras de ingrediente activo por galón de producto comercial (lb de ia gal^{-1}) = Peso volumen, e.g., Matamalezas 4 CE (cuatro libras de ingrediente activo por galón de producto comercial).

Formula para convertir libras por galón a gramos por litro. $\text{g l}^{-1} = \text{lb} * 454 / 3.785$.

3.3. Formulaciones sólidas (00)

En las formulaciones sólidas el ingrediente activo se expresa en porcentaje. En la etiqueta aparece un número que indica el porcentaje que representa el ingrediente activo del total del producto comercial. La relación es peso - peso.

La concentración con dos cifras (00) se refiere al porcentaje de ingrediente activo en el producto comercial = peso / peso, e.g., Mata hierbas 40 WP = 40 por ciento de ingrediente activo.

En gránulos, la concentración se representa en porcentaje, que es la relación peso / peso, usando bajas concentraciones, e.g., Mata monte 10 GR (diez por ciento de ingrediente activo).

Método por fórmula

El método por fórmula se basa en que la cantidad de producto comercial a utilizar es igual a la dosis deseada sobre la dosis disponible. La dosis disponible es la concentración del herbicida (cantidad de ingrediente activo) en el producto comercial.

La dosis deseada es 1.5 kg de ingrediente activo por ha, y la dosis disponible es 0.5 kg de ingrediente activo por litro de producto comercial. Efectuando la operación se obtienen tres litros de producto comercial por ha. Este valor se multiplica por el número de hectáreas solicitadas y se obtiene el total de 60 litros de producto comercial en 20 hectáreas.

$$\text{Cantidad de producto comercial} = \frac{\text{Dosis deseada}}{\text{Dosis disponible}}$$

Dosis disponible = concentración del herbicida en el producto comercial

e.g.,

Dosis deseada = 1.5 kg ia ha⁻¹

Dosis disponible = 0.5 kg ia l⁻¹

$$\text{Cantidad de Prowl 500 EC} = \frac{1.5 \text{ kg ia ha}^{-1}}{0.5 \text{ kg ia l}^{-1}} = 3 \text{ l. de Prowl ha}^{-1}$$

3 litros Prowl ha⁻¹ * 20 ha = 60 litros en 20 ha.

3.5. Cálculo de la dosis en parcelas experimentales

El investigador en ciencia de las malezas debe estar consciente de la importancia de seleccionar un equipo adecuado para la aplicación de los herbicidas, de igual forma realizar una correcta calibración de los equipos y dosificación del producto químico a utilizar.

El cálculo de la cantidad de herbicida a utilizar se basa en el método de aplicación que se ha seleccionado.

Cálculo basado en el área

El área de las parcelas a aplicar con un determinado herbicida a una dosis predeterminada es la base del cálculo de la dosificación basada en área. El tener un área determinada a aplicar, permite realizar los cálculos con anticipación. A nivel de laboratorio se puede realizar el pesaje de las muestras, y llevarlas al campo debidamente identificadas, en bolsas plásticas y/o sobres de

papel si se trata de formulaciones sólidas y en tubos de ensayo debidamente cerrados, en caso de formulaciones líquidas.

e.g., se necesita realizar una aplicación de *atrazina* en dosis de 2 kg de ingrediente activo por hectárea. El tamaño de la unidad experimental es de 14.4 m² (2.4 * 6 m) y el experimento cuenta con cuatro repeticiones.

Los cálculos necesarios para la dosificación son los siguientes:

- Tamaño de la parcela: 2.4 m * 6 m = 14.4 m² * 4 repeticiones = 57.6 m².
- Una hectárea (10 000 m²) requiere 2 000 gramos de ingrediente activo (g ia). Cuantos gramos de ia se requieren en un área de 57.6 m².

$$\text{g ia de atrazina} = \frac{57.6 \text{ m}^2 * 2000 \text{ g ia}}{10000 \text{ m}^2} = 11.52 \text{ g de ia}$$

El cálculo de la cantidad de producto comercial (PC) a utilizar se obtiene a partir del conocimiento de la concentración a la cual el producto viene formulado. La *atrazina* es formulada como polvo mojable al 80 por ciento de concentración. Los cálculos son los siguientes:

En 100 g de producto comercial de *atrazina* existen 80 g de ia. Que cantidad de producto comercial (X) se necesita para obtener 11.52 g de ia.

$$X = \frac{11.52 \text{ g ia} * 100 \text{ g PC}}{80 \text{ g ia}} = 14.4 \text{ g de PC (atrazina)}$$

Cálculo basado en el volumen

En el cálculo de la dosificación basado en el volumen, se considera la cantidad de agua a utilizar, en vez del área a ser aplicada.

El paso inicial para la dosificación basado en volumen es la calibración de la aspersora, se puede utilizar el procedimiento descrito en el punto 2.3.1., con lo cual conocemos la cantidad de agua que descarga el aspersora en una hectárea. En el ejemplo descrito en el punto 2.3.1, la aspersora tuvo una descarga de 450 litros ha⁻¹.

Considerando los datos del ejemplo anterior, la parcela a aplicar en el experimento es de 14.4 m² (2.4 m * 6 m), multiplicado por el número de repeticiones, se obtiene una área de 56.7 m². La cantidad de agua necesaria en el tanque de la aspersora (X) se calcula de la siguiente forma:

Información necesaria:

Area de una hectárea = 10 000 m²

Descarga de la aspersora ha⁻¹ = 450 l

Area del tratamiento = (2.4 m * 6 m) = 14.4 * 4 replicas = 57.6 m²

Si en 10 000 m² se utilizan 450 litros de agua, cuantos litros de agua serán necesarios en 57.6 m².

$$X = \frac{450 \text{ l} * 57.6 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 2.59 \text{ litros de agua}$$

Se necesitan 2.59 litros de agua para aplicar en 57.6 m². La cantidad de herbicida a utilizar se calcula basado en la cantidad de agua seleccionada, manteniendo la misma velocidad y presión se aplica en las unidades experimentales la dosis deseada.

Con los datos presentados en el ejemplo anterior, la dosis de producto se calcula de la siguiente manera:

Herbicida: *atrazina*

Dosis deseada: 2 000 g de ia ha⁻¹

Cantidad de agua a aplicar en 57.6 m² = 2.59 l de agua

La aspersora esta calibrada para aplicar 450 litros de agua ha⁻¹

Si a 200 litros de agua se necesita adicionar 2 000 g de *atrazina* (ia), que cantidad de ingrediente activo (X) se necesita en 2.59 litros de agua.

$$X = \frac{2000 \text{ g ia} * 2.59 \text{ l}}{450 \text{ l}} = 11.52 \text{ g de ia (atrazina)}$$

El cálculo de la cantidad de producto comercial (PC) de *atrazina* a adicionar en la aspersora se obtiene de relacionar la concentración del producto comercial y la cantidad de ingrediente activo necesaria para aplicar en las unidades experimentales.

En 100 g de producto comercial de *atrazina* existen 80 g de ia. Que cantidad de producto comercial (X) se necesita para obtener 11.52 g de ia.

$$X = \frac{11.52 \text{ g ia} * 100 \text{ g PC}}{80 \text{ g ia}} = 14.4 \text{ g de PC (atrazina)}$$

4. Bibliografía

- Alemán, F. 1997. Manejo de Malezas en el Trópico. Primera edición. UNA. ESAVE. Managua, Nicaragua. 227 p.
- Burriel, J. L.; J. Cardenas y E. Locatelly. 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas. International plant protection center. Oregon State University. 64 p.
- Pitty, Abelino. Roni, Muñoz. 1993. Guía Práctica para el manejo de Malezas. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Departamento de Protección Vegetal. 223 p.
- Salgado, F. 1989. Manual para investigación en manejo de malezas. MAG. DGTA. CICA. Managua, Nicaragua. 58 p.
- Shenk, M., Fischer, A. & Valverde, B. 1987. Métodos de control de malezas. Principios básicos sobre el manejo de malezas. Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Protección Vegetal. El Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 315 p.

CAPITULO XI

ANALISIS DE DATOS PROVENIENTES DE EXPERIMENTOS DE CAMPO

1. Introducción

Una vez que la fase de campo del experimento ha llegado a su fin, los datos han sido colectados y se han separado aquellos datos que aportan un mínimo para responder a nuestras preguntas de investigación, se debe realizar el análisis de la información. Hay que tener especial cuidado en que al análisis este en concordancia con el diseño empleado en el experimento, con el modelo asociado a dicho diseño y de acuerdo a la estructura de nuestros tratamientos. El análisis debe realizarse con los objetivos del proyecto en mente, la información a obtener debe dar respuesta a las preguntas de investigación formuladas al inicio del proyecto.

El paso siguiente es decidir los criterios para evaluaciones posteriores. A lo inmediato se debe realizar el análisis estadístico con el propósito de reconocer riesgos de error y niveles de significancia. Cuando el análisis de la información se toma mucho tiempo, se corre el riesgo de perder dicha información, y en el mejor de los casos cometer errores en la introducción de los datos. Es imperativo conocer si los tratamientos pueden ser distinguidos el uno del otro en su efectividad, o si la desviación observada puede ser solamente atribuida al azar.

Como se ha expresado con anterioridad, el ANDEVA provee la estimación adecuada del error experimental y permite que se realicen comparaciones entre medias de tratamientos. Sin embargo, dicho análisis rara vez es suficiente para obtener las respuestas a nuestras preguntas de investigación, en ocasiones es necesario realizar pruebas específicas para aislar e identificar efectos específicos de los tratamientos y diferencias de interés. En el diseño de nuestro experimento hay que considerar la posibilidad de utilizar dichas pruebas.

2. Información necesaria para la interpretación del análisis

2.1. *Diseño de experimento*

El diseño del experimento es el arreglo de las unidades experimentales usado para controlar el error experimental y dar cabida a los tratamientos. Los diseños difieren uno de otro en la forma en que las parcelas son asignadas previo al establecimiento de los tratamientos. Existe una amplia gama de diseños experimentales reportados en la literatura, los mas utilizados en nuestras condiciones son: diseño completamente aleatorio (DCA), diseño de bloques completos al azar (BCA), diseño de parcelas divididas (PD), cuadrado latino (CL) y diseños jerárquicos o anidados.

Las razones para la utilización de un diseño experimental son entre otras: dar una estimación del error experimental, incrementar la precisión, dar información necesaria para establecer pruebas de significancia y facilitar la aplicación de los tratamientos, prácticas culturales y cosecha de las unidades experimentales.

La selección del diseño del experimento debe basarse en la posibilidad de que dicho diseño permita responder eficientemente las preguntas que originaron la investigación y no por el hecho de ser un diseño popular en la comunidad científica o por su utilización por otros investigadores. Lo esencial en estos casos es la investigación en si y no el diseño, este último debe plegarse a la investigación y no a la inversa.

Para asegurar la validez del análisis e incrementar la posibilidad de detectar diferencias entre tratamientos, el diseño del experimento debe cumplir con tres principios básicos. El primer principio se refiere a las replicas de los tratamientos, el segundo a la distribución aleatoria de los mismos y el tercero a la colocación efectiva de los bloques (control local). Todos en su conjunto permiten reducir el error experimental.

2.2. *Diseño de los tratamientos*

Un tratamiento es una variable controlada o combinación de variables controladas que están bajo investigación y cuyos efectos son desconocidos. Ejemplos de tratamientos son: una medida de control físico, un agente biológicamente activo, dosis de aplicación. Puede ser un método de aplicación, tiempo de aplicación, frecuencia de aplicación o cualquier otra variable que puede ser usada de forma controlada.

Cuando se diseñan los tratamientos, el investigador debe estar claro de la naturaleza de los mismos. El análisis de la información sigue procedimientos específicos en base al tipo de tratamientos involucrados en el análisis.

Los tratamientos pueden ser cualitativos, en otras palabras, al seleccionarlos, el investigador está interesado únicamente en el efecto de dichos tratamientos *e.g.*, variedades, productos herbicidas, sistemas de cultivo etc. Otros tratamientos son cuantitativos (niveles de fertilizantes, dosis de productos químicos, densidades de plantas, distancias de siembra, etc.). Cuando un investigador selecciona éste último tipo de tratamientos, su interés no es obtener la respuesta de un determinado nivel, si no que le interesa un universo infinito de niveles. Una vez que se han determinado diferencias significativas entre tratamientos, los niveles evaluados difieren entre sí, pero también todos los posibles niveles que se encuentran entre cada uno de los niveles seleccionados para el experimento.

2.3. Error experimental

El error experimental describe la variación entre unidades experimentales que han sido sujetas al mismo tratamiento. Existen múltiples causas que favorecen el error experimental, entre ellas se incluyen: variación natural entre unidades experimentales, variabilidad en las mediciones realizadas a las observaciones, dificultad para reproducir de manera exacta las condiciones de los tratamientos de una unidad a otra, interacción entre tratamientos y unidades experimentales y cualquier otro factor que afecte la correcta medición de las observaciones.

El error experimental no puede ser eliminado totalmente del experimento, pero puede ser reducido. Las modalidades que reducen el error experimental son: utilización de unidades experimentales lo más homogéneas posibles, eliminación de efectos de bordes y competencia inter-específica-intra-específica, manejo uniforme de las unidades experimentales, aplicación de métodos estadísticos que permitan separar las diversas causas de variación, etc. Uno de los logros del diseño de experimento es medir el error experimental y reducir dicho error.

2.4. Prueba de hipótesis

Con la obtención de los valores estadísticos es posible probar hipótesis relativas a parámetros de poblaciones, tales métodos se les denomina pruebas de significancia estadística. Las pruebas de hipótesis están basadas en la nulidad de las diferencias, es decir la diferencia de promedios de las muestras es cero, se simboliza por H_0 y se le conoce como hipótesis nula (hipótesis de no-

efecto). La hipótesis contraria se conoce como alternativa y se expresa por H_a y está basada en que las diferencias existentes no son iguales a cero.

e.g. H_0 : las medias de tratamientos son igual a cero, $E \mu_i = 0$

H_a : las medias de tratamientos no son igual a cero, $E \mu_i \neq 0$

En una prueba de hipótesis, la hipótesis que se acepta o se rechaza es la hipótesis nula (H_0). La hipótesis alternativa (H_a) es el complemento de la hipótesis nula.

Las pruebas utilizadas para aceptar o rechazar la hipótesis nula incluyen el análisis de varianza, la distribución de F y las pruebas de separaciones de medias a priori y a posteriori.

Análisis de varianza

La forma más común de conocer el comportamiento de los tratamientos es por medio del análisis de varianza. El método consiste en separar la variación total observada, las diferentes causas o factores de variación que influyen en un experimento y que afectan en distinto grado el efecto de dichos tratamientos.

El análisis de varianza considera los siguientes aspectos: el modelo lineal aditivo, donde se incluyen las fuentes de variación del experimento, distribución normal de las muestras, varianza homogénea de los tratamientos e independencia de las variables.

Pruebas de significancia estadística

El estadístico F define si existen diferencias significativas entre tratamientos. Cuando el valor calculado de F es mayor que el valor tabulado de F (el cual se obtiene de la tabla de F en la mayoría de los libros de estadística) entonces existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. De lo anterior concluimos que la variabilidad en los tratamientos no ocurrió por casualidad, sino al efecto distinto que proporciona cada tratamiento, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Los valores tabulados de F que normalmente se usan para aceptar la hipótesis nula son con un ALPHA de cinco y uno por ciento, siendo significativo en el primer caso y altamente significativo en el segundo. El cinco y uno por ciento es la probabilidad de error. Cuando las diferencias son significativas se simboliza con un asterisco (*) y cuando son altamente significativas con doble asterisco (**).

Los paquetes estadísticos de uso común en la actualidad (SAS, SSPC, MINITAB, SYSTAX, etc.) traen en el análisis de varianza la probabilidad de error o fracaso ($p =$). Si el nivel definido de aceptación en nuestro experimento es de cinco por ciento, la H_0 se acepta si el valor de P es superior a 0.05 por ciento. Por el contrario si el valor de P toma valores inferiores a 0.05 por ciento, se rechaza la hipótesis nula, y se asume que existen diferencias entre tratamientos.

La selección del umbral de significancia es una tarea difícil. Existen dos tipos de errores que pueden ser cometidos cuando se realiza la prueba de hipótesis. Uno de ellos es demandar un nivel alto de significancia lo cual nos puede conducir a aceptar la H_0 cuando en realidad la misma no es verdadera (error tipo I). Por otro lado, un bajo nivel de significancia puede conducir a rechazar la H_0 cuando en realidad es verdadera (error tipo II).

Comparaciones entre tratamientos

Con la información obtenida del ANDEVA se hacen pruebas de significancia de las diferencias o comparaciones entre las medias de los tratamientos. Una vez que se rechaza la hipótesis nula (H_0) se sabe que existen diferencias entre los tratamientos evaluados, sin embargo se desconoce cuáles medias difieren entre sí. El siguiente paso es realizar comparaciones entre las medias de los tratamientos para conocer los que tienen mejor respuesta.

Existen muchas formas de comparar las medias de tratamientos incluidas en un experimento. Un principio básico es que se deben realizar únicamente aquellas comparaciones que ayuden a contestar las preguntas de nuestra investigación. Existen varios métodos para realizar las comparaciones, entre los que destacan: las comparaciones pareadas y las comparaciones entre grupos de tratamientos.

Las comparaciones pareadas son las más simples y las más comúnmente usadas en experimentación agronómica. Existen dos tipos:

Comparaciones pareadas planeadas. Con esta prueba, los pares de medias a comparar, son identificados antes de iniciar el experimento. Entre ellas destacan: la prueba de Dunnett, que se utiliza para comparar los tratamientos con un testigo o parcela control (e.g., práctica de uso común por los productores). Otra prueba pareada planeada de uso común es la diferencia mínima significativa (DMS).

Comparaciones pareadas no planeadas. Cuando se utilizan estas pruebas las comparaciones se definen a posteriori. Al momento de establecer el experimento no existe definición de las comparaciones que se realizaran. En vez de esto, se comparan todos los posibles pares de medias de tratamientos, con el propósito de identificar pares de tratamientos que difieren significativamente. Las pruebas de separación de medias no planeadas (Duncan, SNK, Tukey, etc.), difieren en la rigurosidad que le imprimen al análisis. El nivel de rigurosidad difiere según la prueba, siendo de menor rigurosidad la prueba de Duncan, le sigue SNK, y luego la prueba de Tukey.

Comparaciones entre grupos de tratamientos. Las comparaciones entre grupos de tratamientos son pruebas planeadas, las cuales permiten realizar comparaciones entre tratamientos, entre un tratamiento y grupo de tratamientos o entre grupos de tratamientos. En esta última categoría destacan las comparaciones de un grado de libertad o contrastes ortogonales.

2.5. Interpretación de los resultados

El coeficiente de variación

El CV es una medida relativa de precisión del experimento. Indica el grado de precisión con el cual se comparan los tratamientos. Entre más alto es el CV, es menor la habilidad del experimento para predecir con una probabilidad dada que el efecto de los tratamientos es real y no debido al azar. El CV expresa el error experimental como un porcentaje de la media y se expresa de la siguiente forma: $CV = (DE / X) * 100$, donde, DE, es la desviación estándar de los datos del experimento y X, es la media general del experimento.

La aplicación del CV es de importancia cuando se pretende comparar la variabilidad de experimentos que involucran el mismo carácter, y que han sido conducidos por diferentes investigadores y/o en diferentes sitios. Los investigadores juzgan la aceptabilidad de un experimento basados en el CV de otros experimentos en su ramo. De ahí la importancia de indicar el coeficiente de variación en nuestro reporte de investigación.

Media de tratamientos y media general

La media de los tratamientos y la media general del experimento son valores de importancia en el resultado del análisis. La media general del experimento reviste particular importancia en experimentos en serie, ya que permite inferir un comportamiento inusual de un determinado ciclo del experimento, permite además el cálculo del coeficiente de variación. La media de los tratamientos se utilizan para las comparaciones entre tratamientos.

Desviación estándar y error estándar de la media

La desviación estándar (DE) representa la variación en los valores de una variable, mientras que el error estándar de la media (EEM) representa la dispersión de la media de una muestra. Por tanto el error estándar da una idea de la precisión de la media y la desviación estándar indica la variabilidad de las observaciones. Los dos están relacionadas, el $EEM = DE / \sqrt{n}$, donde n , es el número de observaciones. En otras palabras el EEM es a la media lo que la DE es para las observaciones.

Bondad del ajuste y valor de P

La bondad del ajuste (R^2) indica el porcentaje de variación que es explicado por el modelo utilizado. Por otro lado, P es la inicial de probabilidad (valor de $P =$). Los programas de computadora que utilizan los investigadores para los análisis estadísticos (SAS, MINITAB, etc.) indican de manera exacta el valor de P para nuestros tratamientos. Aun así, el nivel de aceptación sigue siendo, como en el pasado, cinco y uno por ciento.

3. Diseños mas utilizados en experimentación agronómica

3.1. Diseño de bloques completos al azar (BCA)

Es el mas utilizado en experimentación agronómica. En este diseño, las unidades experimentales son inicialmente clasificadas en grupos o bloques de parcelas lo mas homogéneas posibles (repeticiones). Los tratamientos son asignados a estas parcelas dentro de los bloques en forma tal que cada tratamiento ocurre una vez dentro de cada bloque. Con esto, la variabilidad entre unidades experimentales es mínima, aún cuando la variación entre bloques sea alta. Se debe realizar azarización separada para cada bloque.

El objetivo es hacer la variación de parcela a parcela lo mas pequeña posible dentro de cada bloque, mientras se maximiza la variación entre los bloques. Por esta razón, es esencial que no solamente las parcelas sean similares dentro de cada bloque, sino que durante el curso del experimento se deben utilizar técnicas de manejo uniformes en todas las parcelas dentro de un bloque.

El establecimiento del experimento debe hacer uso de la gradiente de fertilidad del campo para reducir el error experimental. Los bloques deben ubicarse perpendicular a la gradiente de fertilidad y humedad del suelo, que por lo general es una fuente de variabilidad conocida. Esto permitirá realizar cálculos

estadísticos que ayudaran a una determinación confiable de las diferencias entre tratamientos.

El arreglo de bloques completos al azar es el más conocido, el más fácil de establecer, y es conveniente para el establecimiento de series de experimentos. Los experimentos dispuestos en bloques no deben contener muchos tratamientos, ya que se introduce una fuente adicional de variabilidad en el experimento, lo cual reduce la precisión.

El análisis de los datos debe proceder de la siguiente forma:

- Construir una tabla de los totales y de las medias
- Realizar análisis de varianza
- Determinar el coeficiente de variación (C.V)
- Realizar pruebas de significancia estadística
- Determinar las medias y el error estándar

Ejemplo numérico del análisis de un BCA

Basados en el siguiente ejemplo se muestra como se presentan los resultados de un análisis de varianza, como se deben interpretar las salidas y como se deben redactar las conclusiones.

Se realizó un experimento donde se evaluaron cinco tratamientos de control de malezas en cultivo de sorgo granifero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). El experimento fue conducido en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. El rendimiento de grano obtenido se presenta en la Tabla 11.1.

Tabla 11.1. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de sorgo obtenido en parcelas tratadas con herbicidas

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
1 (pendimetalin)	2553	2621	2421	2705
2 (pendimetalin mas atrazina)	2490	2344	2607	2411
3 (atrazina)	1742	1673	1953	2108
4 (metolachlor)	1619	1257	1296	1151
5 (sin control de malezas)	1333	1530	1270	875

Juárez (1997).

La hipótesis que deseamos probar es la siguiente:

Ho: $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5$, lo que equivale $E T_{ji} = 0$

Ha: $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4 \neq T_5$, lo que equivale $E T_{ji} \neq 0$

El modelo lineal aditivo es el siguiente:

Resultado observado = valor general de la media + el efecto del tratamiento aplicado + efecto de los bloques + término de error residual.

$$Y_{ij} = \mu + J_i + B_j + E_{ij}$$

Los datos fueron analizados por medio de procedimientos estadísticos de análisis de varianza, haciendo uso del software estadístico SAS (Sistema de Análisis Estadístico). El análisis de varianza fue conducido a un nivel de 95 por ciento de confianza ($p < 0.05$).

Los datos pueden ser introducidos directamente en el programa de SAS utilizando la opción CARDS, sin embargo es más recomendable la introducción de los datos en una hoja de cálculo (Excel, etc.) e importar dicho archivo directamente de la aplicación utilizada. Cuando se utiliza este último procedimiento en el programa se utiliza la opción 'INFILE' para indicarle a SAS que utilice una base de datos proveniente de nuestros archivos.

El programa de SAS utilizado para el análisis de los datos fue el siguiente:

```
DATA ;
INPUT TRA REP REN;
CARDS;
1 1 2553
2 1 2490
.....
.....
7 4 875
PROC ANOVA;
CLASS TRA REP;
MODEL REN=TRA REP/SS1;
RUN;
QUIT;
```

El resultado del análisis de varianza es el siguiente:

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: REN

Source	DF	Suma of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
Model	7	6095150.75	870735.82	19.96	0.0001
Error	12	523394.20	43616.18		
Corrected Total	19	6618544.95			

R-Square	C.V.	Root MSE	REN Mean
0.920920	11.00371	208.845	1897.95

Source	DF	Suma of Square	Mean Square	F Value	Pr>F
TRA	4	6069934.20	1517483.55	34.79	0.0001
REP	3	25216.55	8405.52	0.19	0.8993

En el ejemplo antes expuesto el valor de F calculado para el modelo utilizado es igual a 19.96, por lo tanto se dice que existen diferencias altamente significativas en el modelo empleado, ya que la probabilidad es menor de 0.05 ($p=0.0001$). El valor de F calculado para los tratamientos es de 34.79, por lo tanto se establece que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, ya que la probabilidad es de 0.0001. El valor de probabilidad para los bloques ($p=0.8994$) establece que no existen diferencias entre bloques.

Hasta el momento hemos logrado conocer que existen diferencias entre tratamientos, se requieren pruebas adicionales para definir que tratamientos difieren significativamente de los otros. La prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) es una de las pruebas estadísticas con la cual se puede resolver dicho problema.

Para realizar la separación de medias por medio de DMS (LSD por sus siglas en inglés), se usa un nuevo comando. En el ejemplo expuesto, al programa de SAS se le agrega el siguiente procedimiento:

```
MEANS TRA/ LSD ALPHA=0.05;
```

La opción MEANS despliega las medias de los tratamientos. Al adicionarle LSD (por sus siglas en inglés: Least significant difference) nos muestra la comparación de las medias utilizando el procedimiento LSD. En el ejemplo, los resultados de la prueba de LSD al 0.05 por ciento de error, fueron los siguientes:

```
Analysis of Variance Procedure
T tests (LSD) for variable: REN
```

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate not the experimentwise error rate.

Alpha= 0.05 df= 12 MSE= 43616.18

Critical Value of T= 2.18

Least Significant Difference= 321.76

Means with the same letter are not significantly different (Medias que presentan la misma letra no difieren significativamente).

LSD Grouping	Mean	N	TRA
A	2575	4	1
A	2463	4	2
B	1869	4	3
C	1330	4	4
C	1252	4	5

La presentación de los resultados se realiza en una tabla de una entrada, poniendo al pie de la tabla el valor crítico de la DMS, en este caso 322 kg ha⁻¹.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
1 (pendimetalin)	2575
2 (pendimetalin mas atrazina)	2463
3 (atrazina)	1869
4 (metolachlor)	1331
5 (sin control de malezas)	1252
DMS=	322

Los resultados establecen que los tratamientos uno y dos no difieren entre sí. En cambio dichos tratamientos difieren de los tratamientos tres, cuatro y cinco. El tratamiento tres toma una posición intermedia y difiere de los tratamientos cuatro y cinco. Los tratamientos cuatro y cinco no difieren entre sí, pero sí del resto de tratamientos. En el ejemplo expuesto existen tres categorías, la primera compuesta por los tratamientos uno y dos, la segunda con el tratamiento tres y una última categoría compuesta por los tratamientos cuatro y cinco.

3.2. Experimentos factoriales

Lo más tradicional en experimentación agrícola es considerar el estudio de un solo factor, sin embargo en ocasiones es necesario la combinación de factores en el experimento. Una forma de realizar dicho experimento es por medio de experimentos factoriales en arreglo combinatorio o factoriales propiamente dichos y/o experimentos factoriales en diseño de parcelas divididas.

En estos experimentos los tratamientos derivan de la combinación de dos o más factores en estudio. En particular cada nivel de un factor ocurre junto a cada nivel del otro factor. El número total de tratamientos es el producto del número de niveles de cada factor.

En el ejemplo siguiente, se condujo un experimento con tres espaciamientos entre surco ($a_1 = 30$ cm, $a_2 = 40$ cm, $a_3 = 60$ cm). En el experimento se incluyó un segundo factor, métodos de control de malezas, el cual presenta tres niveles ($b_1 =$ control mecánico, $b_2 =$ uso de coberturas, $b_3 =$ control químico)

En este caso se obtienen un experimento factorial $3 \times 3 = 9$ tratamientos, estos serían a_1b_1 , a_1b_2 , a_1b_3 , a_2b_1 , a_2b_2 , a_2b_3 , a_3b_1 , a_3b_2 , a_3b_3 .

El término experimento factorial refiere la naturaleza de los tratamientos incluidos en el experimento y no el diseño de experimento (el término diseño factorial es incorrecto). El arreglo factorial puede ser usado en cualquier diseño: BCA, cuadrado latino, parcelas divididas, etc.

La interpretación de resultados en experimentos factoriales depende de lo obtenido en la prueba de significancia. Si la interacción de $A \times B$ es significativa, los efectos principales no tienen ningún significado aún y cuando la prueba de significancia indique diferencia entre los niveles de cada uno de los factores. En este caso los factores A y B no actúan independientes el uno del otro. La diferencia en rendimiento entre dos niveles del factor A cambia de un nivel de B a otro nivel de B, y la media de un nivel de A sobre todos los niveles de B tienen poco significado. En este caso los resultados se resumen mejor en una tabla de doble entrada, utilizando las medias de las combinaciones de $A \times B$.

Si la interacción es no significativa, los factores actúan de forma independiente. Las diferencias en rendimiento entre dos factores de A son iguales en todos los niveles de B. En este caso los resultados son resumidos en una tabla de una entrada para cada uno de los factores con los efectos principales significativos.

Experimento factorial en diseño de bloques completos al azar

En este tipo de experimento queremos estimar inicialmente las interacciones entre los factores y los efectos principales de los factores en estudio. En el ejemplo que se presenta a continuación se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

Los factores en estudio son A: secuencia de cultivos (SC), con los siguientes niveles: a_1 : frijol-frijol, a_2 : maíz-frijol y a_3 : malezas-frijol y B: control de malezas, con tres niveles: b_1 : control durante el período crítico (CPC), b_2 : con-

trol periódico (CP) y b3: control químico (CQ). El modelo lineal aditivo para los dos factores distribuidos en bloques completos al azar sería:

Resultado observado = valor general de la media + el efecto del factor A + el efecto del factor B + el efecto de interacción (A*B) + efecto de los bloques + término de error residual.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (ab)_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Las hipótesis estadísticas que deseamos probar son:

Ho: $a_1 = a_2 = a_3$ (el tipo cultivo usado en secuencia no afecta el rendimiento del frijol común)

Ha: $a_1 \neq a_2 \neq a_3$ (el tipo cultivo usado en secuencia afecta el rendimiento del frijol común)

Ho: $b_1 = b_2 = b_3$ (los controles de malezas no afectan el rendimiento del cultivo)

Ha: $b_1 \neq b_2 \neq b_3$ (los controles de malezas afectan el rendimiento del cultivo)

Ho: $\sum (AB)_{ij} = 0$ (la interacción de los factores en estudio no afecta el rendimiento del cultivo)

Ha: $\sum (AB)_{ij} \neq 0$ (la interacción de los factores en estudio afecta el rendimiento del cultivo).

Los datos de rendimiento obtenidos para este experimento se presentan en la Tabla 11.2

		Bloques			
		I	II	III	IV
a1: frijol-frijol	b1: CPC	713	876	1288	629
	b2: CP	1143	1046	1576	984
	b3: CQ	953	1414	1130	809
a2: maíz-frijol	b1: CPC	1087	1225	1210	1001
	b2: CP	1006	1530	1797	1516
	b3: CQ	1657	1771	1570	1753
a3: malezas-frijol	b1: CPC	1413	1024	1462	1089
	b2: CP	991	887	1526	868
	b3: CQ	944	981	699	978

CPC= control período crítico, CP= control periódico, CQ= Control Químico.

El programa a ejecutar en SAS es el siguiente:

```
DATA;
INPUT SC MAL REP REN;
CARDS;
1 1 1 713
1 1 2 1143
...
...
3 3 4 798
PROC ANOVA;
CLASS SC MAL REP;
MODEL REN=SC MAL SC*MAL REP/SS1;
```

RUN;

QUIT;

La hoja de salida de SAS es la siguiente:

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: REN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2617758.9	237978.1	5.2	0.0003
Error	24	1089159.0	45381.6		
Corrected Total	35	3706917.9			

R-Square	C.V.	Root MSE	REN Mean
0.70	18.0	213.0	1181.8

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ROT	2.0	1084977.2	542488.6	12.0	0.0002
CON	2.0	171489.7	85744.8	1.9	0.1730
ROT*CON	4.0	895276.0	223819.0	4.9	0.0048
REP	3.0	466016.1	155338.7	3.4	0.0333

Interpretación de los resultados

En el presente experimento el modelo utilizado es significativo, por tanto podemos afirmar que el mismo recoge gran parte de la variación de los tratamientos.

El coeficiente de variación fue de 18.0 por ciento, lo que significa que el experimento fue conducido de forma idónea, ya que el valor se encuentra dentro del rango aceptable para este tipo de experimento. El R cuadrado con valor de 0.70 significa que el 70 por ciento de la variación de los tratamientos se debe al modelo empleado.

La interacción SC*MAL es significativa, por tanto se analiza la interacción entre los factores en estudio. La probabilidad de 0.0048 es inferior a 0.05 que es el límite permisible según el objetivo propuesto. La probabilidad de 0.0002 en caso de la secuencia de cultivos indica que existen diferencias altamente significativas entre ellas. No hay diferencias entre los controles de malezas al nivel de 0.05 por ciento ($p=0.1730$). A pesar de que hay diferencias entre secuencias de cultivos, lo indicado en estos casos es interpretar la interacción. Los niveles de secuencia de cultivos no se comportan de igual manera en los niveles del factor control de malezas.

Con el propósito de obtener las medias de los tratamientos cruzados, al programa de SAS se le adiciona la siguiente declaración:

```
MEANS SC*MAL;
RUN;
```

Este procedimiento se realiza únicamente si la interacción es significativa. Las medias de la interacción se presentan en una tabla de doble entrada. El cálculo de la DMS se realiza con el auxilio de una calculadora de bolsillo. El resultado que arroja el programa es el siguiente:

General Linear Models Procedure

Least Squares Means

ROT	CON	REN
1	1	876.2
1	2	1187.3
1	3	1076.6
2	1	1130.8
2	2	1462.2
2	3	1687.6
3	1	1247.1
3	2	1067.8
3	3	900.5

El siguiente procedimiento lo constituye el calculo del error estándar de la diferencia de las medias, el cual permitirá el calculo de la diferencia mínima significativa entre dos medias.

La formula utilizada es la siguiente:

$Sd = \sqrt{2CME/r}$, donde:

Sd = Error estándar de la diferencia entre dos medias

CME= Cuadrado medio del error

R = Número de repeticiones,

Para el ejemplo: El calculo de la diferencia entre dos medias se realiza de la siguiente manera:

$$S_d = \sqrt{(2) \cdot (45381.6) / r},$$

$$S_d = \sqrt{(22690.8)}$$

$$S_d = 150.6$$

En cambio el cálculo de la DMS procede como sigue:

$$DMS = t(5\% \text{ gl } E) \cdot (S_d)$$

$$DMS = (1.711) \cdot (150.6) = 257$$

$$DMS = t(1\% \text{ gl } E) \cdot (S_d)$$

$$DMS = (2.492) \cdot (150.6) = 375$$

La presentación de los resultados se hace de la siguiente forma:

	Frijol-frijol	Maíz-frijol	Malezas-frijol	DMS
Control periodo crítico	876.2	1130.8	1247.1	257
Control periódico	1187.3	1462.2	1067.8	257
Control químico	1076.6	1687.6	900.5	257
DMS	257	257	257	

Para el presente experimento, la mejor combinación la constituye el control químico de malezas cuando se utiliza maíz como cultivo antecesor al frijol común. Los controles de malezas difieren en su respuesta en dependencia del cultivo antecesor utilizado. Control durante el período crítico dio buen resultado cuando no se utilizó cultivo antecesor, no así cuando se utilizó maíz y/o frijol común antecediendo al frijol común.

3.3. Diseño de parcelas divididas

En el diseño de parcelas divididas los niveles de un factor son asignados de forma aleatoria en parcelas grandes, las cuales por lo general son agrupadas dentro de unidades compactas (bloques), utilizando una azarización diferente para cada bloque. Las parcelas grandes se dividen en parcelas pequeñas, en las cuales se ubican de forma aleatoria los niveles del segundo factor en estudio. Las parcelas grandes son usualmente llamadas parcelas principales, mientras que las parcelas pequeñas son llamadas sub-parcelas.

Por el hecho de existir dos tamaños de parcelas, existen dos errores experimentales, uno para cada tamaño de parcela. Generalmente el error de la sub-

parcela es mas pequeño que el error de la parcela grande. El factor ubicado en la parcela grande es estimado con menor precisión que el factor ubicado en la pequeña, de igual forma que la interacción entre factores. Lo anterior hay que tomarlo en consideración cuando se decide usar un diseño de parcela dividida.

Muchas veces los investigadores encuentran problemas en la asignación de los tratamientos, situaciones prácticas de campo pueden obligar al establecimiento de un diseño de parcelas divididas. El interés de un investigador puede ser evaluar tipos de labranza y métodos de control de malezas. En estas circunstancias los tratamientos de labranza necesitan parcelas de gran tamaño, por la dificultad de su establecimiento en parcelas pequeñas, mientras que el control de las malezas, que se realiza manualmente, puede ser aplicado en parcelas de menor tamaño. Experimentos que incluyen secuencia de cultivos y métodos de control de malezas, facilitan su manejo al establecer el cultivo en secuencia en la parcela grande y el método de control de malezas en la pequeña.

En los ejemplos expuestos, se muestra que existen tratamientos que requieren diferentes tamaños de parcelas para un eficiente establecimiento. Por esta razón es conveniente un diseño de experimento en el cual el nivel de un factor se aplica en parcelas de gran tamaño, mientras que el nivel del otro factor es aplicado a parcelas pequeñas. Esto se logra con la utilización de un diseño de parcelas divididas.

La interpretación de resultados provenientes de experimentos de parcela divididas es similar al expuesto para experimentos factoriales en arreglo combinatorio. Primero se evalúa la interacción, si esta es significativa, los efectos principales no tienen ningún significado, aún y cuando las diferencias entre las medias dentro de los factores sean significativas. En caso de interacción, las medias de los tratamientos (A*B) se resumen en una tabla de doble entrada y nunca en una sola columna.

Si la interacción es no significativa, se analiza el resultado de los factores por separado (efectos principales). En este caso los resultados se resumen en tabla de una entrada, en la cual se ubican las medias de los factores en estudio y cuyos efectos principales son significativos.

El análisis de varianza de un experimento de parcelas divididas resulta en dos coeficientes de variación (CV). El CV del factor principal (A) es equivalente a ignorar la división de las parcelas, analizando únicamente el factor principal. El valor del CV del factor principal indica el grado de precisión adjunto al factor principal. El coeficiente de variación de B indica el grado de precisión de la sub-parcela y de su interacción con la parcela principal.

Ejemplo numérico de un experimento en parcelas divididas

En el ejemplo siguiente se estudiaron dos factores (manejo de suelo y control de malezas). Los tratamientos se arreglaron en bloques completos al azar en un diseño de parcelas divididas.

Los factores en estudio son A: manejo de suelo, con los siguientes niveles: a_1 : labranza cero (LO), a_2 : labranza mínima (LM) y a_3 : labranza convencional (LCO), las cuales se ubicaron en la parcela principal y el factor B, corresponde a control de malezas, con los siguientes niveles: b_1 : control cultural (MUL), b_2 : control mecánico (MEC) y b_3 : control químico (QUI). Estos últimos se ubicaron en la sub-parcela. El modelo lineal aditivo para los factores evaluados en un diseño de parcelas divididas, distribuidos en bloques completos al azar sería:

Resultado observado = valor general de la media + el efecto del factor A + el efecto del factor B + el efecto del factor A por los bloques (error de A) + el efecto de interacción (A*B) + efecto de los bloques + término de error residual.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + E_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Los datos de rendimiento del cultivo se presentan en la Tabla 11.3

Tabla 11.3. Rendimiento (kg ha⁻¹) de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo efecto de tres manejos de suelo y tres métodos de control de malezas

		Bloques			
		I	II	III	IV
LCE	MUL	761	409	513	523
	MEC	728	654	699	830
	QUI	786	920	894	1361
LMI	MUL	581	722	516	827
	MEC	627	675	859	999
	QUI	143	762	169	1322
LCO	MUL	850	969	600	791
	MEC	1211	1140	1027	908
	QUI	1335	1055	1180	1226

Las hipótesis que deseamos probar serían:

Ho: $\sum A_j = 0$ (Los sistemas de labranza no ejercen efecto sobre el rendimiento del cultivo).

Ho: $\sum B_j = 0$ (Los métodos de control de malezas no afectan el rendimiento del cultivo).

Ho: $\sum (AB)_{ij} = 0$ (La interacción labranza por malezas no afecta el rendimiento del cultivo).

El programa a ejecutar por medio de SAS para un diseño de parcelas divididas en BCA, es el siguiente:

```
DATA PARDIV;
INPUT LAB MAL BLO REN;
CARDS;
1 1 1 761
1 1 2 409
...
...
3 3 4 1226
PROC ANOVA;
CLASS LAB MAL BLO;
MODEL REN=LAB BLO LAB*BLO MAL LAB*MAL/SS3;
TEST H=BLO LAB E=LAB*BLO;
RUN;
```

Es importante mencionar que en la declaración del programa de SAS se especifica que las repeticiones y el factor ubicado en la parcela grande se evalúan —para el caso que nos atañe— por medio de la interacción entre el factor labranza y las repeticiones (BLO*LAB).

El resultado del análisis de varianza es el siguiente:

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: REN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	2014397.38	118493.96	3.45	0.0063
Error	18	617954.16	34330.78		
Corrected Total	35	2632351.55			

R-Square	CV	Root MSE	REN Mean
0.76	22.1	185.28	838.11

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
LAB	2	627390.88	313695.44	9.14	0.0018
BLO	3	309926.88	103308.96	3.01	0.0573
LAB*BLO	6	324878.44	54146.40	1.58	0.2108
MAL	2	578870.05	289435.02	8.43	0.0026
LAB*MAL	4	173331.11	43332.77	1.26	0.3211

Tests of Hypotheses using the Anova MS for LAB*BLO as an error term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLO	3	309926.88	103308.96	1.91	0.2295
LAB	2	627390.88	313695.44	5.79	0.0397

En la salida de SAS encontramos, en primer lugar el resultado del ANOVA para todas las fuentes de variación conocidas incluyendo repetición y la interacción entre repetición y labranza. En segundo lugar aparece el resultado de la prueba de hipótesis para el factor labranza, el cual utiliza la interacción BLO*LAB como factor de error para el cálculo del valor de F. Al final la información que nos interesa es la siguiente:

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: REN

SOURCE	DF	ANOVA SS	MEAN SQUARE	FVALUE	PR > F
LAB	2	627390.88	313695.44	5.79	0.0397
MAL	2	578870.05	289435.02	8.43	0.0026
LAB*MAL	4	173331.11	43332.77	1.26	0.3211

Interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos del análisis de varianza muestran que el modelo empleado es significativo ($p=0.005$). El análisis de la interacción (LAB * MAL) es no significativa ($p=0.3211$) por tanto se analizan los factores por separado.

El valor de R cuadrado de 0.76, indica que el 76 por ciento de la variación de los tratamientos es recogida por el modelo estadístico utilizado. El coeficiente de variación (CV) para el factor control de malezas (22.1 por ciento) se encuentra dentro del rango permisible para el tipo de experimento empleado. Hay que recordar que cuando se utilizan diseños de parcelas divididas, existen dos coeficientes de variación, uno para la parcela principal y otro para la sub-parcela. En estos casos se espera que el CV para la sub-parcela sea menor que el CV para la parcela principal. En el presente experimento el cálculo del CV para la parcela principal se realiza de la siguiente forma:

$$CV (a) = ((vCMEa) / Media General) * 100$$

$$CV (a) = ((RAIZ(54146.4)) / 838.11) * 100 = 27.76$$

Para la sub-parcela, el calculo procede de la siguiente forma:

$$CV (b) = ((vCMEb) / Media General) * 100$$

$$CV (b) = ((RAIZ(34330.78)) / 838.11) * 100 = 22.1$$

El valor de la probabilidad del análisis de los tratamientos de labranza es significativo ($p=0.0397$), lo cual indica que existen diferencias estadísticas entre ellos al nivel del 0.05 por ciento. De igual forma el análisis de los tratamientos de control de malezas muestra diferencias entre los niveles utilizados ($p=0.0026$).

Comparaciones de medias

Una vez que hemos interpretado el resultado del análisis de varianza (ANOVA) y hemos determinado que no existe interacción entre factores, pero si diferencias dentro de los factores, el siguiente paso es conocer la magnitud de las diferencias. Un procedimiento que nos permite conocer dichas diferencias son las comparaciones de medias. Para nuestro ejemplo al programa original de SAS, le anexamos la siguiente declaración:

```
MEANS LAB/LSD E=LAB*BLO;
```

```
MEAN MAL /LSD;
```

```
RUN;
```

Esta declaración le indica a SAS que nos realice la comparación utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) (En ingles LSD, Least significant

difference). La misma nos da un valor crítico para la comparación de las medias, el cual sirve como límite para declarar diferencias significativas entre medias de tratamiento. Este procedimiento es recomendado cuando se tienen pocos tratamientos y tiene la ventaja de que compara una media contra otra y no una media con todas las restantes como es el caso de la prueba de Duncan y otras comparaciones múltiples.

Note que SAS realiza el cálculo de error estándar y el cálculo de la diferencia entre las medias de los sistemas de labranza utilizando como término de error el cuadrado medio de la interacción entre labranza y bloque (LAB*BLO) ($df=6$ $MSE=54146.41$). Al no hacer dicha especificación durante la definición del programa, el cálculo se realizaría utilizando el cuadrado medio del error ($df=18$ $MSE=34330.79$), con lo cual se obtendrían conclusiones erradas

La salida de SAS muestra la siguiente información:

Analysis of Variance Procedure

T tests (LSD) for variable: REN

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate not the experimentwise error rate.

Alpha=0.05 $df=6$ $MSE=54146.41$

Critical Value of T=2.45

Least Significant Difference=232.45

Means with the same letter are not significantly different.

T Grouping	Mean	N	LAB
A	1024.3	12	3
B	756.5	12	1
B	733.5	12	2

Analysis of Variance Procedure

T tests (LSD) for variable: REN

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate not the experimentwise error rate.

Alpha=0.05 $df=18$ $MSE=34330.79$

Critical Value of T=2.10

Least Significant Difference=158.92

Means with the same letter are not significantly different.

T Grouping	Mean	N	MAL
A	979.4	12	3
A	863.1	12	2
B	671.8	12	1

La forma correcta de presentar dichos datos sería:

Sistema de Labranza	Rendimiento	Control de malezas	Rendimiento
L. Convencional	1024.3	C. Químico	979.4
L. Mínima	756.5	C. Mecánico	863.1
L. Cero	733.5	Mulching	671.8
DMS	232.5	DMS	158.9

Interpretación de los resultados

El resultado de la prueba de DMS muestra dos categorías en los manejos del suelo. El mejor rendimiento lo presenta labranza convencional, el cual difiere de labranza cero y mínima. Una segunda categoría incluye labranza cero y mínima.

En cuanto a los controles de maleza, se presentan dos categorías estadísticas. Control químico se ubica en la primera categoría y control mecánico y mulching en la segunda. Estos últimos tratamientos no muestran diferencias estadísticas entre ellos.

3.4. Comparaciones entre tratamientos y/o grupos de tratamientos mediante contrastes ortogonales

En ocasiones es necesario la comparación de grupos de tratamientos en lugar de comparaciones múltiples.

Los datos presentados en la Tabla 11.4 corresponden a rendimiento de grano del cultivo de sorgo industrial (*Sorghum bicolor* L. Moench). En el experimento se utilizaron dos sistemas de labranza (labranza convencional y labranza mínima) y cinco tratamientos de control químico de malezas, que incluyen la aplicación de *pendimetalin*, (1 y 6), *pendimetalin* mas *atrazina* (2 y 7), *atrazina*, (3 y 8) *metolachlor* (4 y 9) y testigo enmalezado (5 y 10). De las combinaciones de los factores en estudio resultan diez tratamientos.

Tabla 11.4. Rendimiento de sorgo industrial (kg ha^{-1}) bajo dos sistemas de labranza y cinco alternativas de control químico de malezas

BLO	L Convencional					L Mínima				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	2388	2724	2202	1498	2778	1698	1634	2751	1580	1144
II	2992	1898	2138	1357	1185	2329	2216	1267	1548	1144
III	2338	2946	1521	1144	1843	1943	2020	1725	1516	1026
IV	2783	2937	2220	2574	1562	1807	2211	1158	1671	1267

Juárez, (1997).

El total de combinaciones posibles en este caso son nueve (T-1).

En el ejemplo citado anteriormente sería interesante conocer las siguientes comparaciones:

1. Labranza convencional contra labranza mínima
2. Herbicida *pendimetalin* contra herbicida *metolachlor* en labranza convencional
3. Herbicida *metolachlor* contra el tratamiento testigo
4. Tratamientos con herbicidas contra tratamientos sin control de malezas
5. Herbicidas *pendimetalin* contra herbicida *metolachlor*
6. Herbicidas *pendimetalin* contra herbicida *atrazina*
7. Herbicida *atrazina* contra *metolachlor*
8. Herbicida *atrazina* en labranza convencional contra herbicida *atrazina* en labranza mínima.

Para el análisis, se deben asignar coeficientes a los tratamientos a comparar. La suma de dichos coeficientes debe ser cero, esta es la propiedad de ortogonalidad.

Los coeficientes deben ser asignados según el orden de los tratamientos y el peso que debe tener cada uno de ellos, e.g., el primer contraste corresponde a labranza convencional (T 1, 2, 3, 4 y 5) contra labranza mínima (T 6, 7, 8, 9 y 10), los coeficientes serían 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, -1. Cuando se compara un tratamiento contra dos tratamientos, se le da doble peso al tratamiento individual y sencillo a los apareados.

El programa a correr en SAS para la ejecución del análisis sería:

```
DATA;  
INPUT TRABLO REN;  
CARDS;  
1 1 2388  
1 2 2992  
...  
...  
104 1267  
PROC GLM;  
CLASS TRABLO;  
MODEL REN=TRABLO;  
CONTRAST '(L CERO) Vs. (L MINIMA)' TRA 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1;  
CONTRAST '(1) Vs. (4)' TRA 1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0;  
CONTRAST '(4,9) Vs. (5,10)' TRA 1 0 0 1 0 -1 0 0 -1 0;  
CONTRAST '(1,2,3,4,6,7,8,9) Vs. (5,10)' TRA 1 1 1 1 -4 1 1 1 1 -4;  
CONTRAST '(1,6) Vs. (4,9)' TRA 1 0 0 -1 0 1 0 0 -1 0;  
CONTRAST '(1,6) Vs. (2,7)' TRA 1 -1 0 0 0 1 -1 0 0 0;  
CONTRAST '(2,7) Vs. (4,9)' TRA 0 1 0 -1 0 0 1 0 -1 0;  
CONTRAST '(3) Vs. (8)' TRA 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0;  
RUN;  
QUIT;
```

Para el análisis de los contrastes ortogonales se usa la instrucción CONTRAST en el PROC GLM de SAS. La salida de la ejecución es la siguiente:

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: REN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	7923101.1	660258.4	3.21	0.0057
Error	27	5551608.2	205615.1		
Corrected Total	39	13474709.3			

R-Square	C.V.	Root MSE	REN Mean
0.59	23.65	453.4	1917.1

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRA	9	7416779.7	824086.6	4.01	0.0024
BLO	3	506321.4	168773.8	0.82	0.4938

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
LCERO Vs. LMINIMA	1	2197312.5	2197312.5	10.69	0.0029
(1) Vs (4)	1	1927764.3	1927764.3	9.38	0.0049
(4,9) Vs. (5,10)	1	55199.2	55199.2	0.27	0.6086
(1,2,3,4,6,7,8,9) Vs (5,10)	1	1793255.7	1793255.7	8.72	0.0064
(1,6) Vs. (4,9)	1	1815069.1	1815069.1	8.83	0.0062
(1,6) Vs. (2,7)	1	5956.8	5956.8	0.03	0.8661
(2,7) Vs. (4,9)	1	2028986.6	2028986.6	9.87	0.0041
(3) Vs. (8)	1	174168.0	174168.0	0.85	0.3655

Interpretación de los resultados

Al analizar la salida de SAS encontramos que existen diferencias entre labranza convencional y labranza mínima ($p=0.0029$), de igual forma existen diferencias en la respuesta de los herbicidas *pendimetalin* y *metolachlor*. Su eficacia depende del sistema de labranza que se utilice. Existen diferencias entre la aplicación de *atrazina* y *metolachlor*. No son significativos los contrastes que incluyen *pendimetalin* y *pendimetalin* mas *atrazina* y *metolachlor* contra el tratamiento testigo.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Clark, G. M. 1994. Statistics and Experimental Design. An Introduction for Biologist and Biochemist. Edward Arnold. London. 208 p.
- Jiménez, A. J. M. 1996. Efecto de labranzas y métodos de control de malezas sobre la dinámica de las malezas y el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Postrera, 1994. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Juárez, Y. 1997. Labranza y manejo químico de malezas. Efecto sobre las malezas y el rendimiento del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Pedroza, P. H. 1994. Instructivo de SAS para Datos Provenientes de Experimentos Agrícolas. Curso de post-grado. UNI. Managua, Nicaragua. 66 p.
- Pedroza, P. H. & D. Salazar. 1997. Sistema de Análisis Estadístico con Enfoque de Investigación en Finca. UNA. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 247 p.
- Petersen, R. G. 1994. Agricultural Field Experiments. Design and Analysis. Oregon State University. Corvallis, Oregon. Marcel Dekker, Inc. U.S.A. 403 p.
- Reyes, C. P. 1990. Diseño de Experimentos Aplicados. Editorial Trillas. Tercera edición. México. 348 p.
- Zolman J. F. 1993. Biostatistics. Experimental Design and Statistical Inference. Oxford University Press. New York. 33 p.

CAPITULO XII

VALORACION ECONOMICA EN EXPERIMENTACION AGRICOLA

1. Introducción

Los resultados agronómicos que se obtienen de experimentos de campo deben ser sometidos a análisis económico. El propósito es determinar la rentabilidad de los tratamientos en comparación con la práctica común de los productores, o simplemente determinar el tratamiento con mejor retorno económico. Todo tratamiento recomendado en la producción debe ajustarse a los objetivos y circunstancias de los productores.

El análisis económico es una actividad que se realiza posterior al análisis estadístico e interpretación de los datos de nuestro experimento. El análisis estadístico nos indicará si los tratamientos tienen sentido desde el punto de vista agronómico y si existen diferencias entre ellos. Si el análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos, se puede recomendar el tratamiento de menor costo. Por otro lado, no hay que olvidar que un tratamiento puede tener un buen comportamiento desde el punto de vista estadístico, pero puede no ser viable desde el punto de vista económico.

El análisis económico de experimentos factoriales considera los factores que tienen respuesta o que participan en interacción. Cuando se realiza este tipo de análisis algún factor de los involucrados en el estudio puede quedar excluido. Si se tiene un experimento bifactorial con tres niveles de un factor y tres niveles del otro factor, el análisis podría ser realizado a los tres tratamientos de un factor si las diferencias entre estos son significativas. Por el contrario, si existe interacción entre factores, el análisis se realizaría a nueve tratamientos, que es el resultado de la combinación entre factores.

El análisis económico puede realizarse utilizando el presupuesto total, que incluye el total de los costos de producción (costos variables y fijos). Sin embargo, existe otro procedimiento utilizado para el análisis económico de experi-

mentos de campo, el cual se basa en el presupuesto parcial (CIMMYT, 1988). El análisis de presupuesto parcial toma en consideración las consecuencias del cambio en las prácticas que normalmente desarrolla el productor, y que afectan únicamente parte del sistema de cultivo. Toma en cuenta aquellos insumos que tienen alta correlación con los rendimientos.

2. Objetivos del análisis económico en experimentación agrícola

El objetivo del análisis económico es determinar la rentabilidad de tratamientos alternativos a la práctica común del productor. De lo anterior surgen los siguientes objetivos específicos:

- Derivar recomendaciones que sean consistentes con los recursos que posee el productor, para incrementar el ingreso esperado, disminuir riesgos y hacer el mejor uso posible de su escasa reserva de inversión.
- Comparar los resultados económicos de un determinado tratamiento de control de malezas con un tratamiento patrón establecido. El tratamiento patrón puede ser, un insumo de uso común entre los productores, una práctica de uso común en la agricultura, e.g., control manual y/o mecánico, o la no-utilización de algún tratamiento, como en casos donde no se tiene la solución adecuada para el problema de las malezas.

3. Análisis económico basado en presupuesto total

3.1. Estimación de costos y beneficios

Cuando se aplica el análisis de presupuesto total, es de utilidad definir de manera precisa los elementos que entran en los cálculos del presupuesto. Asumiendo que el productor es dueño de la tierra, los elementos relevantes son los siguientes:

Costos fijos. Los costos fijos son iguales para todos los tratamientos, incluyen los costos de limpia del terreno, preparación del suelo (grada, arado, surcado), fertilización, semilla, control de plagas y enfermedades, etc.

Costos variables. Son los costos por unidad de área relacionados con los insumos comprados, labores mecánicas, maquinaria, etc., que varían de un tratamiento a otro. Para el caso de tratamientos de control de malezas, los costos pueden ser: precio de los herbicidas, costo de las labores mecánicas, etc. Los costos variables incluyen los costos de cosecha y beneficio, los cuales varían, ya que se calculan sobre la base del rendimiento obtenido por cada tratamiento.

Costo total. Incluye la suma de los costos fijos y los costos variables.

Rendimiento bruto. La producción de cada uno de los tratamientos por unidad de área.

Rendimiento ajustado. Es el rendimiento bruto reducido en un determinado porcentaje, con el propósito de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que podría ser obtenido por el productor con ese mismo tratamiento.

Precio del producto. Es su relación de cambio por dinero, es el número de unidades monetarias que se necesitan para obtener a cambio una unidad de producto.

Beneficio bruto. El rendimiento ajustado de cada uno de los tratamientos, por el precio unitario del producto en el mercado.

Beneficio neto. Es la diferencia entre el ingreso bruto total y los costos totales de producción.

Rentabilidad. La rentabilidad de cada tratamiento es la relación de la ganancia por cada córdoba invertido. Es el resultado de dividir los beneficios netos por los costos totales de producción y multiplicarlo por cien (porcentaje).

Punto de equilibrio. Es el punto límite donde los costos de producción son iguales a los ingresos. El punto de equilibrio puede expresarse de dos maneras: punto de equilibrio en unidades físicas y punto de equilibrio en unidades monetarias.

Punto de equilibrio en unidades físicas. Muestra las unidades físicas que se deben producir en cada uno de los tratamientos para recuperar lo invertido.

Punto de equilibrio en unidades monetarias. Es el monto al cual se debe vender el producto de acuerdo al rendimiento obtenido para no perder ni ganar.

3.2. Ejecución del análisis

En la Tabla 12.1 se presentan los datos de presupuesto total (en córdobas) de las labores implementadas en un experimento de control de malezas que incluye tres tratamientos. Los costos totales, rendimiento, beneficio bruto, beneficio neto y rentabilidad para los controles de malezas utilizados, se presentan en la Tabla 12.2. El objetivo del presente análisis es determinar cual de los métodos de control de malezas es más rentable.

Los valores que representan los costos de preparación del suelo y manejo agronómico del total de costos, son iguales para los tres controles de malezas.

Los costos varían según el costo de cosecha y los costos de control de malezas.

Los costos de cosecha son superiores en el control pre-emergente más cobertura. En éste tratamiento se obtuvo el mayor rendimiento. En el caso de los controles de malezas, el mayor porcentaje de costos totales lo obtuvo el control pre-emergente más post-emergente (25.6 por ciento). En cambio, para pre-emergente más cobertura los costos totales significaron 15.7 por ciento y para pre-emergente más chapia el 15.0 por ciento.

Los costos de producción son similares en los tres controles de malezas. La diferencia observada se enmarca principalmente en el manejo de malezas practicado en el pre-emergente más post-emergente, el cual implicó la utilización de tres productos herbicidas.

Tabla 12.1. Presupuesto total en córdobas de la siembra de una hectárea de frijol, para cada una de las alternativas de control de malezas. La Compañía, 1996.

Actividades	Pre-emergente post-emergente	Pre-emergente mas cobertura	Pre-emergente mas chapia
Costos fijos			
Preparación del suelo y siembra	340.8	340.8	340.8
Manejo agronómico	644.7	644.7	644.7
Sub-total	985.5	985.5	985.5
Costos variables			
Control de malezas	431.7	247.1	218.7
Aporreo	178.1	224.6	172.0
Transporte	89.0	112.3	86.0
Sub-total	698.8	578.1	476.6
Costos totales	1684.3	1569.5	1462.1

(Jiménez, 1996).

El rendimiento obtenido fue superior en pre-emergente más cobertura, lo cual permitió obtener mayor beneficio neto y mayor rentabilidad. La segunda mejor rentabilidad la presentó pre-emergente más chapia.

El punto de equilibrio en unidades físicas fue de 765.6, 713.4 y 664.6 kg ha⁻¹, para los controles pre-emergente más post-emergente, pre-emergente más cobertura y pre-emergente más chapia, respectivamente. El punto de equilibrio en unidades monetarias fue de 2.08, 1.54, 1.87 córdobas por kilogramo producido, para pre-emergente más post-emergente, pre-emergente más cobertura y pre-emergente más chapia, respectivamente (Tabla 12.2).

Tabla 12.2. Análisis económico de controles de maleza en cultivo de frijol común. Presupuesto total de la siembra de una hectárea de frijol (C\$). La Compañía, 1996

Actividades	Pre-emergente post-emergente	Pre-emergente mas cobertura	Pre-emergente mas chapia
Costos totales	1684.3	1569.5	1462.1
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	808.4	1019.9	780.7
Precio del producto (C\$ kg ⁻¹)	2.2	2.2	2.2
beneficio bruto (C\$)	1778.5	2243.8	1717.5
beneficio neto (C\$)	94.2	674.3	255.4
Rentabilidad (por ciento)	5.6	43.0	17.5
Punto equilibrio físico (kg ha ⁻¹)	765.6	713.4	664.6
Punto equilibrio monetario (C\$ kg ⁻¹)	2.08	1.54	1.87

(Jiménez, 1996).

4. Análisis económico basado en presupuesto parcial

El presupuesto parcial es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos evaluados. En el análisis se utilizan únicamente los costos que varían de un tratamiento a otro. Estos, según CIMMYT (1988), son los costos por hectárea relacionados con los insumos comprados, mano de obra, maquinaria utilizada, que varían de un tratamiento a otro.

El análisis de presupuesto parcial considera de mayor importancia las diferencias entre dos o más tratamientos que los valores absolutos de éstos.

El análisis de presupuesto parcial demanda menor cantidad de datos que el presupuesto total, por tanto resulta más simple para el análisis económico de

los experimentos de campo. Los costos que no varían entre tratamientos no afectan el cálculo del análisis.

El análisis se genera a partir de datos de rendimiento o producción de un cultivo, en el cual se han utilizado gastos de inversión provenientes de tratamientos utilizados en el experimento.

Los costos de producción generalmente varían por el uso de productos herbicidas, labores manuales de control de malezas, utilización de maquinaria para el control de las malezas, etc. También se incluyen los costos de oportunidad que ejecuta el agricultor en su cultivo, y que son aquellos referidos a las labores de cosecha y beneficio del grano. Estos costos varían entre tratamientos debido a la obtención de diferentes rendimientos en éstos.

4.1. Parámetros utilizados en el análisis de presupuesto parcial

Para lograr el éxito deseado, el análisis económico basado en presupuesto parcial debe guiar hacia recomendaciones que sean aceptadas por los productores. Esto implica dos cosas: primero, los datos usados en el análisis deben ser representativos, deben representar las condiciones concretas de producción del productor.

Segundo, el procedimiento usado en el análisis de datos debe ser consistente con las metas de los productores y con los factores que influyen su habilidad de lograr dichas metas (particularmente su situación en cuanto a recursos se refiere).

Los parámetros utilizados para elaborar el presupuesto parcial incluyen:

Costos de campo (costos variables). Es la suma de costos de campo de todos los insumos que implican las alternativas evaluadas. Tales costos variables se refieren a costos de las alternativas de control de malezas evaluadas.

Rendimiento bruto de campo. Es el rendimiento en kilogramos por hectárea, obtenido en cada uno de los tratamientos

Rendimiento neto (Rendimientos ajustados). Es la producción del cultivo por hectárea menos las pérdidas durante la cosecha, transporte y beneficio del grano. Lo anterior puede ser calculado sobre la base del rendimiento de cada una de las alternativas estudiadas, sin embargo se acepta restar el diez por ciento al rendimiento de campo.

Precio de la producción. Es el precio del producto cosechado en el mercado al momento de la cosecha.

Beneficios gruesos de campo. Es el rendimiento neto, multiplicado por el precio del producto cosechado.

Beneficios netos. Los beneficios netos de cada tratamiento, se obtienen restando el total de los costos que varían de los beneficios brutos de campo.

4.2. Ejemplo de análisis económico utilizando presupuesto parcial

A continuación se presenta un ejemplo de análisis económico utilizando la metodología de presupuesto parcial. Los datos corresponden a promedios de rendimiento obtenidos en experimentos de control de malezas. Los factores en estudio fueron: sistemas de labranza: labranza cero (LCE); labranza mínima (LMI) y labranza convencional (LCO) y métodos de control de malezas: control cultural (CCUL); control mecánico (CMEC) y control químico (CQUI) (Moreno y Rodríguez, 1998).

Para los tratamientos evaluados se realizó análisis económico utilizando la metodología del presupuesto parcial. El propósito del análisis es obtener los costos y beneficios de cada uno de los tratamientos en estudio. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 12.3. Los promedios de rendimientos de las alternativas estudiadas son presentados en la Figura 12.1. En vista de que el análisis de varianza indicó interacción entre factores, se presentan las medias de los tratamientos cruzados.

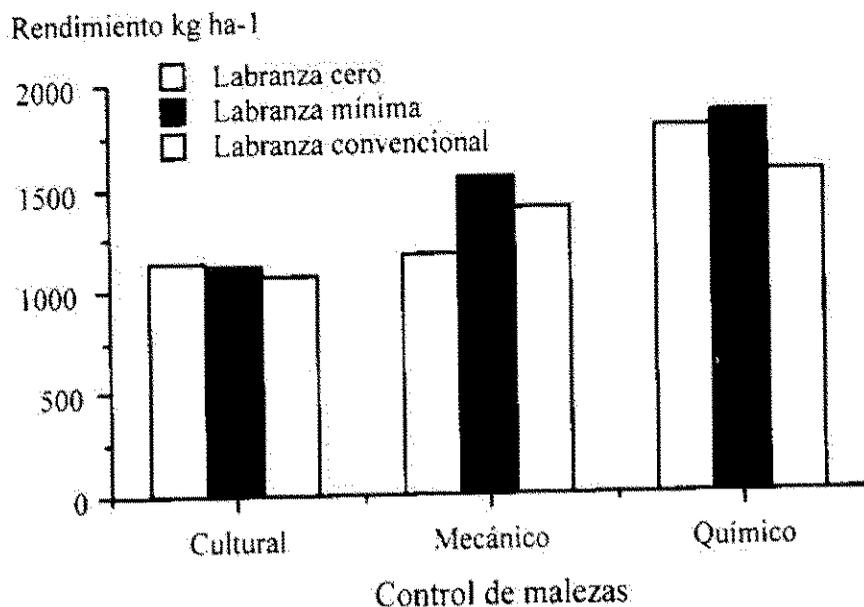


Figura 12.1. Rendimientos de frijol común (kg ha⁻¹) de cada uno de las combinaciones de los factores en estudio (sistema de labranza y control de malezas). La Compañía, 1998 (Moreno y Rodríguez, 1998).

La Tabla 12.3, muestra en la parte superior los niveles del factor sistema de labranza y los niveles del factor control de malezas. Luego se presentan los costos que varían con respecto a la preparación del suelo y los métodos de control de malezas. Todos ellos en su conjunto constituyen los costos variables. En la parte inferior de la Tabla puede observarse el rendimiento de campo (kg ha^{-1}), los rendimientos ajustados y el beneficio bruto y neto de cada una de las alternativas.

Los valores de costos reflejan las prácticas que implican cada una de las alternativas en estudio (sistema de labranza y control de malezas) así como los costos de aplicación. A los rendimientos de campo se les restó el diez por ciento del valor total para cubrir costos de cosecha, aporreo y transporte de producto.

En la práctica las labores de cosecha, aporreo y transporte del producto cosechado son costos que varían de un tratamiento a otro, ya que son proporcionales al rendimiento. En la medida que un tratamiento rinde más, mayor es el costo de recolección y transporte. Es recomendable por tanto estimar el costo de cada uno de los tratamientos e incluirlo en el análisis.

Los beneficios netos expresados en la Tabla 12.3 completan el análisis de presupuesto parcial de los tratamientos en estudio. Los datos del experimento muestran que el mayor beneficio neto lo obtuvo labranza mínima y control químico (C\$ 9528 ha^{-1}). Esta combinación de tratamientos presentó los mayores rendimientos de grano. El segundo mayor beneficio neto lo presentó labranza cero y control químico (C\$ 9215 ha^{-1}). El menor beneficio neto lo obtuvo labranza convencional y control cultural (C\$ 5089 ha^{-1}). En esta etapa del análisis pudiéramos sugerir usar el tratamiento de control químico y labranza mínima como una recomendación general. Sin embargo, esto sería una decisión apresurada ya que es necesario un análisis posterior para poder decidir el tratamiento más conveniente.

4.3. Análisis marginal de los beneficios netos

Análisis de dominancia

Se basa en el análisis del presupuesto parcial. Considera los costos variables de cada tratamiento y si los costos variables de un tratamiento están por debajo de los costos totales de producción, se considera como tratamiento dominado.

Tabla 12.3 Presupuesto parcial del experimento, producción de frijol común, bajo tres tipos de labranzas y tres métodos de control de malezas. Experimento de labranza y control de malezas. La Compañía, postrera, 1997

	Labranza cero			Labranza mínima			Labranza convencional		
	CUL	MEC	QUI	CUL	MEC	QUI	CUL	MEC	QUI
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	1143	1173	1775	1121	1534	1842	1064	1389	1565
Ajuste 10 por ciento	114	117	178	112	153	184	106	139	157
Rendimiento ajustado	1029	1056	1598	1009	1381	1658	958	1250	1409
Beneficio bruto	6788	6966	10544	6661	9113	10944	6322	8248	9297
Costo de transporte (C\$)	68	70	105	67	91	109	63	82	93
Costo de cosecha (C\$)	226	232	351	222	304	365	211	275	310
Preparación de suelo	220	220	220	290	290	290	500	500	500
Control cultural	459			459			459		
Control mecánico		542			542			542	
Control químico			652			652			652
Total de CV (C\$)	973	1064	1329	1038	1227	1416	1233	1400	1555
Beneficio Neto (C\$)	5815	5902	9215	5623	7886	9528	5089	6849	7742

Precio del producto al momento de la cosecha (C\$ 6.6 kg⁻¹)
 QUI = Control químico, CUL = Control cultural
 MEC = Control mecánico, CV = Costos variables.

El análisis de dominancia se efectúa ordenando los tratamientos de menores a mayores costos totales que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales y costos variables mayores que cualquier otro tratamiento (CIMMYT, 1988). Bajo circunstancias normales no se espera que un productor escoja un tratamiento dominado.

El resultado del análisis de dominancia de los tratamientos en el estudio de sistemas de labranza y control de malezas se presentan en la Tabla 12.4. Se puede observar que de los nueve tratamientos evaluados, cuatro resultaron dominados. En la práctica difícilmente se podrá optar por estos tratamientos debido a que tienen costos variables mayores y beneficios netos menores en comparación a los tratamientos que les anteceden en el ordenamiento para el análisis. Estos tratamientos serán excluidos en el análisis marginal dado que si son considerados se obtendría una tasa de retorno marginal negativa.

Tabla 12.4. Análisis de dominancia de los tratamientos estudiados en experimento de control de malezas y fertilización (córdoba ha¹)

Tratamiento	Total de costos que varían (C\$ ha ⁻¹)	beneficios	Dominancia netos (C\$ ha ⁻¹)
LCE y Control cultural	973	5815	ND
LMI y Control cultural	1038	5623	D
LCE y Control mecánico	1064	5902	ND
LMI y Control mecánico	1227	7886	ND
LCO y Control cultural	1233	5089	D
LCE y Control químico	1329	9215	ND
LCO y Control mecánico	1400	6849	D
LMI y Control químico	1416	9528	ND
LCO y Control químico	1555	7742	D

LCE: Labranza cero, ND: No dominado

LCO: Labranza convencional, D: Dominado

LMI: Labranza mínima

(Fuente: Moreno & Rodríguez, 1998).

La curva de beneficios netos

El presupuesto parcial generado a partir del análisis de beneficio-costos puede ser evaluado gráficamente por medio de la curva de beneficios netos (Figura 12.2). Esta curva muestra la relación entre los costos variables de las alternativas utilizadas y los beneficios netos obtenidos en cada una de ellas. La curva de beneficio neto se construye a partir de ubicar cada una de las alternativas bajo consideración de acuerdo a sus beneficios netos y costos variables, luego construir una figura que incluya los tratamientos no dominados. En la Figura 12.2, se muestran los tratamientos no dominados en el experimento de sistemas de labranza y métodos de control de malezas.

En la Figura 12.2 se observa que los puntos que representan los tratamientos no dominados se unen con una línea. Los tratamientos dominados se han incluido, pudiéndose observar que se ubican por debajo de la curva de los beneficios netos.

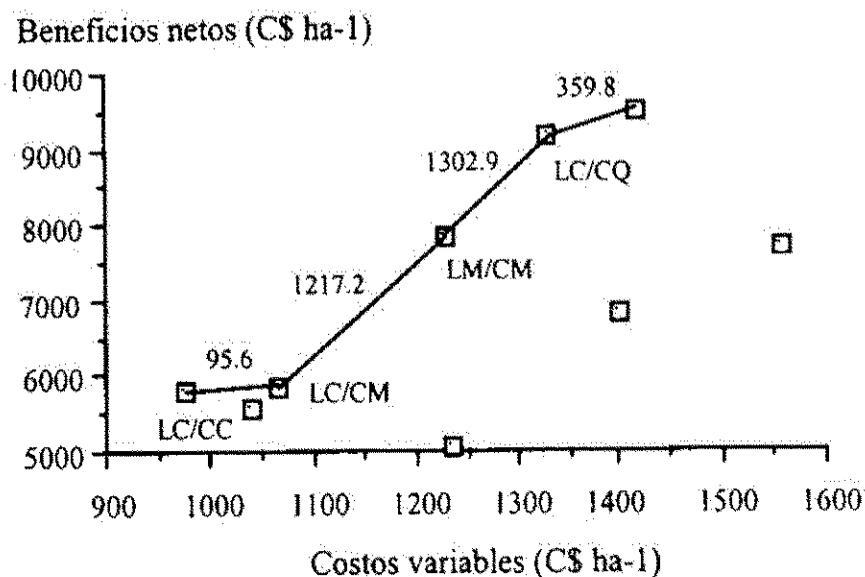


Figura 12.2. Curva de beneficios netos. Experimento de sistemas de labranza y métodos de control de malezas (Moreno y Rodríguez, 1998).

El análisis marginal puede ser aplicado a la curva de beneficios netos (para tratamientos no dominados) con el propósito de valorar como los beneficios netos de la inversión cambian cuando la cantidad invertida se incrementa. Los beneficios netos marginales son el aspecto de significancia, *i.e.*, el incremento del beneficio neto obtenido como resultado de un incremento dado de una unidad adicional de inversión.

No es necesario construir la curva de beneficios netos para determinar cuales son las alternativas no dominadas. Esto puede ser realizado directamente —como se muestra en la Tabla 12.4— por medio del listado de las alternativas en orden de los beneficios netos y luego eliminado las alternativas dominadas por medio de la inspección realizada en los resultados (cualquier alternativa que tenga un costo variable igual a o mayor que cualquier otra alternativa por encima de ella en rendimiento es dominada).

De esta forma se obtienen las cinco alternativas no dominadas de la Tabla 12.5, las cuales son las mismas detectadas en la curva de beneficio neto de la Figura 12.2.

La tasa de retorno marginal (T.R.M.)

El análisis marginal es un método o procedimiento por medio del cual se calculan las tasas de retorno marginal entre los tratamientos no dominados (comenzando con el tratamiento de menor costo y procediendo paso a paso a

los que le siguen en escala ascendente). Las tasas de retorno marginal se comparan con las tasas de retorno mínima aceptables para el agricultor. Este tipo de análisis ayuda a formular recomendaciones y seleccionar los tratamientos de ensayos posteriores (CIMMYT, 1988).

En el análisis marginal, a los tratamientos no dominados se les estima la tasa de retorno marginal (T.R.M), la cual nos indica el promedio de ganancia que se espera cuando se decide cambiar una práctica por otra.

Para obtener la T.R.M, se ordenan los tratamientos no dominados de forma ascendente, colocando los beneficios netos de menor a mayor con sus respectivos costos variables. El beneficio neto marginal se obtiene al restar el menor beneficio neto a su inmediato superior, lo mismo para el incremento en los costos variables marginales.

La T.R.M, resulta de dividir el incremento marginal de los beneficios netos entre el incremento marginal de los costos variables, multiplicando el cociente por cien. El producto pasa de un tratamiento (mayor beneficio y menor costo) a otro (menor beneficio y mayor costo), y es la cantidad de dinero que se tiene que invertir y el beneficio que resulta de esa inversión.

En el ejemplo anterior a los tratamientos no dominados se les realizó un análisis de retorno marginal. La Tabla 12.5 muestra los beneficios netos marginales, costos marginales y tasa de retorno marginal para cada una de las alternativas no dominadas.

El beneficio neto marginal del tratamiento labranza cero con control cultural es: $5902 - 5815 = 87$. La tasa de retorno marginal de invertir 91 córdobas para la utilización de control mecánico en labranza cero 95.6 por ciento. Es decir que por cada córdoba invertido por utilizar control mecánico en LCE se recupera dicho córdoba y además 0.95 córdobas adicionales. Es de hacer notar que este tratamiento presenta la tasa de retorno marginal más baja.

El incremento de pasar del tratamiento labranza cero con control cultural a labranza cero y control mecánico se determina de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{TRM} &= (\text{Beneficio neto marginal} / \text{costo variable marginal}) * 100 \\ &= \frac{(5902 - 5815)}{(1064 - 973)} * 100 \end{aligned}$$

$$= \frac{(87)}{(91)} * 100$$

= 95.6 por ciento

El segundo valor se obtiene al pasar de labranza cero y control mecánico a labranza mínima y control mecánico. El beneficio neto marginal de labranza mínima y control mecánico sería $7886 - 5902 = 1984$. La tasa marginal de retorno para un incremento dado en costos es el beneficio neto marginal dividido por el costo marginal expresado en porcentaje (1217.2 por ciento). La tasa de retorno marginal se calcula de la siguiente forma:

$$\text{TRM} = \text{Beneficio neto marginal} / \text{costo variable marginal} * 100$$

$$= \frac{(7886-5902)}{(1227-1064)} * 100$$

$$= \frac{(1984)}{(163)} * 100$$

=1217.2 por ciento

Considerando el listado de las tasas de retorno marginal, los productores no quisieran hacer ninguna inversión a pesar del retorno de al menos 50 por ciento por estación, es obvio que el productor generalmente tendría voluntad de invertir 102 córdobas por labranza cero y control químico, con tasa de retorno marginal de 1302.9 por ciento, muy superior al 100 por ciento requerido para estos casos.

En este caso el tratamiento más aceptable es labranza cero y control químico, el cual presenta bajo costo marginal con uno de los mejores beneficios netos y una tasa de retorno de 1302.9 por ciento (Tabla 12.5). El incremento en el beneficio neto marginal es mínimo si se le compara con los tratamientos que le anteceden, cuando se invierten 87 córdobas en labranza mínima y control químico se obtiene una T.R.M de 357.8 por ciento.

Tabla 12.5. Análisis marginal de los tratamientos evaluados en el experimento de sistemas de labranza y métodos de control de malezas (córdobas ha⁻¹) (Moreno y Rodríguez, 1998)

Tratamientos	Costos variables (C\$ ha ⁻¹)	Beneficios netos (C\$ ha ⁻¹)	Costos variables marginales (C\$ ha ⁻¹)	Beneficios netos marginales (C\$ ha ⁻¹)	Tasa de retorno marginal (por ciento)
LCE y control cultural	973	5815			
LCE y control mecánico	1064	5902	91	87	95.6
LMI y control mecánico	1227	7886	163	1984	1217.2
LCE y control químico	1329	9215	102	1329	1302.9
LMI y control químico	1416	9528	87	313	359.8

LCE: Labranza cero, C\$ ha⁻¹ = córdobas por hectáreas

LMI: Labranza mínima

LCO: Labranza convencional

(Moreno & Rodríguez, 1998).

Tasa de retorno mínima

Para recomendaciones generales, se necesita trabajar sobre la base de una tasa de retorno mínima, la cual debe ser aceptada por los productores. No existen bases claras para la selección una tasa de retorno mínima. Una regla comúnmente aplicada es que la tasa de retorno para los productores, considerando su capital de trabajo en una estación de siembra debe ser al menor de 100 por ciento.

5. Análisis de varianza de los beneficios netos

Los beneficios netos de cada una de las observaciones evaluadas en el experimento pueden ser sometidas a análisis de varianza. Para ello, se calculan los costos totales de producción de cada una de las observaciones (costos variables y costos fijos) y los beneficios de campo (el rendimiento multiplicado por el precio del producto cosechado). Los beneficios netos de cada observación se obtiene al restar los beneficios brutos menos el total de costos. Para el

análisis se mantiene la estructura utilizada en el establecimiento del experimento.

A continuación se presenta un ejemplo de análisis de varianza de los beneficios netos. En el experimento se evaluaron tres sistemas de labranza y tres métodos de control de malezas (Jiménez, 1996). El análisis estadístico reveló que los valores promedios de beneficio neto difieren entre sistemas de labranzas y entre métodos de control de malezas. Sin embargo, la interacción entre dichos factores fue significativa, por tanto el resultado que se plasma es el producto de la interacción.

Los beneficios netos varían entre los sistemas de labranza. Los menores beneficios netos se obtuvieron en labranza convencional cuando se utilizó control mecánico y químico de malezas y en labranza cero cuando se utilizó mulching para el control de las malezas. El mayor beneficio neto se obtuvo con labranza mínima, independientemente del control de malezas empleado (Tabla 12.6).

En general, la producción de frijol común fue rentable bajo los tres sistemas de labranza y los tres métodos de control de malezas. Hay que enfatizar que dichos resultados pueden variar de un año a otro debido a fluctuaciones en los precios del producto en el mercado y a fenómenos naturales que pueden afectar la producción de los cultivos (exceso de lluvia, sequía, etc.).

Tabla 12.6. Beneficio neto de la producción de frijol común (USD) influenciado por métodos de control de malezas y sistemas de labranza

Sistemas de labranza	Mulch	Mecánico	Químico	DMS
Cero labranza	395.9	512.1	545.0	*
Labranza mínima	465.5	648.5	771.0	*
Labranza convencional	435.9	422.4	376.9	NS
DMS	NS	*	**	

El valor de DMS para comparar los beneficios netos de los sistemas de labranza con uno o diferentes niveles de control de malezas es USD 134.10 al nivel del 5 por ciento y USD 374.97 al nivel del 1 por ciento.

Gran parte del presente capítulo fue elaborado tomando como referencia el trabajo del CIMMYT (1988), titulado: La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica.

6. Bibliografía

- Auld, B. A.; K. M. Mennz and C.A. Tisdell. 1987. Weed control economics. Academic Press. London. 176 p.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Programa de Economía. México D.F., México. 79 p.
- Jiménez, J. M. 1996. Efecto de labranzas y métodos de control de malezas sobre la dinámica de las malezas y el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) postrera, 1994. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Moreno, T. L & N. Rodríguez. 1998. Efecto de sistemas de labranza y métodos de control de malezas sobre la dinámica de las malezas y crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Salmerón, O. 1996. Comportamiento de la cenosis, crecimiento y rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo cobertura muerta al suelo (mulch) y fertilización. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.

CAPITULO XIII

GUIA PARA LA ESCRITURA DEL INFORME DE INVESTIGACION

1. Introducción

Este capítulo es un complemento al presente manual. Esta dirigido a los investigadores que inician la escritura de sus artículos científicos. Las recomendaciones que recoge son de orden general, por tanto, puede ser de interés para cualquier científico que realice investigación agronómica y se inicia en la tarea de escribir. El contenido esta principalmente enfocado para servir de apoyo a estudiantes que están desarrollando su trabajo de tesis, y tienen dificultad para encontrar literatura especializada sobre el tema.

Las recomendaciones que se incluyen en el manual no pretenden ser una camisa de fuerza para los investigadores, más bien se presentan alternativas de forma para la escritura de los artículos científicos y tesis de grado. Hay que recordar que muchas veces tendremos que seguir normativas establecidas por las revistas científicas y por las universidades, que definen la forma de presentar el informe de nuestra investigación.

2. Importancia de la escritura del artículo científico

La tarea del investigador en las ciencias agronómicas ó en cualquier otra ciencia, no termina cuando finaliza la fase de campo de su experimento. El trabajo realmente estará concluido cuando otros investigadores puedan hacer uso de los resultados y de los métodos empleados en la investigación. La tarea de escribir es parte integral del proceso de investigación.

El artículo científico es una publicación escrita que los investigadores presentan a la comunidad científica, mas específicamente a los científicos relacionados a su disciplina. El artículo puede ser publicado en revistas científicas, en informes de investigación o en documentos de tesis.

El objetivo principal del artículo científico es diseminar los resultados de la investigación a otros científicos. La publicación de artículos científicos constituye un signo de orgullo para los investigadores. El investigador siente satisfacción de ver publicado el fruto de su esfuerzo, gana prestigio, se da a conocer ante la comunidad científica y por medio de publicaciones se pueden recibir reconocimientos que aumentan su renombre.

La preparación, juzgamiento y defensa oral exitosa de la tesis de grado de parte de los estudiantes, es un importante acontecimiento en la carrera del educando. La tesis marca no solamente el último paso en la obtención de un grado académico, sino que también es la evidencia de ser capaces de desarrollar una investigación de forma independiente.

Para permitir que nuestros resultados sean utilizados por otros investigadores, es necesario publicar el informe de la investigación. Muchos investigadores se conforman con obtener resultados y luego guardarlos en lugares donde no tienen acceso otros investigadores o extensionistas interesados en el tema, haciendo inútil el esfuerzo, tiempo y el dinero empleado en realizar la parte de campo.

La escritura de tesis no es una tarea fácil, es una tarea que demanda dedicación y perseverancia. Muchos estudiantes en las universidades se les hace muy fácil la fase de campo, pero nunca inician o culminan la escritura de su trabajo de investigación.

La escritura del artículo científico debe tener un ordenamiento lógico. Las partes que lo componen son: título, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, recomendaciones, resumen y referencias bibliográficas. Otros acápites que se incluyen en las tesis de grado son: palabras claves, índice de contenido, índice de tablas y figuras, notas de pie de página, dedicatoria, agradecimientos y anexos (si los hubiera).

3. Partes que componen el artículo científico

3.1. Título

El título de cualquier documento debe ser un breve resumen del documento en sí, por lo tanto es recomendable posponer la escogencia definitiva del título hasta que la investigación haya alcanzado un estado avanzado de desarrollo, o bien finalizado su etapa de campo. El título puede variar del que el autor haya anticipado en el anteproyecto de la investigación.

El título debe describir con precisión el contenido del artículo, pero a la vez debe ser lo más corto posible, usualmente se recomiendan catorce palabras como máximo. Si lo anterior resulta difícil se puede dividir el título en dos partes, dando un título principal corto y un subtítulo.

e.g.,

En vez de:

“Estudio de la influencia de manejo de suelo y métodos de control de malezas sobre el comportamiento de las malezas”.

Utilizar:

“Comportamiento de las malezas: Influencia de manejo de suelo y métodos de control”.

En ocasiones los títulos de los artículos científicos contienen palabras que si se eliminaran no cambian el significado del mismo (palabras superfluas). Algunas de ellas son: diferentes, varios, ciertos, estudios de, observaciones de, investigación de, etc.

e.g.,

En vez de:

“Efecto de diferentes formas de aplicación del fertilizante fosfórico sobre el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. c.v. Revolución 79) y la materia verde de frijol y malezas”.

Utilizar:

“Formas de aplicación del fertilizante fosfórico en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. c.v. Revolución 79). Efecto sobre el rendimiento y materia verde de frijol y malezas”.

Usualmente el título no debe contener abreviaturas y menos aún un lenguaje confuso. Se deben incluir nombres científicos de organismos vivos y los productos químicos deben ser nombrados por su nombre genérico. Un buen título debe contener palabras claves del artículo.

3.2. Introducción

La introducción marca el inicio del texto de la tesis o artículo científico. Es una sección difícil de iniciar cuando se escribe un artículo científico, por lo tanto se recomienda que el investigador inicie con una sección posterior, *e.g.*, los materiales y métodos y luego retorne a la introducción.

La introducción pone al lector en antecedentes y lo prepara para recibir la información que resultó del trabajo. En ella se debe dar a conocer en forma general el origen, importancia y ámbito del problema que se investigó, sus antecedentes, los intentos que otras investigaciones (revisión de literatura) han hecho al respecto. También se debe esbozar la naturaleza del trabajo realizado, sus objetivos y la justificación económica y social.

La introducción debe ser escrita en tiempo presente, ya que principalmente se referirá al problema en estudio y al conocimiento que existe acerca de él al inicio de la investigación.

La revisión de literatura debe incluir las investigaciones más actuales que se han hecho alrededor del problema planteado sin extenderse demasiado. Una norma general es incluir publicaciones de cinco a diez años atrás, o acudir a revistas que presenten información actualizada o reciente.

La introducción no debe ser extensa, en caso de las tesis de grado no debe exceder dos páginas escritas a doble espacio en papel tamaño carta, de otra forma correríamos el riesgo de ser difusos y salirnos del punto central del problema.

La primera página de la introducción corresponde a la número uno del cuerpo de la tesis, sin embargo, la numeración debe iniciarse en la segunda página, a partir de la cual la numeración será corrida.

Los objetivos de la investigación se ubican al final de la introducción, deben expresar claramente qué puntos quisimos aclarar con la realización de nuestro trabajo. Normalmente un estudio lleva un objetivo general y uno o varios objetivos específicos. Los mismos se deben enumerar desde el más general hasta el más específico.

Los objetivos están estrechamente ligados a la justificación planteada en la introducción. *e.g.*, si se pone como justificación el alto costo del control químico de determinada plaga, un objetivo sería encontrar métodos alternativos de control que reduzcan dichos costos.

e.g.,

1. - Estimar el nivel de daño económico de *Plutella xylostella* L. en el cultivo de repollo (*Brassica oleraceae* L.) en época de primera.
2. - Determinar la dosis adecuada del insecticida biológico *Bacillus thuringiensis* Berl (Dipel) para el manejo de *Plutella xylostella* L.

Revisión de literatura

La búsqueda de literatura es parte del proceso de investigación. Debe iniciarse desde antes de establecer la investigación, con el propósito de evitar el desarrollo de una investigación que fue establecida antes, asegurarse de la buena interpretación de los métodos a utilizar y reforzar las hipótesis, métodos, etc.

La revisión de literatura se incorpora principalmente en la introducción y en la discusión de los resultados, pero también puede incluirse en los materiales y métodos. Toda literatura que se incluye en el cuerpo de la tesis debe estar directamente relacionada con el trabajo que estamos desarrollando.

En el transcurso de la revisión de literatura hay que evitar incluir referencias que aportan muy poco al trabajo, es mejor contar con pocas referencias que ayuden a sustentar los resultados obtenidos que una larga lista de referencias que en nada aportan al desarrollo de la investigación.

Un aspecto importante en la revisión bibliográfica es el año de las publicaciones que seleccionamos para incluirlas en nuestro artículo. Las referencias relacionadas directamente al tópico en estudio deben ser recientes. Hay que recordar que la ciencia no es estática, cambia constantemente y los resultados aceptados el día de hoy pueden no tener validez el día de mañana.

En las ciencias agronómicas nos encontraremos con conocimientos que son de dominio general, por tanto no se necesita citar autores para ellas.

3.3. Materiales y métodos

La sección de materiales y métodos es descriptiva, debe seguir un orden cronológico, explicar que situaciones se presentaron a lo largo del tiempo, desde el inicio de la investigación hasta su conclusión.

Esta sección permite al lector conocer el grado de precisión con que fueron hechas las observaciones. Su propósito es describir cuidadosamente los materiales, aparatos y equipos usados y los procedimientos desarrollados.

En esta sección se requiere una cuidadosa descripción de los materiales y métodos, de tal forma que otros investigadores puedan reproducir el experimento descrito, y aplicarlo en diferentes condiciones, modificarlo y comparar el reporte de investigación con otros reportes, con el propósito de extender el conocimiento sobre la materia.

La información presentada debe incluir condiciones climáticas del área donde se desarrolla la investigación, acompañada de un registro de los datos, así como las características físicas y químicas de los suelos.

Debe describir claramente el diseño utilizado, número de replicas, tratamientos, área de las unidades experimentales, procedimientos utilizados para la toma de observaciones, tipo de análisis que se desarrolló, etc. Si existe alguna técnica que se ha puesto en práctica y que es de poco conocimiento por la comunidad científica, debe describirse claramente y referir donde se puede extender el conocimiento acerca de ella.

En esta sección se expondrá claramente la metodología que se usó en el trabajo, de modo que permita la comprensión de su contenido y la valoración del grado de sustentación de los resultados obtenidos. El equipo y materiales usados deben describirse con la metodología, evitando su presentación en forma de listado.

Esta sección finaliza con la descripción clara del manejo a que fue sometido el cultivo durante la investigación (preparación del suelo, arreglos espaciales de plantas, fertilización, manejo de plagas, enfermedades y malezas, variedad utilizada, etc.), en otras palabras, todas las actividades no sujetas a tratamiento en el experimento.

Para escribir esta sección se puede seguir la siguiente secuencia:

Ubicación y fechas del estudio. Se debe incluir el departamento, municipio y localidad e información sobre el clima y/o suelo del lugar del trabajo, así como también se deben dar fechas de inicio y finalización de la investigación.

Diseño experimental. Se debe mencionar el tipo de diseño usado, así como el número de repeticiones y nombre de los tratamientos y niveles. También se debe describir la parcela experimental, parcela útil, sus dimensiones y todas aquellas características importantes que nos ayuden a entender el trabajo realizado.

Manejo del ensayo y metodología. En esta parte se deben mencionar las condiciones en que se realizó el estudio, indicando si se trató de un trabajo de campo o de laboratorio y los principales detalles de la metodología empleada. Muchas veces cuando la metodología empleada es muy conocida no es necesaria explicarla en detalle y basta con mencionar su nombre y citar la referencia de la fuente, la cual debe incluirse en la sección de referencias bibliográficas.

Datos evaluados. Aquí se deben mencionar qué variables se midieron, cómo se midieron (sistemas de muestreo y medición) y cuando se midieron (fechas de muestreo).

Análisis de los datos. Se deben mencionar los análisis estadísticos que se realizaron y todas las manipulaciones de los datos (transformaciones). Deben también mencionarse las pruebas de separación de medias que se usaron. Análisis estadísticos avanzados o poco usuales requieren citas bibliográficas.

Métodos de fitotecnia (manejo del cultivo). En esta sección se enuncia la información referente a la conducción del experimento, que no esta sujeta de estudio, pero que podría conducir a brindar información adicional e.g., manejo de plagas, nutrición, manejo de suelo, etc.

Algunas reglas de uso común en los materiales y métodos

En la descripción de los materiales y métodos, deben observarse las siguientes reglas:

Los métodos de conocimiento general como diseños experimentales y de investigación sólo se mencionan. Si la metodología es original o modificada, se describe ampliamente. Si el método no es general, pero ha sido descrito por otro autor, se menciona y se da la cita bibliográfica correspondiente.

Los organismos vivos (plantas, patógenos, plagas, etc.) deben ser inicialmente nombrados con el nombre científico, el cual esta constituido por el género y la especie y debe ir acompañado por el clasificador. Deben especificarse variedades, cultivares, etc. El nombre científico aparecerá obligatoriamente en tres ocasiones en el artículo científico, inicialmente en el título (si se trabaja con un organismo), luego en el resumen y finalmente dentro del texto del escrito, la primera vez que aparezca.

El tipo de letra utilizado para la escritura del nombre científico debe ser diferente a la del resto del texto, generalmente se utiliza letra cursiva (*italic*). En referencias posteriores, los organismos vivos se nombran con la inicial del género y el nombre de la especie. Los nombres de cultivares o razas, deben ir entre comillas simples. La primera letra de la variedad se escribe con mayúsculas.

Los agroquímicos usados (pesticidas, fertilizantes, etc.) deben ser mencionados por sus nombres genéricos (nombres técnicos) según la nomenclatura internacional, prescindiendo del nombre comercial. El nombre técnico siempre se escribe con letra minúscula. Las dosis recomendadas se expresan en kilogramos de ingrediente activo por hectárea (kg ia ha^{-1}).

Cuando se trabaja con cifras decimales, se debe usar el punto decimal y no la coma decimal (e.g., 24.3 en vez de 24,3). Deben utilizarse uno o dos deci-

males como máximo. La precisión de los números no se reduce con excluir una cifra decimal. En cantidades grandes se puede utilizar un decimal, en cambio cuando la cifra es pequeña se recomienda usar dos decimales (e.g., 2 365.4 y 1.56). En cantidades superiores al millar, se deja un espacio para separar los miles, e.g., 120 000. En las columnas de las tablas, el ordenamiento debe ser basado en el punto decimal, e.g.,

1 232.4

425.5

35.6

Las fechas deben escribirse en día, mes y año. El nombre de los meses se escribe con letras minúsculas (e.g., enero, febrero). Los números del uno al diez, que se incluyen en el texto, deben escribirse en letras. Números superiores al diez se enuncian en arábigos.

Las unidades de medida deben ser citadas de acuerdo al sistema métrico decimal.

Sistema internacional de unidades de medidas

En los escritos científicos es común la utilización de unidades de medida, para ello se usa el sistema internacional de unidades de medida (SI). Este sistema fue adoptado en el año 1960, e incluye tres clases de unidades: unidades básicas, unidades suplementarias y unidades derivadas.

Tabla 13.1. Unidades básicas del sistema internacional de medidas

Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	amperio	A
Temperatura	Kelvin	K
Intensidad luminica	candela	cd

Nomenclatura internacional para unidades de medida y abreviaturas

Usualmente las unidades de medidas se presentan en abreviaturas, con el propósito de hacer más conciso el texto. Sin embargo las abreviaturas utiliza-

das en los escritos científicos deben ser aquellas que son ampliamente aceptadas y entendibles por la comunidad científica.

En escritos científicos debe utilizarse el sistema métrico decimal (MKS: metro, kilogramo, segundo) que son medidas reconocidas internacionalmente. Debe evitarse el uso de medidas locales como quintales (qq) y manzana (mz). Si es necesario la utilización de otro tipo de medida, debe darse la equivalencia en el sistema métrico decimal. Las temperaturas se expresan en grados Celsius ($^{\circ}$ C).

En el Anexo 1, se presentan las unidades y abreviaturas reconocidas por el sistema internacional de medidas.

Existen unidades de medida que no pertenecen al sistema métrico decimal, sin embargo se aceptan en publicaciones científicas. *e.g.*, litro (l), minuto (min), hora (h), etc.

Otras abreviaturas utilizadas en escritos científicos. Comúnmente en escritos científicos se utilizan abreviaturas que tienen reconocimiento internacional. Muchas de ellas son relacionadas a los materiales vivos con los que se trabaja, y otras son relacionadas a nomenclatura estadística, *e.g.*, spp (especies), Pp (páginas). En Anexo 2, se presentan las más comunes.

Frases en latín. En los escritos científicos es muy común la utilización de frases en latín. Toda frase en latín dentro del texto debe ser escrita con un tipo de letra diferente a la utilizada en todo el documento. En los procesadores de texto que actualmente se usan, se recomienda utilizar letra cursiva (*italic*). A continuación se presentan algunas frases en latín de uso frecuente en escritos científicos y su respectivo significado: *et al.* (y otros), *in situ.*, (en su posición original), *ad libitum.*, (libremente, tanto como sea posible), *per se.* (por si mismo), *sine qua non.* (condición sin la cual no), *e.g.*, (por ejemplo), *i.e.*, (esto es).

Abreviaturas no convencionales. En el texto se puede usar abreviaturas no convencionales, para ello se hace un llamado de atención en la abreviatura, por medio de numeración o con la utilización de una asterisco, y se enuncia su significado en el pie de página (*e.g.*, dds: días después de la siembra). En tablas y gráficos, las abreviaturas se resaltan con números o con un asterisco y se enuncia el significado al pie de la tabla o gráfico.

Algunas revistas internacionales solicitan el enunciado de las abreviaturas no convencionales inmediatamente después del resumen. Se debe indicar la

abreviatura y su significado. Algunas abreviaturas no convencionales son reconocidas por la comunidad científica (e.g., LM, labranza mínima), sin embargo existen otras de total desconocimiento. El investigador debe valorar la conveniencia de incluir dichas abreviaturas. Algunas veces es mejor utilizar el texto completo en aras de mejorar la comprensión del escrito.

Factores de conversión para unidades y medidas. En los Anexos 4 y 5 se presentan los factores de conversión para las principales unidades de medida utilizadas en experimentos de campo.

3.4. Resultados y discusión

En muchos artículos científicos los resultados se escriben separados de la discusión. En la práctica la escritura por separado es recomendable para investigadores que se inician en la escritura de artículos científicos, ya que resulta más fácil escribirlos por separado. El inconveniente existente cuando se recogen ambos en una sola sección, es que se corre el riesgo de enfatizar en los resultados y dejar la discusión de un lado, sin remarcarla objetivamente.

El autor sugiere la escritura de los resultados y discusión en un solo acápite, procurando discutir todos y cada uno de los resultados obtenidos en el experimento.

Resultados

La última y más importante tarea para cualquier investigador es el resumen y presentación de los resultados de la investigación. El objetivo primario en esta tarea es exponer lo encontrado en la investigación en una forma que puede ser fácilmente interpretada por el lector. Datos que no se organizan y se dejan sin resumir, generalmente permanecen en la oscuridad y sin valor en los archivos del investigador. Los datos bien organizados y documentados tienen la oportunidad de alcanzar utilidad entre los usuarios.

La sección de resultados debe ser comprensible y coherente. En esta sección el investigador no se debe limitar a ubicar una serie de tablas y/o gráficos, sino que se deben relacionar los resultados con los propósitos de la investigación, significado y relevancia de la misma.

Esta sección siempre resulta un poco árida, pero su propósito es comunicar lo encontrado de la manera más clara y concisa posible. Los resultados no deben presentarse en forma cruda, sino que deben darse elaborados. Los datos crudos pueden presentarse en los anexos si se considera necesario.

Los resultados deben ser presentados en un orden lógico, usando únicamente observaciones que son pertinentes para su argumento. Resultados negativos deben ser reportados, ya que pueden ser de importancia para otros investigadores. Los resultados pueden presentarse tanto en el texto así como en gráficos y/o tablas. No es conveniente usar tablas y gráficos para presentar un mismo material.

Hay que escribir el texto con relación a las tablas y/o gráficos, refiriéndose a la tendencia de los resultados y no repitiendo los valores que ya existen en las tablas y/o gráficos. Hay que recordar que las tablas y/o gráficos ya existen en el texto, por lo tanto pueden hablar por si solos, sin necesidad que se haga una descripción tediosa de ellos.

Cuando se presenten los resultados de pruebas estadísticas, debe mencionarse la prueba usada (dando nombre, el valor calculado y los grados de libertad) y el nivel de significancia (P).

e.g., "hubo efecto significativo de las dosis de *chlorpirifos* sobre el número de larvas muertas ($F= 5.95$; $gl= 6, 38$; $P= 0.05$)".

Presentación de los resultados de la investigación. La presentación adecuada de los resultados es una tarea aceptada por investigadores serios, ante esto cabe la pregunta, ¿Cual es la forma mas apropiada de la presentación de los resultados? Muchas sociedades científicas prescriben el estilo y forma del artículo que ellos publican. Estas guías tienen que ver inicialmente con estandarización y uniformidad. Ellos asumen que cada autor escogerá la mejor técnica para la presentación de sus datos.

Existen dos tipos de información que son generalmente presentadas en investigación agronómica:

El primer tipo de información es la descripción de los materiales experimentales y de los factores del medio ambiente que prevalecen en el sitio del experimento. La correcta presentación incluye la escogencia de los caracteres a presentar, el tipo de estadística a utilizar y las medidas de precisión. Para caracteres discretos, el medio estadístico mas comúnmente usado es la media aritmética, con el error estándar de la media como indicador de la precisión. Para caracteres medidos en el tiempo, como precipitación, radiación solar y temperatura, se utilizan principalmente gráficos de líneas y/o gráficos de barras.

El segundo tipo de información presentada concierne a los resultados del análisis de los datos. Esta presentación varía según el diseño de los tratamientos (tratamientos con estructura o tratamientos sin estructura), el tipo de varia-

ble evaluada (e.g., variables discretas o variables continuas), el diseño del experimento (experimento simple o experimento factorial), el procedimiento usado (e.g., comparaciones de medias, regresión, prueba de χ^2 cuadrado, etc.), etc.

Tiene que escogerse una forma de presentación de los datos, no es aceptado el repetir información utilizando dos formas de presentación, o se presentan de forma tabular o en gráficos, o en cualquier otra forma que nosotros definamos, pero nunca utilizar dos formas.

Uso de tablas. La forma tabular es la más comúnmente usada para la presentación de resultados de investigación agronómica. Una tabla es flexible y puede ser usada para presentar gran variedad de información. En la práctica cualquier información que no pueda ser convenientemente resumida en gráficos, puede ser presentada en forma tabular. Comparaciones de medias de variables discretas y la descripción de algunas particularidades del medio ambiente y suelo (precipitaciones, características químicas de los suelos, etc.) son comúnmente presentados en arreglo tabular.

Las valores tabulados pueden indicar resultados estadísticos, como valores de correlación, valores de Tuckey o Duncan, tablas de ANDEVA, listados de medias y desviaciones estándares o bien listados de especies, etc.

Si la tabla contiene datos que no fueron generados por el autor, deberá anotarse la fuente de donde se obtuvo la información, citarse al pie de la tabla y anotarse en la lista de las referencias bibliográficas.

Cuando una tabla incluye datos, se debe tener cuidado con los siguientes puntos:

- Cuando se presentan promedios, hay que presentar las desviaciones estándares.
- Ser consistentes en el número de decimales.
- Utilizar un guión en lugar de cero para indicar datos faltantes.
- No repetir las unidades dentro del cuerpo de la tabla. Estas se dan en los títulos de las columnas o las filas (leyendas).
- Suprimir ceros cuando son muchos y especificar en el título.
- Usar abreviaturas para especificar algo de la tabla.
- Leer elementos de interés de arriba hacia abajo.

La tabla debe colocarse a continuación de la oración o párrafo que le hace referencia, no colocar la tabla antes de la información. La tabla no debe ser colocada entre dos páginas, a menos que la extensión de la misma así lo exija.

En este caso se debe expresar que es la continuación de la tabla.

Las tablas se numeran en el orden en que aparecen en el texto, empleado números arábigos. El título de la tabla debe ser breve, pero suficientemente explicativo, se coloca en la parte superior de cada tabla. La primera letra en la palabra tabla y en el título debe ir en letra mayúscula, el contenido en minúsculas. La segunda línea se ubica bajo la primer letra del título, igualmente con las líneas sub - siguientes si las hay. En el texto, cuando se enuncian las tablas, la inicial de tabla debe exponerse en letras mayúsculas.

La segunda línea del título de la tabla debe estar bajo la primera letra del título. Se pueden incluir unidades de medidas dentro del título. Al final de la tabla se pueden incluir notas explicativas de algunas partes de la tabla. Si la tabla ha sido extraída de otra publicación, debe darse crédito a los autores. Para ello se anota al pie de la tabla la referencia completa de donde se tomó.

Tabla 13.2. Peso seco de las plantas, número de plantas por parcela útil y número de ramas por plantas de frijol común, bajo la influencia de métodos de control de malezas. La Compañía, postrera, 1994

Tratamientos	Peso seco de plantas de frijol (g m ²)	Plantas por parcela útil (9.6 m ²)	Ramas por planta
Control mecánico	54.0 a	205.2 a	3.7 a
Cobertura de sorgo	50.8 a	190.2 ab	3.7 a
Cobertura de maíz	41.9 ab	157.3 bc	3.8 a
Testigo enmalezado	31.6 b	124.8 c	3.5 a
Nivel de significancia	*	*	NS
CV	12.7	18.5	15.8

Medias con igual letra no difieren, según Duncan (alpha = 5 %).

Correcto: Tabla 1.

Incorrecto: tabla No. 1; Tabla No. 1; tabla 1.

En casos de experimentos multifactoriales, es importante considerar si la interacción entre los factores es significativa. Cuando las variables son discre-

tas, se puede construir una tabla de doble entrada (Tabla 13.3). Si las variables son continuas puede utilizarse gráfico de líneas.

Tabla 13.3. Rendimiento de frijol común (kg ha^{-1}) bajo tres sistemas de labranza y tres formas de control de malezas. La Compañía, postrera, 1994

Sistema de labranza	Mulching	Mecánico	Químico	
Cero labranza	1197	1343	1435	*
Labranza mínima	1230	1468	1717	**
Labranza convencional	1246	1252	1271	NS
DMS	NS	*	**	

Los valores de DMS para comparar rendimiento de frijol en los sistemas de labranzas en uno o en diferentes niveles de control de malezas son: 186 kg ha^{-1} al nivel de 5 por ciento y 460 kg ha^{-1} al nivel del 1 por ciento.

Uso de figuras. Las figuras son representaciones gráficas de los datos, constituyen la forma más fácil de penetrar al lector. Indican patrones y/o tendencias en los datos y diferencias entre tratamientos, sin embargo no indican con precisión las cifras presentadas. Si se requiere presentar información de forma precisa, son preferibles las tablas. Las figuras son más apropiadas para un número reducido de variables.

Las formas más comúnmente usadas de presentaciones gráficas en investigación agronómica, considerando el nivel de precisión y frecuencia de su uso, son el gráfico de líneas, el gráfico de barras y el gráfico de pastel. El gráfico de líneas es conveniente para la presentación de variables cuantitativas (continuas) tales como la respuesta del cultivo a tratamientos cuantitativos (niveles de fertilizantes, proporciones, dosis, etc.). Se recomiendan de tres a cuatro curvas en un gráfico de líneas para no sobrecargarlo.

Un gráfico de barras es generalmente usado por variables discretas (discontinuas), datos tales como distribución de frecuencia y datos de porcentaje. Un gráfico de pastel es generalmente usado para presentar diferencias llamativas en las magnitudes relativas de unos pocos componentes de una unidad total.

Los gráficos van tituladas en la parte inferior y se les llama con el nombre de figura. Se les enumera en el orden en que aparecen en el texto empleando números arábigos y deben llevar una secuencia con el resto de gráficos. La palabra figura se escribe con letra mayúscula, al igual que la letra inicial del

título y los nombres propios. Al igual que en la tabla, la segunda línea se ubica bajo la primer letra del título, igualmente con las líneas subsiguientes si las hay.

Correcto: Figura 1.

Incorrecto: figura No. 1; Figura No. 1; figura 1.

El título del gráfico debe ser explicativo pero breve, debe recoger de que se trata, donde obtuvo y cuando se obtuvo el dato. Se debe incluir la información necesaria para que la figura se entienda sin tener que remitimos al texto. Si el trabajo fue una prueba de campo, dar su ubicación y fecha de realización entre paréntesis, sobre todo cuando hay figuras que reflejan diferentes fechas y localidades.

Hay que poner especial cuidado en el diseño de las figuras. Debe utilizarse el mismo formato, estilo, dimensiones y escalas para todos los gráficos de un escrito. Lo anterior permite comparar y contrastar gráficos relacionados, pero también permite uniformidad en el escrito.

Hay que tener cuidado con las escalas que se manejan en los gráficos, ya que estas pueden desvirtuar la información presentada. Se recomienda iniciar la escala de cero, ya que la apreciación que se haga de la figura, será igual para todos los gráficos y evitara confusiones.

La impresión que se tiene al cambiar el valor de un gráfico, puede variar en dependencia de la escala que se utilice. En el ejemplo de la Figura 13.1, se muestran los mismos datos con diferentes escalas. Se puede observar la diferencia en la tendencia de las barras, que es los que puede confundir al lector.

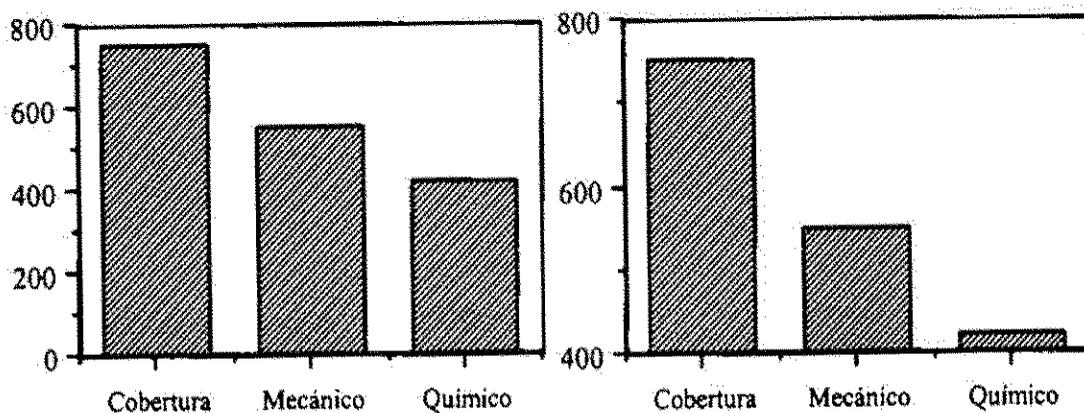


Figura 13.1. Muestra la distorsión que sufren los datos cuando se utilizan diferentes escalas para nombrar los datos.

La leyenda de la vertical se coloca de forma horizontal en la parte superior izquierda del gráfico, con el propósito de ganar espacio para el gráfico (Figura 13.2). Las leyendas del eje de las X, se deben colocar horizontalmente, para permitir una mejor lectura.

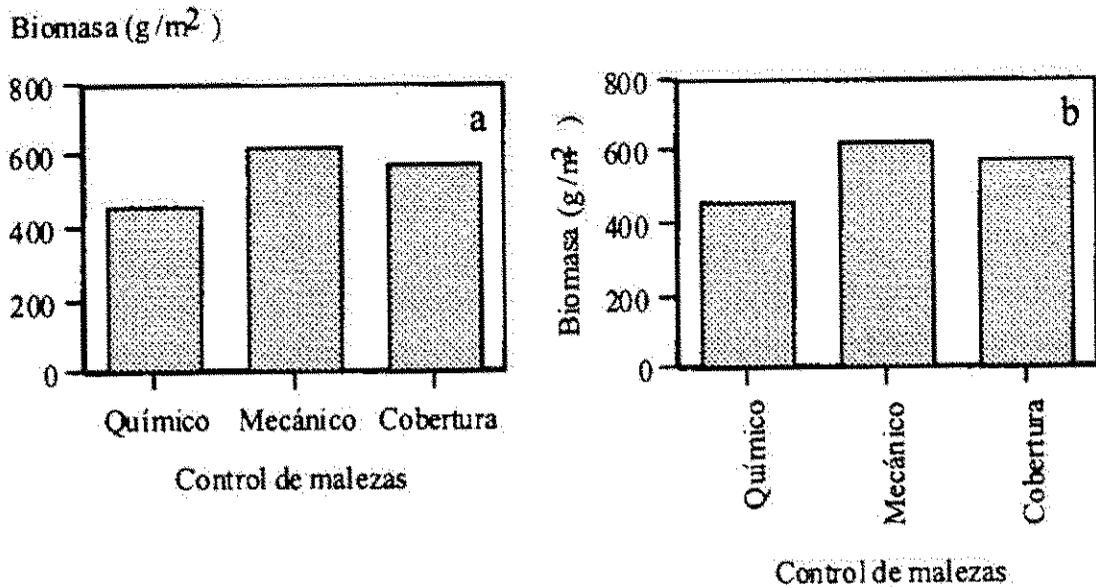


Figura 13.2. (a) Forma de representar la leyenda en el eje Y, es recomendable ubicarla de forma horizontal, (b) Comparación en la presentación de la leyenda en el eje X. Note el espacio perdido por colocar las leyendas de forma vertical.

El gráfico de barras puede ser simple o compuesto, se pueden incluir dentro de una sola barra el valor de dos variables (Figura 13.3). Hay que tener cuidado en el número de barras a ubicar en el gráfico, el sobrecargar el gráfico con muchos valores crea una figura poco perceptible y no muy clara.

Cuando se usan abreviaturas no convencionales (a conveniencia del autor) o de poco uso, debe anotarse su significado en la base de la figura y/o tabla (e.g., pltas ha^{-1} : plantas por hectárea).

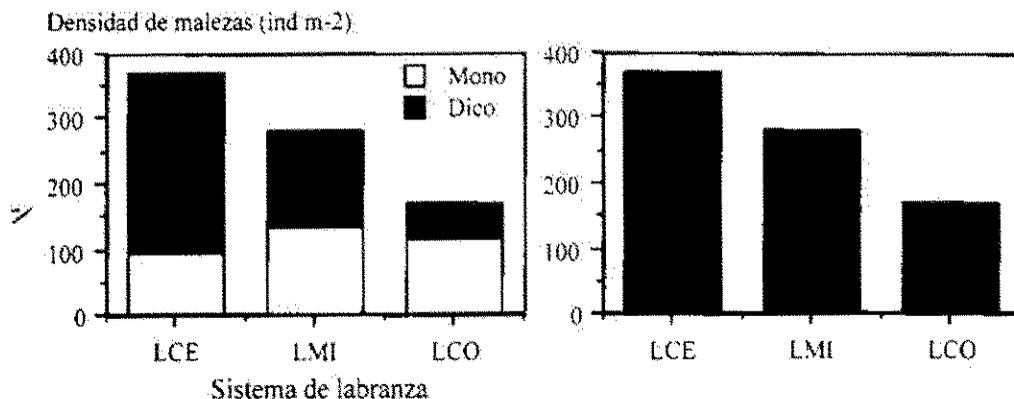


Figura 13.3. Ejemplo de gráficos de barras. a) Incluyendo el valor de dos variables relacionadas b) muestra un valor simple correspondiente a una variable.

El gráfico de sectores por lo general consiste en áreas que sumadas representan el 100 por ciento. Se utilizan para mostrar los tamaños relativos de los componentes de un total (Figura 13.4).

Debe evitarse combinar gráficos de barras y gráficos de línea y la utilización de diferentes escalas cuando se están utilizando los mismos datos en diferentes momentos.

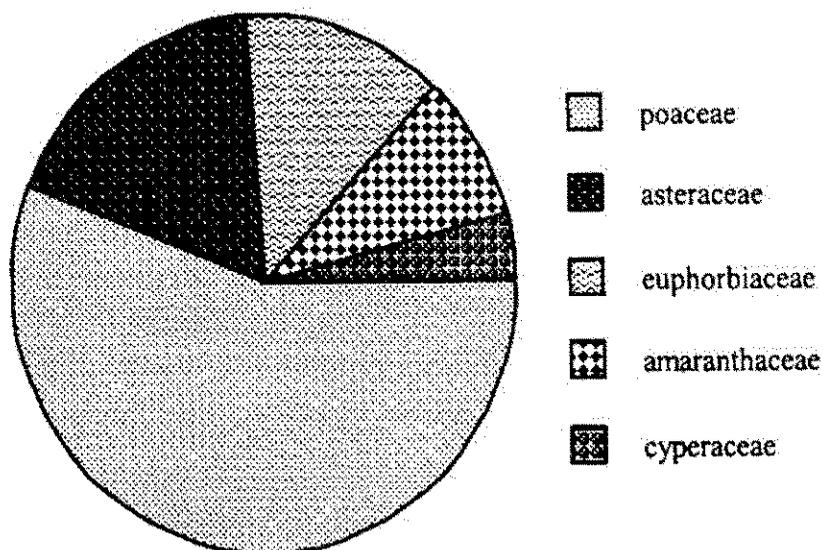


Figura 13.4. Gráfico de sectores, utilizado para mostrar los tamaños relativos de los componentes de un total.

Discusión

Esta sección se debe escribir únicamente después que se ha pensado largamente acerca de lo obtenido en el experimento y de lo que otros investigado-

res han obtenido. Permite evaluar la validez de los resultados atendiendo a su significancia, y relacionándolo con trabajos previos. La discusión no es simplemente repetir en un orden diferente lo que ya se ha dicho o mostrado en los resultados. No hay que ocultar resultados negativos o discrepancias entre nuestro trabajo y el trabajo de otros investigadores, en estas circunstancias hay que tratar de explicar los resultados o admitir que se omitió algún proceso o detalle, etc. Hay que criticar las bases científicas del trabajo de otros investigadores cuando usted sienta que es necesario, pero no se debe atacar personalmente a los autores. Hay que estar absolutamente en lo cierto al citar o describir resultados de otros autores.

En la discusión se debe enfatizar sobre algún resultado que sugiera nuevas líneas de estudio. Si se quiere especular hay que hacerlo de forma clara y separar donde terminan las realidades y donde empieza la especulación. Hay que ser conciso, hay que restringirse de especular acerca de aseveraciones que pueden ser probadas.

No hay que ser muy optimistas en nuestros debates acerca de la precisión del trabajo, la generalidad de las conclusiones o la aplicabilidad de los resultados.

En la discusión se comentan e interpretan los resultados. Esta debe ser la sección más viva, creativa y llena de ideas del escrito. En la discusión está representado el punto de vista real del investigador, que le permite explicar un hecho a la luz de sus propias reflexiones.

La discusión se puede desarrollar a través de:

- Señalar y desarrollar comparaciones dentro del mismo estudio.
- Explicar los resultados esperados e inesperados, usando distintos tipos de datos recolectados dentro del mismo estudio o introduciendo referencias tomadas de la literatura científica.
- Comparaciones de los resultados con los de otros estudios similares.
- Señalar la significancia de los resultados para la producción.
- Dar recomendaciones para la producción, cuando sea posible, o mencionar la necesidad de estudios futuros, si los resultados no son aun muy claros.

La discusión se debe desarrollar en el mismo orden en que se mencionaron los resultados, comenzando por el más importante y pasando de resultado en resulta-

do. La discusión debe desarrollarse únicamente sobre la base de los resultados encontrados y en la forma en que salieron, sin agregar ni omitir nada.

En la discusión no deben repetirse los elementos de la sección de resultados. Un resultado solo debe mencionarse para iniciar la discusión del mismo. En caso de necesidad se puede hacer referencia a tablas y/o figuras.

3.5. Conclusiones

En esta sección se exponen de manera concisa las conclusiones a las que nos ha llevado nuestro estudio. Las conclusiones no son elementos nuevos, sino que se derivan de lo dicho en la sección de resultados y discusión.

Para escribir las conclusiones se recomienda leer nuevamente las secciones mencionadas anteriormente e ir señalando cada conclusión sobre un resultado. Al final deben aparecer las conclusiones enumeradas en forma de listado.

3.6. Recomendaciones

Esta es una recopilación de recomendaciones dadas en la discusión. Leyendo detenidamente esa sección se pueden ir extrayendo las recomendaciones. Al igual que las conclusiones, las recomendaciones deben darse enumeradas en forma de listado.

3.7. Resumen

Es la última sección que se escribe, será elaborado por el investigador con el fin de presentar en forma breve, concisa y precisa el objetivo principal y la intención que motivó a realizar dicha investigación. Debe describir la metodología empleada, contener un resumen de los resultados y exponer las principales conclusiones. El resumen debe ser escrito en tiempo pasado, ya que refiere el trabajo que fue hecho.

Debe responder a tres preguntas: ¿dónde y cuando se realizó el experimento?, ¿Cuales fueron los objetivos perseguidos y tratamientos empleados?, y ¿cuales fueron los resultados obtenidos? Con la respuesta a estas tres preguntas se obtiene la información que se requiere de un buen resumen.

Un método que puede ayudar a la redacción del resumen es: leer todo el trabajo una vez preparado, e ir subrayando las frases más importantes en cada sección. Luego podemos unir las y pulir su redacción, eliminando, durante el ejercicio, palabras innecesarias.

En el resumen se recomienda economizar palabras. Usualmente no debe sobrepasar las 200 palabras, pero podría ser hasta de una página si es neces-

rio. El resumen debe escribirse a renglón seguido y no debe llevar figuras y/o tablas ni sub-títulos y no debe reflejar datos que no contenga el texto del trabajo.

3.8. Referencias

Todo investigador debe citar en su escrito la fuente de la cual se extrae información que no es original. La información puede ser obtenida en cualquier literatura publicada (libros, revistas científicas, publicaciones en serie, tesis de grado, etc.) pero también se puede obtener en manuscritos, o conversaciones personales. Las contribuciones pueden incluir datos estadísticos, medidas experimentales, ecuaciones, conceptos, teorías, sugerencias y material gráfico.

El objetivo de citar las fuentes de información es proveer al lector de material de consulta y dar crédito a los autores de las publicaciones. Cuando se seleccionan las referencias bibliográficas que serán incluidas en el texto, no se deben incluir todos los artículos que han sido revisados acerca del tópico en estudio, sino únicamente aquellos que están directamente relacionados con la investigación.

Exactitud en la información bibliográfica

Las citas que aparecen en el texto deben estar en un listado al final del texto, y viceversa. Las referencias bibliográficas ayudan a los lectores a encontrar información extra o adicional relacionada con el tema que estamos tratando, por tanto estas deben llevar la suficiente información para facilitar su búsqueda, en caso de estar interesados en una información determinada.

Las citas se enuncian para que puedan ser encontradas por otros científicos que trabajan en un tópico similar al nuestro. Si un artículo determinado refiere con citas bibliográficas cierta información de nuestro interés, el procedimiento a seguir es localizar el artículo donde fue publicado anteriormente, para corroborar la exactitud de dicha información. El tomar la cita de la segunda publicación, sin citar adecuadamente al autor de la misma, constituye un engaño para el lector y para el mismo investigador.

Forma de citar las referencias en el texto

Existen diversas formas de citar las referencias. Las más comunes son la utilización de números y el sistema de autor y año. En éste escrito se recomienda el sistema de autor y año, sin embargo los investigadores pueden desarrollar un estilo propio, y en ocasiones tendrán que acatar normativas establecidas por

las revistas en las cuales publiquen sus artículos, normativas de tesis, casas editoriales, etc.

En el texto, la cita bibliográfica se anota utilizando el apellido del autor y el año de la publicación. Si los responsables de la publicación son dos autores se anotan los apellidos de ambos separados por la conjunción "y" o el símbolo "&", y luego el año de la publicación. Si la publicación incluye tres o más autores, se utiliza después del apellido del primer autor la frase en latín *et al.*, que significa y otros.

Existen dos formas más comunes para indicar la referencia dentro del texto:

Una es cuando el autor no forma parte de la oración, y se ubica al final de ella. El autor y el año van entre paréntesis separados por una coma, *e.g.*, (Vanegas, 1986). El paréntesis hace que el nombre del autor salga fuera de la estructura de la oración.

"Los policultivos reducen el ataque de plagas, enfermedades y malezas (Rosset et al. 1987)".

"El frijol se cultiva en todos los ámbitos ecológicos del territorio nacional (Tapia y Camacho, 1988)".

La segunda forma es cuando el apellido del autor forma parte de la oración, puede ir al inicio de la oración o al final. El año de publicación se anota entre paréntesis, sin la utilización de la coma, *e.g.*, Hernández (1992).

"Los resultados difieren de los reportados por Solórzano y Robleto (1994)".

"Fisher (1990) recomienda la utilización de series de reemplazo para evaluar la competencia inter-específica"

Las citas que incluyen varias referencias se separan con punto y coma, anotando a los autores en orden cronológico, ya sea creciente o decreciente, pero en forma consecuente *e.g.*, (Tapia, 1987; Alemán, 1988; Romero, 1989; Bonilla, 1990 y Zapata y Orozco, 1991).

Los artículos del mismo autor se citan cronológicamente (Tapia, 1987 y 1988). Artículos del mismo autor publicados el mismo año se citan alfabéticamente (Tapia, 1987 a y b).

En caso de comunicaciones personales se remarcan en el texto con un asterisco o por numeración, se citan al pie de página y no se incluyen el listado final de las referencias bibliográficas.

Lista de referencias

Al final del escrito se hace una lista de las referencias que se encuentran citadas en el texto. Se les nombra como referencias, referencias bibliográficas, literatura citada, literatura consultada, en dependencia de la revista para la cual se escriba el artículo. El autor sugiere utilizar referencias bibliográficas.

Deben incluirse todas las referencias que fueron citadas en el texto. La segunda línea de cada referencia y las líneas subsiguientes deben estar bajo la tercera letra de la primera línea, en otras palabras dejar dos espacios entre la primera línea y las subsiguientes.

En el listado final, las referencias se ordenan de forma alfabética. Si un autor tiene varias publicaciones se debe combinar con ordenamiento cronológico. Si un solo autor tiene varias publicaciones en el mismo año se utiliza nuevamente el sistema alfabético, iniciando con los co-autores o con el título del trabajo.

Estilo de redacción de las referencias

Los principales elementos que se enuncian en la redacción de las referencias son: el autor o autores, año de publicación, el título, el número de la edición, la editorial, país de publicación y el número de páginas.

El autor o autores. Se recomienda poner el apellido del primer autor seguido de una coma y luego sus iniciales. En caso de dos o mas autores, se continúa con la inicial del nombre del segundo autor y luego el apellido. Igual procedimiento se sigue con los subsiguientes autores. Los dos últimos autores deben ir separados por la conjunción "y", si el artículo es en español, y "and" si es escrito en inglés. En el listado de las referencias bibliográficas se deben ubicar todos los autores del escrito.

Se consideran también como autores las instituciones responsables de publicaciones, que expresan el sentir de las mismas o que plasman las actividades que ellas desarrollan, *e.g.*, MAG, FAO, etc.

Debe tenerse especial cuidado en diferenciar autores (personas) e instituciones. Los autores (personas) se deben anotar utilizando letra mayúscula para la letra inicial del apellido *e.g.*, Andrade, C. 1997. Los autores institucionales se anotan utilizando el nombre completo de la institución, seguido del acrónimo, el cual se enuncia entre paréntesis *e.g.*, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 1992.

Año de publicación. Debe ir a continuación del autor o autores. Se expresa en números arábigos, separado por puntos de los autores y del título de la publicación. Si no aparece fecha de publicación se indica con la abreviatura s.f. (sin fecha).

El título. Se recomienda poner el título del libro, artículo de revistas científicas, publicación seriada, etc., el cual se debe escribir tal y como aparece en la publicación. Se deben incluir sub-títulos, si estos fueran de importancia. La primera letra del título se pone en mayúscula, de igual forma los nombres propios y nombres de instituciones.

Número de edición. En la redacción de las referencias se debe enunciar el número de la edición, a excepción de la primera. Se ubica a continuación del título. La mención de la edición se realiza en números arábigos, e.g., 4 ed. 2 ed.

Editorial. Debe indicarse la casa editora de la publicación o el responsable de la edición.

Lugar de publicación. Se indica el nombre de la ciudad y el país, donde se realizó la publicación. Si el lugar de publicación no aparece por ningún lugar, se indica con las iniciales sl: sin lugar.

Si la ciudad de la publicación del artículo es conocida, puede obviarse el nombre del país. Por el contrario, si la ciudad es desconocida, se debe anotar el nombre del país.

Número de páginas. La numeración de las páginas, se dan en números arábigos y se ubican al final de la referencia bibliográfica. Puede incluirse el número total de páginas (libros, tesis) o indicar únicamente las páginas que fueron consultadas (revistas, publicaciones seriadas, etc.). En el primer caso se pone una p después del número de páginas y en casos de intervalos de páginas consultadas en una publicación, se indica anteponiendo al número de páginas la abreviatura p si solo se consulto una página, y Pp si son varias páginas consultadas.

Libro o folleto. Cuando se trata de un libro o folleto se recomienda poner la siguiente información:

Autor / Año de publicación / Título del libro / Editorial / Número de la edición / País de la edición / Número total de páginas.

e.g.,

Arzola, N. 1981. Suelos, Plantas y Abonado. Editorial pueblo y educación. La Habana, Cuba. 461 p.

Tapia, B. H. 1986. Producción Artesanal de Semilla de Frijol Común de Buena Calidad. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 27 p.

Existen libros que son escritos por varios autores en compendios separados, en ese caso se utiliza el autor del artículo consultado y se enuncian las páginas que comprende dicho artículo dentro de la publicación

e.g.,

Radosevich, S. R. 1988. Methods to Study Crop and Weed Interaction. P 121-143. IN: Altieri, M. A. & M. Liebman (Ed.). Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches. CRC Pres, Inc. Boca Raton, Florida.

Revista científica. Son por lo general publicaciones que se editan a intervalos de tiempo (periódica). En la referencia bibliográfica de una revista científica de debe incluir:

Autores / Año de publicación / Título del artículo / Revista / Volumen y (número) / páginas que comprende el artículo.

e.g.,

Pinchinat, A. 1974. Rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) según la densidad y distribución espacial de siembra. Turrialba 21 (2):173-175.

Liebman, M, S. Corson, R. J. Rowe and W. A. Halteman. 1995. Dry bean responses to nitrogen fertilizer in two tillage and residue management systems. Agron. J. 87:538-546.

Publicación seriada. Son generalmente editadas por organismos gubernamentales como los ministerios de agricultura o dependencias de los mismos, i.e., centros experimentales. También pueden ser publicados por organismos no gubernamentales u organismos privados. El distintivo que los identifica es principalmente la organización que lo publica

El año de la publicación se enuncia en números arábigos. El número de páginas se indica en arábigos, utilizando antes del número de páginas p. si es una página la consultada, y Pp si existe un intervalo de páginas consultadas.

La referencia bibliográfica debe incluir el siguiente material:

Autor / año / título del artículo / nombre de la institución que la publica / nombre y número de la serie / país de publicación / número de páginas

e.g.,

Gómez, D y E. Salinas. 1982. Determinación de período crítico de malezas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L). Informe anual centro experimental Campos Azules. DGTA/MIDINRA. Nicaragua. 21-32.

MIDINRA. 1985. Guía tecnológica para la producción de sorgo. Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal. No. 19. Nicaragua. 7-19.

Tesis de grado. La referencia bibliográfica de una tesis de grado es similar a la de un libro, se agrega la palabra tesis y el grado obtenido en forma abreviada después del título

Autor / Año de publicación / Título de la tesis / grado obtenido / Universidad / País / Número total de páginas.

e.g.,

Jarquín, M. F. 1991. Aspectos bioecológicos de las malezas presentes en la finca experimental La Compañía. Tesis Ing Agr. ESAVE-FAGRO, UNA. Managua, Nicaragua.

Congresos, conferencias simposium o reuniones. En el caso de memorias, informes y actas de congresos conferencias o reuniones, se considera como autor el nombre de la conferencia. En casos de resúmenes de trabajos dentro de los informes, se consideran los autores de los artículos. Se recomiendan los siguientes pasos

Autor / Año / título del artículo / Número y nombre del evento / Casa editora / Ciudad y País / Número de páginas o intervalo de páginas /

e.g.,

Tapia, H., A. Camacho, I. Ocón y M. Jiménez. 1989. Manejo fitosanitario integrado para la producción de frijol común. p 46-52. Compendio de resúmenes de la XXXV Reunión Anual del PCCMCA. MAG. San Pedro Sula, Honduras.

Memorias de la XXX Reunión del PCCMCA. 1984. Acuerdos. MAG/DGTA. Managua, Nicaragua. 17 - 19.

3.9. Palabras claves

El uso de palabras claves, fue originalmente desarrollado en revistas científicas. El objetivo es poder disponer de ciertas palabras que puedan facilitar la búsqueda bibliográfica en bases de datos computarizados o publicaciones que recogen el artículo condensado (Abstracts). Las palabras claves (cuatro a siete palabras), facilitan la

obtención del material bibliográfico en bibliotecas o catálogos impresos para tal fin.

La búsqueda de material bibliográfico se facilita por medio de las palabras claves. Deben seleccionarse palabras que identifican nuestro artículo y colocarlas a continuación del resumen. Las personas que trabajan en catálogos o bases de datos en bibliotecas incluirán la publicación bajo dichas palabras claves.

3.10. Índice de contenido

Referido algunas veces como contenido, es una lista de los encabezados o títulos de los capítulos, secciones y sub - secciones con el número de página en la cual se encuentran en el texto. Esta es usualmente la última de las páginas preliminares que anteceden al texto principal.

La tabla de contenido al inicio del escrito, provee al lector la estructura lógica del trabajo y simplifica la tarea de encontrar una información específica, por lo tanto, la información que contenga debe ser seleccionada con cuidado y no incluir información sin relevancia.

En la estructura y forma del contenido se recomienda no utilizar mas de tres niveles de subdivisión entre los capítulos y no se debe utilizar sub - división para un solo acápite.

La forma de estructurar el contenido es variada. La forma mas utilizada en publicaciones científicas, es el sistema basado enteramente en números arábigos. Los números se asignan a divisiones y sub-divisiones de tal forma que su grado de complejidad señala el nivel relativo de la sección correspondiente con respecto al resto del texto. Cada sub - división de números es estructurada con puntos aparentando una clasificación decimal.

1	Introducción	1
2	Materiales y métodos	3
2.1	Diseño experimental	6
2.2	VARIABLES EVALUADAS	7
3	Resultados y discusión	12
3.1	Influencia de sistemas de labranza sobre la dinámica de las malezas	12
3.1.1	Abundancia de malezas	12
3.1.2	Dominancia de las malezas	18

El contenido en sí, puede tener margen izquierdo recto, o también puede iniciar dando dos espacios después de cada número. Después del último número no se pone punto.

Otro sistema muy utilizado es el que combina números romanos y arábigos, combinado con letras mayúsculas y minúsculas. En este sistema llamado número-letra, los capítulos se designan con números romanos en mayúscula, mientras las sub-secciones de segundo orden se designan con letras mayúsculas. Sub-secciones de tercer orden se designan con números arábigos y si se incluye una sub - sección de cuarto orden se utilizan letras minúsculas.

II.	Materiales y métodos	3
	A. Descripción del lugar donde se realizó el experimento	3
	B. Zonificación ecológica	3
III.	Resultados y discusión	10
	A. Composición florística	10
	B. Dominancia de las malezas	13
	1. Cobertura	13
	2. Peso seco	15

Existen otros sistemas que consideran números romanos y arábigos. En estos las secciones de primer orden se enuncian con números romanos en mayúscula y las siguientes sub - divisiones se enuncian con números arábigos, usando el sistema decimal.

III.	Resultados y discusión	10
1	Composición florística en el experimento	10
2	Diversidad de las malezas	11
3	Abundancia de las malezas	14
3.2	Abundancia de malezas	17
3.3	Dominancia de las malezas	20
3.3.1	Cobertura de las malezas	21
3.3.2	Biomasa de malezas	21

3.11. Notas de pie de página

Las notas de pie de página constituyen observaciones breves y concisas relacionadas a puntos específicos en el texto, estos puntos deben ser introducidos como notas que se escriben de manera individual en el pie de página.

En los escritos científicos se acostumbra que notas de interés que contengan material que explique alguna situación en el texto, se impriman como pie de

página. Las correspondientes referencias dentro del texto son por lo general símbolos, *i.e.*, *, #, †, etc. Las notas de pie de página se separaran del resto del texto por medio de una línea horizontal que inicia del margen izquierdo. Generalmente el llamado de atención de la nota del pie de página en el texto, se utiliza superpuesta.

e.g., En Nicaragua el promedio de rendimiento durante el año 96-97 fue de 2 400 kg ha⁻¹.†

3.12. Anexos

Incluye material que puede ser de utilidad para el lector, pero que no es crucial para el entendimiento de la realidad de un argumento, más bien puede constituir una distracción para el lector, por tanto dicho material puede ser incorporado en los anexos al final de la tesis o escrito científico, después del listado de las referencias. Ejemplos de este tipo de material son tablas de análisis de varianza, programas de computo ejecutados, listados de malezas, o tablas de datos provenientes del experimento. Un anexo también puede ser usado para incluir material aludido en el texto (*e.g.*, formato de encuesta, etc.).

Al referirse a un anexo en particular, deberá escribirse la letra inicial con mayúscula (*e.g.*, ver Anexo 4).

3.13. Dedicatoria

El autor de artículo científico y más comúnmente en las tesis de grado dedica su trabajo a familiares muy cercanos (padres, hermanos, esposa, etc.). Lo anterior debe ser escogencia del investigador, él debe valorar a quien dedicar su trabajo de investigación. Por lo general la dedicatoria en las tesis de grado se coloca a continuación de la portada de la tesis.

3.14. Agradecimientos

Los autores de escritos científicos, por lo general, agradecen ayudas recibidas de parte de instituciones o personas que aportan dinero, material, asistencia técnica o asesoría científica en la conducción del trabajo o en la preparación del reporte de investigación. Se agradece la cooperación del departamento donde se realizaron los estudios, si el investigador considera que realmente recibió el apoyo debido. Se puede agradecer a colegas que suministraron especímenes, referencias, asistencia en el establecimiento de los ensayos, o proporcionaron otro tipo de ayuda fuera de la rutina de las obligaciones del trabajo en sí.

† <http://www.bcn.gob.ni>

Hay que estar seguro que todos aquellos a los que se agradece estén de acuerdo en que se les reconozca su ayuda, y que ellos aprueben la forma en que se les agradece.

El agradecimiento en artículos científicos se ubica al final del escrito, preferentemente antes del listado de las referencias. En las tesis de grado de la UNA, el agradecimiento se coloca antes de la tabla de contenido.

4. Bibliografía

- Colodner, A. and M. Kaye. 1978. A Practical Course in Scientific Writing. HANDBOOK. Israel. sp.
- Day, R. A. 1993. How to Write and Publish a Scientific Paper. 3er Edition. Cambridge University press. U.S.A. 211 p.
- Ebel, H. F; C. Bliiefer and W. E. Russey. 1987. The Art of Scientific Writing. VCH. Germany F. R. 493 p.
- Mac Lean A. 1985. Comunicación Escrita. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA). Tercera reimpresión. San Jose, Costa Rica. 135 p.
- O'Connor, M; and F. P. Woodford. 1975. Writing Scientific Papers in English. ELSEVIER. Asociated scientific publishers. Amsterdam. 108 p.
- Wilkison, A. M. 1991. The Scientist's Handbook for Writing Papers and Dissertations. Prentice Hall. Cornell University. New Jersey. 502 p.
- * <http://www.bcn.gob.ni>

ANEXOS

Anexo 1. Abreviaturas reconocidas por el sistema internacional de medidas (SI) (Unidades derivadas)

Longitud	metro	m	centímetro	cm
	kilómetro	km	decímetro	dm
			milímetro	mm
Peso	gramo	g	kilogramo	kg
	tonelada	t	tonelada métrica	tn
	libra	lb		
Temperatura	grados Celsius		°C	
	grados Kelvin		K	
Volumen	metro cúbico		m ³	
	centímetro cúbico		cm ³	
	litro		l	
Area	hectárea		ha	
	metro cuadrado		m ²	
	centímetro cuadrado		cm ²	
Tiempo	segundo		s	
	minuto		min	
	hora		h	

Anexo 2. Abreviaturas de uso común en escritos científicos

var	variedad	s ²	varianza simple
sp	especie	s	desviación estándar
spp	especies	F	radio de varianza
no	número	r	coeficiente de correlación
ssp	subespecie	R	coeficiente de regresión
C.V.	coeficiente de variación		
s.f.	sin fecha	NS	no significativo
s.l.	sin lugar	*	Significativo
Vol.	volumen (edición)	**	altamente significativo
p.	página	p, P	probabilidad
Pp	páginas		(nivel de significancia)
vol	volumen (unidad)		

Anexo 3. Unidades de medida y peso y sus equivalencias

Medida métrica

1 cm	0.3937	pulgada
1 m	100	cm
1 m	39.37	plg
1 m	3.28	pies
1 m	1.094	yardas (yd)
1 pulgada	2.54	cm
1 pie	30.48	cm
1 pie	12	pulgadas
1 pie	0.328	m
1 yarda	3	pies
1 kilómetro	0.621	milla
1 milla	1.609	km
1 decímetro	4.0	pulgada
1 tonelada métrica	2 204.6	libras

 Medida cuadrada

1 cm ²	0.155	pulgada ²
1 m ²	10 000	cm ²
1 m ²	1.196	yardas ²
1 m ²	10.764	pie ²
1 pulgada ²	6.452	cm ²
1 pie ²	929.01	cm ²
1 yarda ²	0.836	m ²
1 yarda ²	9	pies ²
1 pie ²	0.093	m ²
1 hectárea	10 000.00	m ² 1.42 mE
1 manzana	10 000.00	varas ² 0.726 ha

 Medidas de volumen

1 cm ³	0.061	pulgada ³
1 pie ³	28.317	dm ³
1 m ³	1.308	yardas ³
1 m ³	35.315	pies ³
1 pulgada ³	16.39	cm ³
1 pie ³	1728	pulgadas ³
1 litro	0.264	galón
1 litro	1 000	c.c.
1 litro	1 000	mililitros (ml)
1 galón	0.3785	decalitro
1 decalitro	2.6417	galones
1 galón americano	3.785	litros

Medidas de peso

1 gramo	0.0353	onza
1 gramo	1 000	miligramos
1 gramo	0.001	kg
1 kilogramo	2.2046	libras
1 kilogramo	35.274	onzas
1 libra	453.6	gramos
1 onza	28.35	gramos
1 kilogramo	2.2046	libras
1 libra	16	onzas
1 libra	0.4536	kilogramos
1 tonelada métrica	2 000	libras
1 tonelada métrica	906.8	kg
1 tonelada métrica	0.98421	tonelada inglesa
1 tonelada inglesa	1.016	tonelada métrica

Anexo 4. Factores para convertir unidades de medidas y peso

Para convertir de	a	multiplicar por
pie	metro	0.3048
metro	pie	3.281
gramo	kilogramo	0.001
hectárea	metro ²	10 000
pulgada	metro	0.0254
tonelada métrica	kilogramo	1 000
tonelada	kilogramo	907.18
pie ²	metro ²	0.092903
hectárea	metro ²	10 000
pulg ²	metro ²	0.00064516
plg	metro	0.0254
kilogramo masa	kilogramo	1
libra	kilogramo	0.45359
galón	metro ³	0.0034404
pie ³	metro ³	0.02831684
litro	metro ³	0.001
metro ²	pie ²	10.764

Anexo 6. Malezas reportadas en investigaciones relacionadas a Ciencia de las Malezas en Nicaragua.

Son pocas las investigaciones llevadas a cabo en Nicaragua con el objetivo de estudiar la flora de malezas presentes en un determinado cultivo.

Un intento fue el realizado por Quiñones (1996) quien llevó a cabo estudios de inventario de malezas en caña de azúcar, en el cual determinó 79 especies de malezas. Atendiendo a su división en clases, el 68.4 por ciento corresponden a dicotiledóneas y el 31.6 por ciento a monocotiledóneas. Del total de especies monocotiledóneas, el 72 por ciento pertenecen a la familia *poaceae* y el 20 por ciento a la familia *cyperaceae*.

Otro trabajo de relevancia que incluye el estudio de la dinámica de las malezas, es el realizado por Hernández (1992), quien estudió la flora de malezas presentes en arroz de riego. Este estudio investiga las asociaciones de malezas y sus relaciones con factores de manejo del cultivo.

El cultivo en el cual se reporta la mayor información en cuanto a la flora de malezas presente es el frijol común. Alemán (1988) y Jarquín (1991) reportan que la flora predominante en cultivo de frijol común esta formada básicamente por malezas de hoja ancha, donde sobresalen especies pertenecientes a las familias *asteraceae*, *euphorbiaceae* y *amaranthaceae*

En el presente anexo se incluyen las especies de malezas reportadas en investigaciones llevadas a cabo en los cultivos de mayor interés en Nicaragua. El análisis de la información recopilada muestra que el total de especies de malezas reportadas en Nicaragua asciende a 309. Ciento ochenta y seis especies pertenecen a las dicotiledóneas (60.2 por ciento) y 120 a las monocotiledóneas (38.8 por ciento). Tres especies pertenecen a plantas inferiores (uno por ciento).

El total de malezas se encuentran distribuidas en 69 familias, de las cuales 51 pertenecen a la clase dicotiledónea (73.9 por ciento), quince a las monocotiledónea (21.7 por ciento) y tres a plantas inferiores (4.3 por ciento). Las familias mas representadas en el listado son: *poaceae* con 72 especies (23.3 por ciento), *asteraceae*, 30 especies (9.7 por ciento), *cyperaceae* 21 especies (6.8 por ciento), *papilionaceae* 17 especies (5.5 por ciento) y *euphorbiaceae* 16 especies (5.17 por ciento), *malvaceae* 11 especies (3.56 por ciento) y *amaranthaceae* 10 especies (3.24 por ciento).

A continuación se presenta el listado de malezas reportadas en investigaciones realizadas en Nicaragua. Se presenta el nombre científico, en la mayoría de los casos el nombre común o vernáculo y la familia de plantas a la cual pertenece.

Especie	Nombre común	Familia
<i>Abutilon theophrasti</i> Medic.	campanita	Malvaceae
<i>Abutilon umbellatum</i> (L.) Sweet.	farolito	Malvaceae
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	aromo	Mimosaceae
<i>Acacia costarricensis</i> Schenk	cornizuelo	Mimosaceae
<i>Acalypha alopencuroides</i> Jacq.	rabo de gato	Euphorbiaceae
<i>Acalypha guatemalensis</i> Pax & Hoffman	gusanillo	Euphorbiaceae
<i>Acalypha setosa</i> A. Rich.	picha de gato	Euphorbiaceae
<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	torito	Asteraceae
<i>Achyranthes aspera</i> L.	cola de gato	Amaranthaceae
<i>Aeschynomene americana</i> L.	huevo de rana	Papilionaceae
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	flor azul	Asteraceae
<i>Alternanthera liguroides</i> Stadl	camarón	Amaranthaceae
<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) DC.	botoncito	Amaranthaceae
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	bledo espinoso	Amaranthaceae
<i>Amaranthus dubius</i> Mart.	bledo de puerco	Amaranthaceae
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	bledo	Amaranthaceae
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	quelite	Amaranthaceae
<i>Ammania coccinea</i> Rottboel	palo de agua	Lytraceae
<i>Anabaena azollae</i> Strasb.	alga verde azul	Cyanophyceae
<i>Anagallis arvensis</i> L.	sulfatillo	Primulaceae
<i>Aneilema japonica</i> Kunth	_____	Commelinaceae
<i>Aneilema nodiflorum</i>	_____	Commelinaceae
<i>Andropogon bicornis</i> L.	cola de zorro	Poaceae
<i>Anthephora hermaphrodita</i> (L.) O. Kuntze	zacatillo	Poaceae
<i>Arachis pintoii</i> Krapov. & W.C. Gregory	maní forragero	Papilionaceae
<i>Argemone mexicana</i> L.	cardo santo	Papaveraceae
<i>Asclepias curassavica</i> L.	vivorana	Asclepiadaceae
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv	zacate amargo	Poaceae
<i>Azolla pinnata</i> R. Br	terciopelo de agua	Azollaceae
<i>Baltimora recta</i> L.	me caso no me caso	Asteraceae
<i>Bidens pilosa</i> L.	cadillo	Asteraceae
<i>Blechnum brownei</i> Juss	cajetin	Acanthaceae
<i>Blechnum pyramidatum</i> (Lam.) Urb.	camarón	Acanthaceae
<i>Boerhavia erecta</i> L.	golondrina	Nyctaginaceae
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	hoja morada	Nyctaginaceae
<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griesb.	ipeacuana blanca	Rubiaceae
<i>Bouchea prismatica</i> (Jacq) Kuntze	verbena	Verbenaceae
<i>Brachiaria extensa</i> L.	pasto peludo	Poaceae

<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf.	para	Poaceae
<i>Brachiaria reptans</i> (L.) Gard. & Hubb.	Brachiaria	Poaceae
<i>Brassica campestris</i> L.	mostaza	Brassicaceae
<i>Calea urticifolia</i> (Mill.) DC.	_____	Asteraceae
<i>Calyptracarya angustifolia</i> Nees ex Kunth	_____	Cyperaceae
<i>Calopogonium muconoides</i> Desv.	gusanillo	Papilionaceae
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) F.	Algodoncillo	Asclepiadaceae
<i>Chenopodium ambrosoides</i> L.	apazote	Chenopodiaceae
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	frijol de caballo	Caesalpinaceae
<i>Caperonia pallustris</i> (L.) St. Hil.	botón de agua	Euphorbiaceae
<i>Capparis pilosa</i> L.	frijolillo	Capparidaceae
<i>Cassia tora</i> L. Sin: <i>Cassia</i> <i>obtusifolia</i> L.	mata pasto	Caesalpinaceae
<i>Cassia biflora</i> L.	abejón	Caesalpinaceae
<i>Celosia argentea</i> L.	disciplina	Amaranthaceae
<i>Cenchrus brownii</i> Roem. & Schult.	Abrojo	Poaceae
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Buffel	Poaceae
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	mozote de caballo	Poaceae
<i>Cenchrus pilosus</i> Kunth	mozote	Poaceae
<i>Centrosema pubescens</i> Benth	gallinita	Papilionaceae
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	leche de sapo	Euphorbiaceae
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	Leche leche	Euphorbiaceae
<i>Chamaesyce lasiocarpa</i> (Kotezsch) Arthur	leche leche	Euphorbiaceae
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	apazote	Chenopodiaceae
<i>Chloris clorideae</i> (Presl.) Hitch.	zacate de aguja	Poaceae
<i>Chloris gayana</i> Kunth.	barba de viejo	Poaceae
<i>Chloris radiata</i> (L.) Swartz	zacate de borlas	Poaceae
<i>Chloris virgata</i> Swartz	cloris	Poaceae
<i>Cleome viscosa</i> L.	platanito,	Capparidaceae
<i>Clitoria ternatea</i> L.	Conchita azul	Papilionaceae
<i>Coix lacryma-jovi</i> L.	Lagrima San Pedro	Poaceae
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	siempre viva	Commelinaceae
<i>Commelina erecta</i> L.	colochón de monte	Commelinaceae
<i>Corchorus hirtus</i> L.	hierba de te	Tilliaceae
<i>Corchorus orinocensis</i> H.B.K.	junco	Tilliaceae
<i>Crotalaria incana</i> L.	chischil	Papilionaceae
<i>Crotalaria retusa</i> L.	chinchin	Papilionaceae
<i>Croton lobatus</i> L.	frailecillo	Euphorbiaceae
<i>Cucumis anguria</i> L.	pepinillo	Cucurbitaceae
<i>Cucumis dipsacus</i> Rherenb exp-spoch	pepino montes	Cucurbitaceae

<i>Cuscuta campestris</i> Yunker	mata palo	Convolvulaceae
		Cuscutaceae
<i>Cydista aechynoctalis</i> Miers.	Josmeca	Bignoniaceae
<i>Cymbopogon citratus</i> (Ness) Stapf	zacate limon	Poaceae
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	zacate gallina	Poaceae
<i>Cynodon nlemfluensis</i> Vanderyst	zacate estrella	Poaceae
<i>Cyperus amabilis</i> Vahl.	coyolito	Cyperaceae
<i>Cyperus articulatus</i> L.	sontol	Cyperaceae
<i>Cyperus compresuss</i> L.	cortadera	Cyperaceae
<i>Cyperus difformis</i> L. (Sin: <i>elegant</i>)	cortadera -	Cyperaceae
<i>Cyperus iria</i> L. (Sin: <i>diffusus</i>)	cortadera	Cyperaceae
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.	cortadera	Cyperaceae
<i>Cyperus odoratus</i> L. (Sin: <i>ferax</i>)	navajuela	Cyperaceae
<i>Cyperus rotundus</i> L.	coyolillo	Cyperaceae
<i>Cyperus sculentus</i> L.	coquito	Cyperaceae
<i>Cyperus tenuis</i> Swartz	coquito	Cyperaceae
<i>Datura stramonium</i> L.	chamico	Solanaceae
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	hierba egipcia	Poaceae
<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	lentejuelas	Asteraceae
<i>Desmodium canum</i> (J.F. Gmel.) S & T	frijolillo	Papilionaceae
<i>Desmodium scorpiorus</i> (Sw.) Desv.	pega pega	Papilionaceae
<i>Desmodium tortuosum</i> (SW.) DC.	pega pega	Papilionaceae
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop (Sin: <i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel.	manga larga	Poaceae
<i>Digitaria bicornis</i> (Lam.) Roem. & Sch.	manga larga	Poaceae
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	pangola	Poaceae
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Roem.	hierba de pollo	Caryophyllaceae
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	grama de agua	Poaceae
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	arrocillo	Poaceae
<i>Echinochloa polystachya</i> (Kunt.) A. Hitch	moco de pavo	Poaceae
<i>Echinodorus andrieuxii</i> (Hook & Pavon) Rohrb.	llanten	Alismataceae
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk (sin: <i>prostata</i>)	botoncito	Asteraceae
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solm.	Jacinto de agua	Pontederiaceae
<i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth	Junco	Cyperaceae
<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.	cebolleta	Cyperaceae
<i>Eleusine indica</i> (L) Gaertner	pata de gallina	Poaceae
<i>Elodea canadensis</i> Michx	elodea	Hydrocharitaceae
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC ex Wight	pincelillo	Asteraceae
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	lechuguilla	Asteraceae

<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R. Br	cola plumosa	Poaceae
<i>Eragrostis minor</i> Host	avenilla	Poaceae
<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link.	zacate plumilla	Poaceae
<i>Erigeron canadensis</i> (L.) Cronq.	hierba de caballo	Asteraceae
<i>Erigeron longipes</i> (sin: Conyza)	cola de zorra	Asteraceae
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	pastorcillo, pascuita	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia hypericifolia</i> Millsp	leche de sapo	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia gramineae</i> L.	leche leche	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia mutans</i> L.	lechosa	Euphorbiaceae
<i>Fimbristylis litoralis</i> Gaud.	arrocillo	Cyperaceae
(Sin: <i>miliacea</i> (L.) Vahl.)		
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl.	Junquillo	Cyperaceae
<i>Fleurya aestuans</i> (L.) Miq.		Urticaceae
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	mielecilla	Asteraceae
<i>Galinsoga ciliata</i> (Ruiz & Pavón)	mielecilla	Asteraceae
<i>Gomphrena dispersa</i> L.	botón	Amaranthaceae
<i>Gomphrena globosa</i> L.	totolquelite	Amaranthaceae
<i>Gronovia scandens</i>	pringamosa	Loasaceae
<i>Hackelochloa granularis</i> (L.) Kuntze	_____	Poaceae
<i>Heliotropium indicum</i> L.	cola de alacran	Boraginaceae
<i>Heliconia bihai</i> L.	platanillo	Heliconiaceae
<i>Hemidiodia ocimifolia</i> (Willd) Sch	_____	Rubiaceae
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	lechuguilla	Pontederiaceae
<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz & Pavon	hoja de riñón	Pontederiaceae
<i>Hybanthus attenuatus</i> (Humb E. Bonpl)	hierba de rosario	Violaceae
G.K.Schulze		
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	comalillo	Umbelliferae
<i>Hymenachne ampleuxicallis</i>		
(Rudge) Nees	trompetilla	Poaceae
<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	jaragua	Poaceae
<i>Hyptis capitata</i> Jacq	chan	Lamiaceae
<i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poiret	orégano de monte	Lamiaceae
<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poiteau	orégano de monte	Lamiaceae
<i>Imperata cilindrica</i> (L.) Raeusche	lancetilla	Poaceae
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill	barbasco	Papilionaceae
<i>Ipomoea alba</i> L.	batatilla	Convolvulaceae
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	batatilla	Convolvulaceae
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	batatilla	Convolvulaceae
<i>Ipomoea tiliacea</i> (Wild) Choisy	batatilla	Convolvulaceae
<i>Ipomoea triloba</i> L.	campanita	Convolvulaceae
<i>Ischaemun ciliaris</i> Salisb.	retana	Poaceae
<i>Ischaemun rugosum</i> Salisb.	falsa caminadora	Poaceae

<i>Isocarpha oppositifolia</i> (L.) Cass.	escoba blanca	Asteraceae
<i>Ixophorus unicus</i> (Presl.) Schult. / Schlecht.	zacate dulce	Poaceae
<i>Jatropha curcas</i> L.	tempate	Euphorbiaceae
<i>Kallstroemia maxima</i> (L.) Torr. & Gray	verdolaguilla	Zygophyllaceae
<i>Killinga pumilla</i> Rottb.	pelo chino	Cyperaceae
<i>Lagascea mollis</i> Canovilles	_____	Asteraceae
<i>Lantana camara</i> L.	cuasquito	Verbenaceae
<i>Lemna minor</i> L.	grama de agua	Lemnaceae
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br. V.	cola de león	Lamiaceae
<i>Lepidium virginicum</i> L. (Sin: <i>Cordaria</i>)	mastuerzo, berro	Brassicaceae
<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) Beauv.	hierba de hilo	Poaceae
<i>Leptochloa uninervia</i>	plumilla	Poaceae
<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	pelotitas	Limnocharitaceae
<i>Lindernia anagallidea</i>	_____	Scrophulariaceae
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	_____	Poaceae
<i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G, Don) Exell	hierba de clavo	Onagraceae
<i>Ludwigia adscedens</i> (L.) Hara	clavito de agua	Onagraceae
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven	clavito	Onagraceae
<i>Luziola subintegra</i> Swallen	_____	Poaceae
<i>Luziola spruceana</i> Benth. ex Döll		
<i>Malachra fasciata</i> Jacquin	malva macho	Malvaceae
<i>Malachra alcifolia</i> Jacquin	malva	Malvaceae
<i>Malva viscus arboreus</i> Cav.	quezillo	Malvaceae
<i>Malvastrum americanum</i> (L.) Torrey	Malva de montaña	Malvaceae
<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Gerb	malva lisa	Malvaceae
<i>Matricharia chamomilla</i> L.	manzanilla	Asteraceae
<i>Melanthera aspera</i> (Jacq) L.C. Richard ex. Spreadgel	totolquelite	Asteraceae
<i>Melampodium divaricatum</i> (L.E. Rich) DC.	flor amarilla	Asteraceae
<i>Melinis minutiflora</i> Pal. Beauvois	melinillo	Poaceae
<i>Melochia pyramidata</i> L.	escoba morada	Sterculiaceae
<i>Merremia quinquefolia</i> (L.) Yollier	bejuco peludo	Convolvulaceae
<i>Mimosa pudica</i> L.	dormilona	Mimosaceae
<i>Mimosa pigra</i> L.	zarza	Mimosaceae
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	maravilla	Nyctaginaceae
<i>Mirabilis violaceae</i> (L.) Heimerl	maravilla	Nyctaginaceae
<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) D.C.	_____	Rubiaceae
<i>Mollugo verticillata</i> L.	tomillo montes	Molluginaceae

<i>Momordica charantia</i> L.	sandia de monte	Cucurbitaceae
<i>Monochoria vaginalis</i> (Burm. f.) Presl.	monocoria	Pontederiaceae
<i>Monstera deliciosa</i> Liebn.	ventanilla	Araceae
<i>Mucuna priuren</i> (L.) DC.	pica pica	Papilionaceae
<i>Mucuna deeringiana</i> (Bort.) Merr.	frijol terciopelo	Papilionaceae
Sin: <i>Stizolobium deeringianum</i> Bort		
<i>Nicandra physalodes</i> (L.) Gaertner	popa, farolito	Solanaceae
<i>Nymphaea ampla</i> (Salisb.) D.C.	mondong de agua	Nymphaeaceae
<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz.) P.B.	zacate conchita	Poaceae
<i>Oryza sativa</i> L.	arroz rojo	Poaceae
<i>Oryza latifolia</i> L.	arrocillo	Poaceae
<i>Orobanche ramosa</i> L.	orobanche	Orobanchaceae
<i>Oxalis latifolia</i> H.B.K.	trébol	Oxalidaceae
<i>Oxalis corniculata</i> L.	vinagrillo	Oxalidaceae
<i>Panicum antidotale</i> Retz.	panizo azul	Poaceae
<i>Panicum fasciculatum</i> Swartz.	granadilla	Poaceae
<i>Panicum hirticaule</i> J. Presl	zacate peludo	Poaceae
<i>Panicum laxum</i> Sw.	paja de barro	Poaceae
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	zacate guinea	Poaceae
<i>Panicum pilosum</i> Sw.	_____	Poaceae
<i>Panicum repens</i> L.	_____	Poaceae
<i>Panicum trichoides</i> Swartz	zacate ilusión	Poaceae
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	guayule	Asteraceae
<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	orquetilla	Poaceae
<i>Paspalum distichum</i> L.	paja amarga	Poaceae
<i>Paspalum notatum</i> Fluegee	grama común	Poaceae
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	paja brava	Poaceae
<i>Paspalum virgatum</i> L.	zacatón	Poaceae
<i>Passiflora foetida</i> L.	catapanza	Passifloraceae
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	kikuyo	Poaceae
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach	pasto elefante	Poaceae
<i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kunth.	hierba de sapo	Piperaceae
<i>Petiveria alliacea</i> L.	zorrillo	Phytolaccaceae
<i>Pharus vulgaris</i> L.	marayan	Poaceae
<i>Phaseolus atropurpureus</i> Moc. & Sesse ex DC. Sin: <i>Macroptylum</i>	siratro	Papilionaceae
<i>Phyllanthus amarus</i> Schum & Th. Kongt.	huevo de rana	Euphorbiaceae
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	tamarindillo	Euphorbiaceae
<i>Physalis angulata</i> L.	popa	Solanaceae
<i>Physalis ignata</i> Britt	tomatillo	Solanaceae

<i>Physalis lugasceae</i> Reoe & Schult	farolito	Solanaceae
<i>Physalis cordata</i> M. Y.	bomba	Solanaceae
<i>Phytollaca americana</i> L.	fitolaca	Phytolaccaceae
<i>Piper marginatum</i> Jack	cordoncillo	Piperaceae
<i>Piper tuberculatum</i>	cordoncillo	Piperaceae
<i>Pistia stratiotes</i> L.	lechuga de agua	Araceae
<i>Plantago major</i> L.	llantén	Plantaginaceae
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	verdolaga	Portulacaceae
<i>Potamogeton distinctus</i> Benn	espiga de agua	Potamogetonaceae
<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers	pega pega	Verbenaceae
<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (Juss.) Rohr.	oreja de chanco	Asteraceae
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	helecho	Dennstaediacae
<i>Quamoclit cholulensis</i> (HBK.) G. Don	campanilla	Convolvulaceae
<i>Ranunculus repens</i> L.	botón de oro	Ranunculaceae
<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.	comida de culebra	Apocinaceae
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) Hubb. (Sin: <i>Tricholaena rosea</i>)	zacate rozado	Poaceae
<i>Rhynchospora ciliata</i> Vahl (Sin: <i>Dichromena ciliata</i> Vahl)	estrellita	Cyperaceae
<i>Rhynchosia minima</i> (L.) D.C.	bejuco engordador	Papilionaceae
<i>Richardia scabra</i> L.	chichicastillo	Rubiaceae
<i>Ricinus comunis</i> L.	higuerilla	Euphorbiaceae
<i>Rytidostylis ciliata</i> (Cogn.) Kuntze	chanchito	Cucurbitaceae
<i>Rivina humilis</i> L.	coralillo	Phytolaccaceae
<i>Rotala indica</i> (Willd.) Koehne	_____	Lytraceae
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) W.D. Clayton (Sin: <i>R exaltata</i>)	caminadora	Poaceae
<i>Rumex acetosella</i> L.	lengua de vaca	Poligonaceae
<i>Saccharum spontaneum</i> L.	caña brava	Poaceae
<i>Sagittaria trifolia</i> (L.) Engels	oreja de burro	Alismataceae
<i>Scleria therota</i> (L.) Bergius	navajuela	Cyperaceae
<i>Scirpus juncooides</i> Roxb	_____	Cyperaceae
<i>Scirpus maritimus</i> L.	_____	Cyperaceae
<i>Scirpus validus</i> Vahl	_____	Cyperaceae
<i>Sclerocarpus phyllocephalus</i> Blake	flor amarilla	Asteraceae
<i>Scoparia dulcis</i> L.	escoba amarga	Scrophulariaceae
<i>Senecio vulgaris</i> Lin	senicio	Asteraceae
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	pico de pájaro	Caesalpinaceae
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.	gusanillo	Poaceae
<i>Sesbania exaltata</i> (Raf.) Cory.	tamarindillo	Papilionaceae
<i>Sida acuta</i> Burm. F.	escoba lisa	Malvaceae

<i>Sida rhombifolia</i> L.	escoba negra	Malvaceae
<i>Sida spinosa</i> L.	escobilla	Malvaceae
<i>Sida etsetosa</i> Colls	malva	Malvaceae
<i>Solanum nigrum</i> L.	tomatitos	Solanaceae
<i>Solanum nodiflorum</i> Jacquin	hierba mora	Solanaceae
<i>Solanum verbacifolium</i> L.	lava plato	Solanaceae
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	cardo	Asteraceae
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	sorgo	Poaceae
<i>Sorghum halepense</i> (L.) pers	invasor	Poaceae
<i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Stapf.	zacate sudan	Poaceae
<i>Spermacece confusa</i> Rendle	chichicastillo	Rubiaceae
<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.	esfenocloa	Sphenocleaceae
<i>Spigelia anthelmia</i> L.	lombricera	Loganiaceae
<i>Spigelia humboltiana</i> Cham. & Schlecht	_____	Loganiaceae
<i>Spigelia polystachya</i> K.L.	_____	Loganiaceae
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	pitilla	Poaceae
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	verbena azul	Verbenaceae
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (L. Rich)	golondrina	Verbenaceae
<i>Stemodia durantifolia</i> (L.) Swartz Vahl		Scrophulariaceae
<i>Stigmaphyllon ledifolium</i> (H.B.K) Small	bejuco de sol	Malpigiaceae
<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn	flor amarilla	Asteraceae
<i>Syngonium podophyllum</i> Schott	ventanilla	Araceae
<i>Talinum panicullatum</i> (Jacq.) Gaertn.	lechuguilla	Portulacaceae
<i>Tagetes minuta</i> L.	San Diego	Asteraceae
<i>Taraxacum officinale</i> Weber	diente de león	Asteraceae
<i>Thalia geniculata</i> L.	platanillo	Maranthaceae
<i>Tillandsia usneoides</i> L.	barba de viejo	Bromeliaceae
<i>Tithonia rotundifolia</i> (Mill) Blake	jalacate	Asteraceae
<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass	girasol	Asteraceae
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	verdolagón	Aizoaceae
<i>Trichachne insularis</i> (L.) Nees	rabo de zorro	Poaceae
<i>Tridax procumbens</i> L.	hierba de toro	Asteraceae
<i>Turnera ulmifolia</i> L.	escobilla	Turneraceae
<i>Typha angustifolia</i> L.	tule, junco	Typhaceae
<i>Urochloa reptans</i> (L.) Stapf	_____	Poaceae
<i>Urtica urens</i> L.	ortiga	Urticaceae
<i>Valeriana pratensis</i> (Benth.) Steudel	valeriana	Valerianaceae
<i>Vigna vexillata</i> (L.) A. Rich.	frijol de agua	Papilionaceae
<i>Waltheria americana</i> L. (Sin: <i>Waltheria indica</i> L.	escoba	Sterculiaceae
<i>Wedelia trilobata</i> Jack.	flor amarilla	Asteraceae

<i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L.) Schott	quequisque	Araceae
<i>Zebrina pendula</i> Schnizl.	cucaracha	Commelinaceae
Sin: <i>Tradescantia zebrina</i> Bosse		

Bibliografía

- Alemán, F. 1983. Estudio exploratorio de la distribución y agresividad de las malezas en los arrozales. Seminario I. F.C.C.A.-U.N.A.N. Managua, Nicaragua. 20 p.
- Alemán, F. 1988. Periodos críticos de competencia de malezas de frijol común (*P. vulgaris* L). Momento óptimo de control. Tesis Ing. Agr. EPV-ISCA. Managua, Nicaragua.
- FAO. 1994. Weed Management for developing countries. Plant production and protection paper. Edited by: R. Labrada, J. C. Caseley and C. Parker. FAO, Roma. 384 p.
- Hernández, B. D. R. 1992. Determinación de las asociaciones de malezas en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L) en Nicaragua y su relación con algunos factores de manejo del cultivo. CATIE. Sub-dirección general adjunta de enseñanza. Programa de Postgrado. Turrialba, Costa Rica.
- Holm, L., J. Doll, E. Holm, J. Pancho & J. Herberger. 1997. World Weeds. Natural histories and distribution. John Wiley & Sons, Inc. USA. 1129 p.
- Holm, L. D., L. Plucknett, J. V. Pancho & J. P. Herberger. 1997. The World's Worst Weeds. Distribution and Biology. The University Press of Hawaii, Honolulu. 609 p.
- Jarquín, L. M. F. 1990. Aspectos biológicos de las malezas presentes en la finca experimental La Compañía. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.
- Mabberley, D. J. 1996. The plant-Book. A portable dictionary of the higher plants. Cambridge University Press. Great Britain. 707 p.
- Muñoz, R. & A. Pitty. 1995. Guía fotográfica para la identificación de malezas. Parte I. EAP. Zamorano, Honduras. 124 p.
- Pitty, A. 1997. Introducción a la ecología, biología y manejo de malezas. Zamorano. Academic press. Honduras. 300 p.
- Pitty, A. & R. Muñoz. 1993. Guía Práctica para el Manejo de Malezas. Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de Protección Vegetal. El Zamorano, Honduras. 223 p.
- Quiñones, B. J. 1996. Frecuencia y grado de cubrimiento de las malezas presentes en el ingenio azucarero Javier Guerra, Nandaime. Tesis Ing. Agr. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua.