



Evaluación económica de proyectos de inversión

1. Principios para la evaluación económica de proyectos de inversión. De Rubinstein, E.
2. Metodología para realizar el calculo de los proyecciones del rebaño vacuno. Carrillo, A.
3. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económico. Richard, P.K., Winkelmann, L.D., Moscardí, R.E. y Kack, R.A.
4. Proyecciones de producción y consumo de carne vacuna en América Latina para 1980 y 1985. Simpson, J.R.
5. Evaluación económica de sistemas alternativos de cría y engorde en los Llanos Orientales Colombianos. Nores, G.A. y Estrada, R.D.

10

11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

CIAT

CURSO DE PASTOS TROPICALES

APUNTES CLASE

PRINCIPIOS PARA LA EVALUACION ECONOMICA DE
PROYECTOS DE INVERSION

Eugenia de Rubinstein*

El objetivo de esta charla es discutir con uds. algunos principios de economía que se utilizan en evaluación de proyectos de inversión en la ganadería.

Un gasto de inversión con contraste con un gasto corriente de producción implica la creación o adquisición de un activo del cual podemos esperar obtener beneficios a través de un período largo de tiempo, o al menos, mayor que la duración de un ciclo productivo. En realidad, el límite entre un gasto corriente y un gasto de inversión no siempre es tan claro. El gasto en un tractor, cercas, ganado, implantación de praderas, constituye en general una inversión pues estos activos proporcionarán ingresos por varios años, en tanto que por ejemplo el gasto en mano de obra es un gasto corriente.

Vamos a discutir los criterios que se utilizan en Economía para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Es preciso no olvidar que estos métodos no van a tomar la decisión por nosotros, pues la decisión de emprender un proyecto dependerá de muchas otras consideraciones no-cuantitativas y no-económicas. Además, nuestro objetivo será el de evaluar una actividad privada y no pública, en que la decisión no la toma el investigador. Mas bien, queremos predecir si el proyecto será o no rentable o más rentable que otro para el productor, desde su punto de vista.

El análisis de un proyecto de inversión se basa tanto en información técnica, que requiere las habilidades profesionales de todo un grupo de especialistas, por ejemplo en suelos, pastos,

* Economista, Programa Pastos Tropicales-CIAT

manejo y salud animal, como en información económica que nos proporcione un cuadro de las fincas individuales, en términos económicos y financieros.

El objetivo del análisis económico es comparar los costos con los beneficios esperados del proyecto, con el fin de determinar cuál de todas las alternativas es la mas remunerativa.

Una regla útil para identificar los beneficios de un proyecto de inversión es preguntarse cuál será el impacto sin y con el proyecto. Veamos esta idea a través de un ejemplo.

En una finca de cría extensiva en los Llanos de Colombia, en la que sólo hay sabana nativa y suplementación con sal ad libitum, se proyecta implantar en una parte de la finca Brachiaria decumbens, para ser utilizado durante el invierno por las vacas, toros y terneros lactantes. El proyecto también contempla suplementación con mezcla de minerales ad libitum.

Dado que el pasto mejorado y los minerales permitirá aumentar la tasa de natalidad, así como disminuir la tasa de mortalidad de los terneros y acortar la edad (peso) para el primer apareamiento de las novillas de reemplazo, este proyecto permitirá aumentar la producción de la finca tanto en el corto como largo plazo. De modo que los beneficios del proyecto se medirán a través del (1) aumento en las ventas anuales de la finca, y (2) del aumento en el stock de ganado y por lo tanto del K (capital) invertido en animales que posee la finca.

Los costos de un proyecto generalmente son más fáciles de identificar. En el mismo ejemplo anterior, se considerarán items tales como:

1. costo de la siembra del pasto Brachiaria, tanto inicialmente como de resiembra cada cierto número de años dependiendo de la duración esperada de la pradera;
2. costo de las cercas y saladeros que se considere en el proyecto;

3. costo de mantenimiento de la pradera, especialmente en fertilizantes; y
4. costo de administración.

De modo que habrá que incluir tanto el gasto total de inversiones como los gastos anuales de producción, que no existirían en la finca de no mediar la inversión en pasto mejorado.

Suponiendo que se conocen totalmente las consecuencias de cada proyecto y que ellas pueden ser expresadas como costos y beneficios en pesos, el analista podría preguntarse qué regla debe usar para escoger entre las oportunidades existentes. Los criterios de evaluación son fórmulas matemáticas que pretenden guiar, orientar la elección bajo estas circunstancias. Una regla indica la aceptabilidad de un proyecto, al indicar que se efectúe una comparación entre el criterio computado con la fórmula matemática y algún otro número o fórmula (ejemplo: "adopte el proyecto si el valor presente es mayor que cero").

Los tres criterios más comunmente usados son los de:

- 1) Valor Presente o Valor Actual
- 2) Tasa Interna de Retorno, y
- 3) Razón Beneficio/Costo.

También veremos un cuarto criterio:

- 4) Flujo Anual Equivalente.

A continuación definiremos cada uno de ellos, indicando en lo posible las ventajas y desventajas de cada uno.

1. Valor Presente de un Flujo de Fondos

El proceso de obtener el valor actual es diametralmente opuesto al proceso de obtener el valor capitalizado. Por ejemplo, el valor capitalizado de \$100 gastados hoy es \$110 dentro de un año al tipo de interés del 10 por ciento, en cambio, el valor actual de \$110 gastados dentro de un año es \$100 al tipo de interés del 10 por ciento. Es decir, un gasto de \$110 que se realizará dentro de un año equivale a un gasto de \$100 hoy,

puesto que para poder afrontar ese gasto en un año debemos apartar hoy \$100 si el interés que se puede obtener de los \$100 es 10 por ciento durante ese año.

Llamando V_1 el monto (gasto o ingreso) que se reditúa al final del período 1, V_0 el monto que se reditúa al final del período cero (HOY), y r el tipo de interés pertinente, lo dicho anteriormente puede expresarse como:

$$(1) \quad V_1 = V_0 (1+r) \quad \text{Valor capitalizado}$$

$$(2) \quad V_0 = \frac{V_1}{(1+r)} \quad \text{Valor Presente}$$

¿Cuál es el valor actual de un gasto de \$110 realizado dentro de dos años (V_2)?

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1(1+r) = [V_0(1+r)] (1+r) \\ &= V_0(1+r)^2 \quad \text{Valor Capitalizado} \end{aligned}$$

$$V_0 = \frac{V_2}{(1+r)^2} \quad \text{Valor Presente}$$

De modo que para un tipo de interés del 10 por ciento, el valor V_0 para $V_2 = \$110$ es igual a:

$$V_0 = \frac{110}{(1+0.1)^2} = \frac{110}{1.21} = 90,9090\dots$$

Generalizando la fórmula se obtiene:

$$V_0 = \frac{V_j}{(1+r)^j} \quad \text{Valor Presente de } V_j \text{ redituado al final del período } j.$$

El valor presente de un flujo de montos que se reditúan en distintos períodos es igual a:

$$VP = V_0 + \frac{V_1}{(1+r)} + \frac{V_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{V_j}{(1+r)^j} + \dots$$

$$VP = \sum_{i=0}^n \frac{V_i}{(1+r)^i}$$

Con esta fórmula puede obtenerse el valor presente de un flujo de costos y también de un flujo de ingresos. La regla de decisión es "una inversión es rentable solo si el valor presente del flujo de ingresos es mayor que el valor presente del flujo de costos, cuando éstos se actualizan haciendo uso de la tasa de interés pertinente para el inversionista".

En términos de una fórmula, la inversión es deseable solo si:

$$VPN = Y_0 - C_0 = \left[\sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i} \right] - \left[\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} \right] > 0$$

ó

$$VPN = \sum_{i=0}^n \frac{(Y_i - C_i)}{(1+r)^i} > 0$$

La inversión sólo será rentable si el valor presente del flujo de ingresos netos que genera es positivo, descontando estos flujos a la tasa de interés pertinente para el inversionista. Dicha tasa de interés no es otra cosa que el costo alternativo del capital para el dueño del negocio (el retorno que dejaría de ganar en la mejor oportunidad alternativa que tenga, ej. de poner su dinero en una cuenta de ahorro, de invertirlo en acciones, etc., o el costo de pedir prestados esos fondos si no los tiene, etc.).

Si el proyecto evaluado es una adición a un conjunto de proyectos, los montos V_j pueden ser vistos como incrementos (costos e ingresos "adicionales") debidos al proyecto nuevo. En este caso hablamos de un proyecto marginal y de un correspondiente valor presente incremental o marginal, y la regla asociada es: "adopte si y solo si el valor presente (incremental) neto es mayor que cero". Un caso especial que surge frecuente-

mente es la elección entre proyectos mutuamente excluyentes. En ese caso la regla es seleccionar aquel que tiene el mayor Valor Presente Neto (o sea, maximizar el Valor Presente Neto).

De la fórmula presentada se desprende un punto importante y es que a medida que la tasa de interés es más alta, menos importancia tienen los costos e ingresos que se reeditarán en el futuro, y mayor importancia adquiere el período de gestación de la inversión. Es decir, que a medida que la tasa de interés es mayor, menor será la probabilidad de que sea rentable invertir en proyectos de larga duración o de largo período de gestación.

Podemos ver entonces, que el VPN de un proyecto de inversión no es otra cosa que su valor medido en dinero de hoy, o de otra manera, es el equivalente en pesos actuales de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros, que constituyen el proyecto.

Veamos un ejemplo muy sencillo: supongamos que los proyectos a, b y c están disponibles, con secuencia de pagos como sigue:

<u>Proyecto</u>	<u>BN₀</u>	<u>BN₁</u>	<u>V₀</u>	<u>(r = 50%)</u>
a	- 6	15	4	1o.
b	-10	12	-2	No debe hacerse
c	5	- 6	1	2o.

Cálculos:

$$-6 + \frac{5}{1.5} = 4 \quad -10 + \frac{12}{1.5} = -2 \quad 5 - \frac{6}{1.5} =$$

Ejemplo #2

<u>Final del período</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Gastos:	10.000	450	450	100
Ingresos:		4.500	4.500	4.500
r = 10%				

$$C_0 = 10.000 + \frac{450}{1.1} + \frac{450}{(1.1)^2} + \frac{100}{(1.1)^3}$$

$$= 10.000 + 409.1 + 371.9 + 75.13 = \$10,856.1$$

$$Y_0 = 0 + \frac{4.500}{1.1} + \frac{4.500}{(1.1)^2} + \frac{4.500}{(1.1)^3}$$

$$= 4.090.9 + 3.719.0 + 3.380.9 = \$11.190.8$$

$$VPN = 11.190.8 - 10.856.1 = \$334.71 > 0$$

Luego, el problema de realizar una inversión se resuelve determinando el valor presente de los flujos de beneficios netos futuros.

Si VPN es positivo, el proyecto es rentable, y si es igual a cero el proyecto es indiferente ya que ésto significa que las sumas invertidas en el proyecto ganan un interés idéntico al que se lograría en otras partes. El problema del tamaño de la inversión consiste en determinar aquel tamaño que maximice el valor actual de los beneficios netos. Para ello, debemos determinar la variación del valor presente neto frente a un cambio en el volumen invertido inicialmente (ΔC_0). Si $\Delta VPN > 0$, ello implica que aumenta el volumen de los beneficios netos al aumentar la inversión inicial. En cambio, si ΔVPN es negativo, ello implica que será conveniente disminuir el tamaño de la inversión. Si $\Delta VPN = 0$, estamos ya frente al tamaño óptimo (C_0) de inversión. De modo que el tamaño óptimo de inversión se obtiene cuando el valor presente del costo (inversión) marginal es igual al valor presente del beneficio (ingreso marginal).

La desventaja de este criterio de inversión es que se precisa conocer la tasa de interés de oportunidad, aquella que el productor puede ganar en otras partes, en cada ocasión.

2. Criterio Tasa Interna de Retorno

Como ya se vió, cuando el VPN es igual a cero, ésto significa que las sumas invertidas en el proyecto ganan un interés idéntico al empleado en los cálculos. Vale decir, si $VPN(i=0.10)=0$ ésto significa que las sumas invertidas en el proyecto ganan un 10 por ciento de interés. Esta tasa de interés, que es la que ganan los dineros que permanecen invertidos en el proyecto es la que recibe el nombre de Tasa Interna de Retorno (ρ)

Ejemplo:

<u>Proyecto</u>	<u>S₀</u>	<u>S₁</u>	<u>(ρ)</u>
a	- 6	15	150%
b	-10	12	20%
c	5	-6	20%

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad -6 + \frac{15}{1+\rho} &= 0 & \frac{15}{1+\rho} &= 6; & 1+\rho &= \frac{15}{6} \\ & & & & \rho &= \frac{15}{6} - 1 = 1.5 = 150\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b)} \quad -10 + \frac{12}{1+\rho} &= 0 & \frac{12}{1+\rho} &= 10; & 1+\rho &= \frac{12}{10} \\ & & & & \rho &= 1.2 - 1 = 0.2 = 20\% \end{aligned}$$

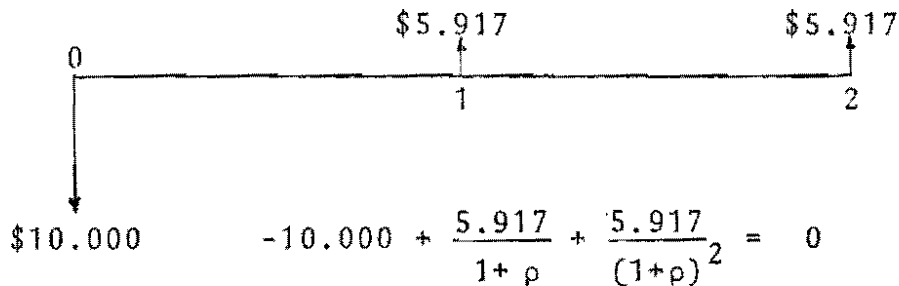
$$\begin{aligned} \text{c)} \quad 5 - \frac{6}{1+\rho} &= 0 & \frac{6}{1+\rho} &= 5; & 1+\rho &= \frac{6}{5} \\ & & & & \rho &= \frac{6}{5} - 1 = 0.2 = 20\% \end{aligned}$$

Esto quiere decir que los dineros que se mantienen invertidos en el proyecto (a) ganan un 150 por ciento de interés anual, en (b) y (c) ganan 20 por ciento anual.

Es conveniente clarificar que se entiende por "dineros que se mantienen invertidos". En el proyecto (a) se invierten \$6, los cuales ganan 150 por ciento de interés durante el primer año, de modo que al final del año se habrán acumulado \$15 los cuales ya no se mantienen invertidos, se devuelven y ya no

hay mas ingresos para el segundo año.

Veamos otro ejemplo:



Se resuelve esta ecuación para encontrar el valor de ρ (por aproximaciones o computador). Da $\rho = 12\%$.

∴ Se invierten \$10.000, que al ganar 12 por ciento en el primer año permite acumular \$11.200 al final del año. Para el segundo año quedan invertidos solamente \$11.200 - \$5.917 = \$5.283 los cuales ganan nuevamente durante el segundo año 12 por ciento de interés, por lo cual se convierten en \$5.283 x 1.12 = \$5.917 que es la cantidad de dinero que devuelve el proyecto al final del segundo año.

Por lo tanto, la TIR es una característica propia del proyecto, totalmente independiente de la situación del inversionista, es decir, de su tasa de interés de oportunidad.

Veamos las matemáticas que yacen detrás de la tasa interna de retorno.

Para un proyecto de inversión dado, la tasa interna de retorno (ρ) puede ser definida en función de los pagos que reditúa el proyecto:

$$0 = V_0 + \frac{V_1}{1 + \rho} + \frac{V_2}{(1 + \rho)^2} + \dots + \frac{V_n}{(1 + \rho)^n}$$

Puede ser conveniente separar los costos (gastos) de los beneficios (ingresos):

$$Y_0 + \frac{Y_1}{1+\rho} + \frac{Y_2}{(1+\rho)^2} + \dots + \frac{Y_n}{(1+\rho)^n} = C_0 + \frac{C_1}{1+\rho} + \dots + \frac{C_n}{(1+\rho)^n}$$

Estas sumatorias son polinomios de grado n , de modo que la TIR es una de las raíces positivas de tal polinomio en ρ . Existe un número máximo de raíces diferentes igual al número de veces que se produce un cambio de signo entre miembros sucesivos de polinomio. Si todos los flujos de ingresos netos negativos aparecen al principio y todos los positivos después, solo habrá un cambio de signo entre miembros sucesivos del polinomio y tendremos una sola raíz positiva, es decir, un valor único de la TIR.

El cálculo analítico de ρ no es posible cuando $n > 4$ o $n > 5$. El método de búsqueda más rudimentario en ese caso consiste en calcular el VPN para una tasa de interés escogida "a ojo". Si $VPN > 0$, se repiten los cálculos empleando una tasa de interés inferior y el proceso continúa hasta encontrar un ρ para el cual $VPN < 0$. Allí sabremos que la TIR es superior a este último ρ pero inferior al ρ con el cual se obtuvo el último $VPN > 0$, hasta encontrar un ρ que haga $VPN = 0$.

Las reglas de decisión basadas en el criterio de TIR nos dice que comparemos :

- a) el valor de ρ entre varios proyectos alternativos y escojamos el proyecto que dá el máximo valor de ρ , ó
- b) que para un proyecto único incremental, comparemos el criterio ρ con la tasa de interés de mercado o "externa" r , y adoptemos el proyecto solo si $\rho > r$, o sea, cuando el uso del capital en inversiones alternativas "rinde" menos que el capital invertido en este proyecto.

Una ventaja aparente del criterio TIR es que en el caso de compararse varios proyectos alternativos (mutuamente excluyentes) no es necesario conocer la tasa de interés de oportunidad del inversionista. Este criterio sin embargo tiene algunas desventajas, aún en ese caso:

- La ambigüedad que puede surgir del hecho que en su cálculo se está presumiendo que las pérdidas y las ganancias se reinvierten a la tasa interna de retorno.
- Este criterio no toma en cuenta el volumen de la inversión que puede significar un proyecto. Por ejemplo: dos proyectos diferentes pueden redituar la misma TIR pero uno requiere el doble de inversión que el otro.
- Es posible que un proyecto dado no sea factible debido a que se obtienen pérdidas sustanciales en algunos años, si bien la TIR puede resultar alta por obtenerse grandes ganancias en otros años. El criterio TIR no presta atención al flujo anual de fondos, que puede resultar muy importante en explicar porque no se pueden adoptar ciertos proyectos (este mismo problema se presenta con el criterio VP).

Es muy importante advertir que pueden existir discrepancias serias entre el ordenamiento preferencial que produce el método de la TIR y aquel que indica el VPN. Pero este es un punto que no exploraremos aquí por falta de tiempo. Para un análisis de esta discrepancia, véase Infante (1976, p. 94-99).

3. La Relación Beneficio-Costo

Este criterio se apoya en el método de Valor Presente Neto, aunque ello no impide que en ocasiones produzca resultados inconsistentes con los arrojados por el VPN.

La relación Beneficio-Costo (B/C) se calcula de la siguiente manera:

- i) Se calcula el valor presente de los ingresos asociados con el proyecto.

$$\text{VP ingresos} = \sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i}$$

- ii) Se calcula el valor presente de los egresos (costos o

gastos) del proyecto.

$$\text{VP egresos} = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

iii) Se establece el cociente entre el VPN de los ingresos y el VPN de los egresos. El resultado de esta división es la relación Beneficio-Costo (B/C).

$$B/C = \frac{\text{VPN ingresos brutos}}{\text{VPN egresos brutos}} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}} \begin{cases} > 1 \\ = 1 \\ < 1 \end{cases}$$

La regla correspondiente dice que debe hacerse la inversión sólo si B/C es >1, o sea solo si los beneficios son mayores que los costos.

La relación B/C es una función de la tasa de interés, por lo que al igual que VPN, exige conocer el costo de oportunidad del capital pertinente para el productor. En general, a mayor tasa de interés, menor será la relación B/C resultante.

Es importante notar que el criterio B/C es correcto para la decisión de emprender o no un determinado proyecto pero no lo es para elegir entre proyectos alternativos, pues puede llevar a tomar una decisión errada.

Ejemplo:

Proyecto	Y_0	C_0	Y_1	C_1	Y_2	C_2
a	50	100	945	950	1150	1050
b	50	100	0	5	100	0
c	0	50	-5	0	100	0

(r=10%)

Proyecto a

$$B/C = \frac{\text{VPN ingresos brutos}}{\text{VPN egresos brutos}} = \frac{50 + \frac{945}{1.1} + \frac{1.150}{(1.1)^2}}{100 + \frac{950}{1.1} + \frac{1.050}{(1.1)^2}} = \frac{1859,5}{1831,4} = 1,015$$

Proyecto b

$$B/C = \frac{50 + \frac{100}{(1.1)^2}}{100 + \frac{5}{1.1}} = \frac{132,6}{104,5} = 1,269$$

Proyecto c

$$B/C = \frac{\frac{-5}{1.1} + \frac{100}{(1.1)^2}}{50} = \frac{78,09}{50} = 1,562$$

Se han obtenido diferentes valores para B/C, en circunstancias de que por definición todos los proyectos son igualmente buenos, y mas aún, los flujos de ingresos y gastos se refieren a la misma inversión.

La relación B/C se usa casi exclusivamente para medir beneficios sociales y rara vez se utiliza para el análisis de inversiones privadas.

En la práctica es mas común calcular B/C no usando costos brutos y beneficios brutos, sino mas bien comparando el valor actual de los beneficios netos (numerador) con el valor actual del costo de la inversión mas costos de operación y mantención (denominador). Los beneficios netos se obtienen de estimar beneficios brutos menos costos "asociados", es decir, aquellos en exceso de los costos del proyecto (incluidos en el denominador) requeridos para poner en uso o en venta los productos o servicios del proyecto.

Una dificultad que se presenta con este criterio es que hay items de costos y beneficios que son sumamente difíciles de clasificar como "brutos" o "netos". Por ejemplo un proyecto de una fábrica que genera su propia electricidad puede incluir el costo de generar electricidad como un costo del producto y como beneficio las ventas del producto de la fábrica; sin embargo, es perfectamente legítimo incluir el costo de generar electricidad como costo de la parte generación, y un beneficio igual a la venta de electricidad a la fábrica, como costo del

producto la compra de electricidad con un beneficio igual a la venta del producto.

4. El Equivalente Anual de los Flujos de Efectivo

Este es otro método que existe para evaluar alternativas de inversión, y que se emplea particularmente para evaluar proyectos que básicamente son fuentes de egresos. En muchos de estos casos no se puede establecer la rentabilidad del servicio, ya que en esencia se trata únicamente de desembolsos.

Este método consiste en convertir el conjunto de ingresos y egresos del proyecto en una serie uniforme de partidas anuales, pero para ello es necesario estipular la tasa de interés de oportunidad.

Se determina el valor actual de los flujos positivos (ingresos) menos el valor actual de los flujos negativos (costos) sobre el período que dure el proyecto. El valor actual neto se convierte en equivalente anual de los flujos de efectivo, mediante la siguiente fórmula:

$$EA = VPN \times \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

La regla de decisión en este caso es maximizar el equivalente anual de los flujos de efectivo.

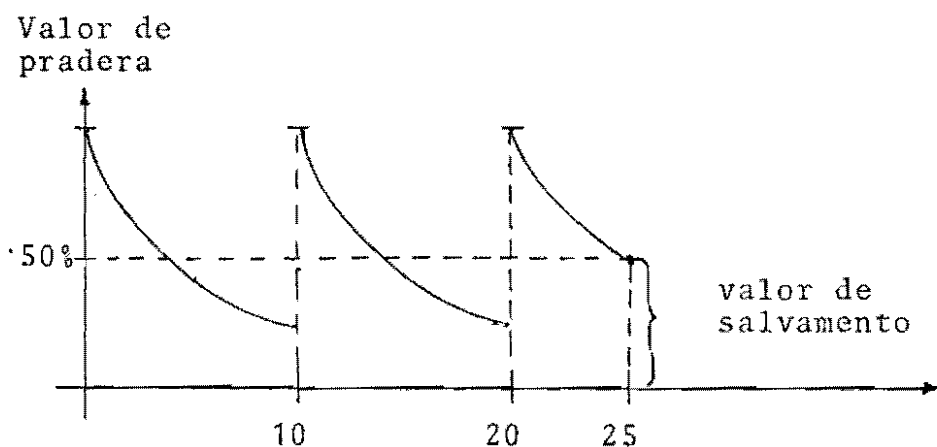
El problema de la depreciación contable versus el valor de reposición

Al determinar el flujo de costos no se incluye la depreciación de los activos como costos, ni tampoco los intereses sobre el capital empleado que ha sido aportado por la entidad para la cual estamos haciendo el análisis. En cuanto al capital prestado, en el análisis financiero, este se incorpora como un "beneficio", en tanto que los intereses que se pagan por el préstamo son incorporados como costos.

El método que se sigue es el de incluir el valor del activo o inversión como un costo, en el año (o mes) en que se desembolsa esa suma, o sea, cuando se realiza la inversión. Al término de la vida útil de dicho activo, se requiere reponerlo, de modo que nuevamente se consigna como un costo el valor de reposición del activo. Una convención adicional es incluir como beneficio o ingreso el valor de salvamento del activo en el último período del proyecto, al suponerse que se liquidan todas las inversiones.

Ejemplo:

Supongamos que la pradera mejorada tiene una vida útil de 10 años, al cabo de los cuales es preciso reponerla, y el proyecto dura 25 años:



Duración del período del proyecto

¿Por cuántos períodos debemos efectuar análisis económico? La regla general es seleccionar un período que sea comparable a la vida económica del proyecto.

Cuando se trata de un proyecto que consiste en una inversión de capital inicial sustancial, como por ejemplo un canal de riego, es conveniente tomar como punto de partida la vida útil del ítem principal en la inversión*. Cuando no existen pro-

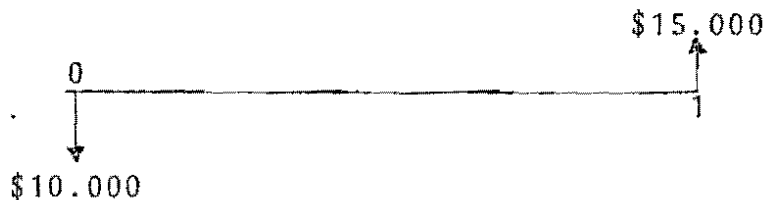
* La vida útil de un proyecto termina cuando el valor actual de los beneficios netos esperados durante el próximo período son menores que cero, habiéndose considerado al capital recuperable de la inversión como parte del beneficio neto que se obtiene al comienzo del período.

segmentada, el estudio económico debe consistir en un análisis incremental, tendiente a establecer la rentabilidad marginal de las inversiones adicionales que demandan las alternativas mas costosas. El análisis incremental se requiere cuando se utilizan las técnicas de TIR o la relación B/C, pero no es necesario hacerlo si se usa el criterio de VPN pues este índice ordena correctamente y en forma directa las alternativas en orden preferencial.

El efecto de la inflación

La inflación modifica la rentabilidad de los proyectos de inversión.

Imaginemos una inversión de \$10.000 con un interés anual del 50%.



Pero durante el año ha habido una inflación del 25%, de modo que con los \$15.000 del año 1 no se puede comprar la misma canasta de bienes que en el año 0.

Debemos considerar los ingresos y egresos de la inversión en términos "reales", es decir en unidades de valor adquisitivo constante. Para ello, es preciso desarrollar una fórmula que permita relacionar a la tasa de interés "real" con la tasa de interés "nominal" y con la tasa de inflación.

Si invertimos \$P hoy a un interés nominal anual r , al cabo de un año tenemos $\$P(1+r)$. Pero si el dinero pierde su capacidad adquisitiva a una tasa anual de r_f , \$P de hoy solo podrán comprar

$$\frac{\$P}{1+r_f}$$

dentro de un año.

En consecuencia, los $\$P(1+r)$ que se acumulan en un año solo podrán comprar $\frac{\$P(1+r)}{(1+r_f)}$ de hoy en día. De aquí se desprende que:

$$(1+r_{\text{real}}) = \frac{1+r}{1+r_f}, \text{ o sea:}$$

$$r_{\text{real}} = \frac{1+r}{1+r_f} - 1 = \frac{r-r_f}{1+r_f}$$

En el ejemplo:

$$r_{\text{real}} = \frac{0.50-0.25}{1+0.25} = \frac{0.25}{1.25} = 0.20 \\ = 20\%$$

Esta fórmula es válida solamente cuando la tasa de inflación representa el aumento porcentual en el valor de la canasta familiar. Otra alternativa es "deflactar" los costos y beneficios anuales por r_f , antes de calcular VP, TIR, o B/C.

APENDICE

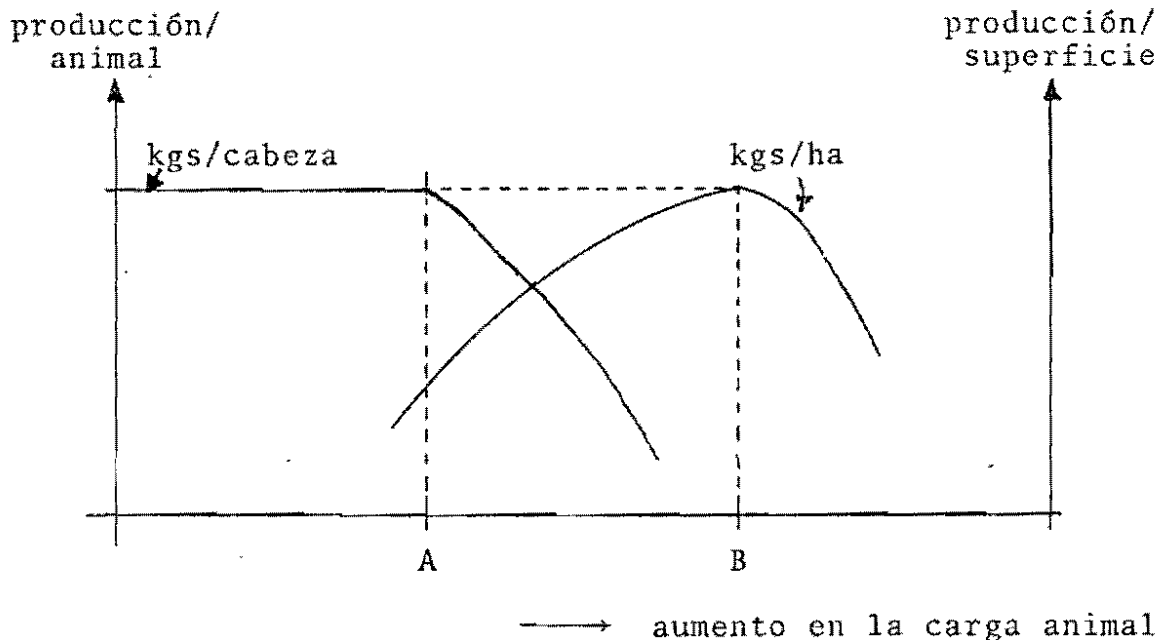
CALCULO DE LA CARGA ANIMAL ECONOMICAMENTE OPTIMA

La determinación de la carga animal óptima desde el punto de vista económico puede ocurrir a tres niveles:

- a) junto con la decisión de comprar una finca,
- b) dado que existe la finca, junto con la decisión de implantar un cierto pasto, y
- c) dada la finca y el pasto ya plantado, que carga utilizar.

En el primer nivel decisorio, la decisión de qué carga usar en la finca es menos relevante que en los otros dos niveles, pues entran en la decisión otros elementos como precio de la tierra, costo de los factores, etc. Por lo tanto, veremos este problema en el nivel de decisión donde tiene mayor relevancia, es decir, cuando queremos saber qué carga usar incluyendo en la decisión la implantación de la pradera.

Es ampliamente conocido que en engorde, los cambios en la carga animal, provocan variaciones en la producción por animal y en la producción por unidad de superficie. En general, estos cambios pueden ser representados por la gráfica siguiente:



Un incremento de la carga animal produce al mismo tiempo (entre A y B) un aumento en la producción por unidad de superficie y una disminución en la producción por animal (disminuye la ganancia de peso diaria). ¿Cuál es entonces la mejor solución para el productor? En general, esto dependerá del precio de la tierra y del costo de establecimiento de la pradera. Si éste último es bajo y la tierra es relativamente más barata, la carga óptima estará mas cercana a A (maximizar kilos de carne por cabeza). En cambio, con tierras caras y costo de establecimiento de la pradera alto, la solución estará mas cerca a B (maximizar kilos de carne por hectárea).

El criterio de selección de la carga óptima que hemos utilizado en el programa es el de TIR (otros como Zulberti [5] usan flujo anual equivalente). Con el fin de estimar la TIR para cada carga animal posible, se han considerado los siguientes egresos (Estrada y Paladines [1]) que en general varían según la carga animal utilizada:

- inversión en la siembra de pasto (\$/ha) cada cierto número de años, dependiendo de la duración esperada de la pradera,
- inversión en cercas, corrales y casa con reparaciones del 60% del valor cada seis años,
- inversión en el equipo de riego, con reparaciones del 20% del valor cada tres años,
- gastos anuales en manejo y administración (\$/ha/año)*,
- gastos en agua para riego (\$/ha/año),
- gastos en sales y salud animal (\$/U.A./año)*,
- gastos en compra de ganado flaco*, y
- gastos en fertilizantes.

Con el fin de obtener una estimación de los ingresos, se supone un período de engorde de un año. Los ingresos anuales varían para cada carga animal, al variar las ganancias de peso anuales por cabeza y el número de cabezas que se venden.

En todas las alternativas se considera un horizonte de tiempo de doce años, al final del cual se venden los activos de la finca según su valor de salvamento.

La carga óptima es aquella que maximiza la TIR. Como se vió mas arriba, su valor estará entre A y B de la gráfica presentada.

* Estos gastos varían en función de la carga animal.

REFERENCIAS

- [1] Estrada, Rubén Darío y Osvaldo Paladines. "Evaluación Económica de la Producción de Carne en Pasto Pangola con Aplicación de Nitrógeno", 1978 (Borrador).
- [2] Fontaine, Ernesto. "Evaluación Privada y Social de Proyectos", Trabajos Docentes N°5, Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile, Diciembre de 1971.
- [3] Gittinger, J. Price. "Economic Analysis of Agricultural Projects", The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1972.
- [4] Infante V., Arturo. "Evaluación Económica de Proyectos de Inversión". Biblioteca Banco Popular, Bogotá, Colombia, 1976.
- [5] Zulberti, Carlos A. "La Selección de la Carga Animal Económicamente Optima para el Engorde de los Vacunos", enero de 1974 (mimeo)..



EJERCICIO

El siguiente ejemplo tiene por objetivo plantear un proyecto de inversión en pasturas mejoradas, con el fin de ilustrar los criterios de evaluación económica presentados en clase. Fué obtenido de la tesis de Master (en proceso) del Sr. Uriel Gutiérrez, CIAT.

El proyecto que se quiere evaluar consiste en poner a funcionar una finca de cría, levante y ceba de 500 hectáreas en los Llanos Orientales de Colombia. En ella se quiere implantar alrededor de 25 hectáreas de Brachiaria decumbens para alimentar el hato de cría y los terneros. Se comprará además el ganado, estimándose que la finca podrá mantener unas 41 vacas de cría, con un hato total de 129 cabezas (ó 70 U.A.).

De modo que el proyecto consiste en comprar ganado y sembrar pasto Brachiaria, así como en construir la casa, ramada, cercas alrededor de la finca y para la división de potreros, saladeros y bebederos, corral, etc. En general, se estima que la vida útil de estos activos incluyendo la pradera mejorada es de 12 años pero el proyecto considera un período de 25 años.

Los gastos anuales comprenden: compra de sales mineralizadas, vacunas y drogas, contratación de mano de obra y gastos de administración. A su vez los ingresos anuales de la finca contemplan ventas de leche, de terneras excedentes (una vez separadas las de reemplazo), novillos de ceba (3-4 años) y vacas de desecho.

Mediante el uso del modelo HATSIM de simulación se proyecta el desarrollo del hato durante 25 años, en el que se supone que los parámetros tecnológicos van mejorando paulatinamente, debido a una mayor natalidad, menor mortalidad de terneros y de adultos, entore de novillas de reemplazo a menor edad y mayor peso a la venta de las vacas de desecho, comparado con una situación de pradera nativa sin Brachiaria.

A continuación se presenta el "output" del modelo HATSIM, en que se muestra el desarrollo del hato, compras, ventas y flujo de caja del proyecto. Suponiendo que la tasa de interés de oportunidad de un ganadero en los Llanos es del 7% anual, determine si el proyecto es o no rentable, en base a los criterios de evaluación estudiados.

La TIR estimada para este flujo de caja (con ayuda del computador) es 9.3%.

DESARROLLO DEL HATO

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
VACAS	41	40	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	0	
TOROS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
TERNERAS (0-1)	13	10	10	13	14	12	12	13	12	13	12	12	13	12	12	12	12	12	13	12	13	12	13	13	12	12	0	
TERNERAS (1-2)	12	13	10	9	13	13	12	12	13	12	13	11	12	13	12	11	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	0	
TERNERAS (2-3)	8	11	13	9	8	12	12	11	10	12	11	12	10	11	12	11	10	11	11	11	11	11	11	11	10	11	0	
TERNERAS (3-4)	0	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
TERNEROS (0-1)	13	9	11	12	13	13	13	12	13	12	13	13	12	13	13	13	13	13	12	13	12	13	12	12	12	13	0	
TERNEROS (1-2)	12	13	9	11	11	12	12	13	11	13	11	13	13	12	13	13	12	13	13	12	11	12	13	12	12	12	0	
NOVILLOS (2-3)	12	12	13	8	11	11	11	12	13	10	13	11	11	13	10	13	13	11	12	12	12	10	12	13	11	0		
NOVILLOS (3-4)	12	12	11	13	8	11	11	10	12	13	9	13	11	10	13	10	13	13	11	12	12	12	12	12	13	13	0	
NOVILLOS (4+)	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL CARIAS	137	124	122	121	122	128	127	127	128	129	126	128	126	128	129	126	128	129	127	128	127	126	126	128	128	128	0	
TOTAL U. A.	75	70	70	68	65	69	69	69	70	70	68	70	69	69	70	68	70	70	68	70	69	69	68	70	70	0		

11

FLUJO DE CAJA

AÑO	TOTAL INGRESOS	TOTAL EGRESOS	BALANCE
0	0	1,006,100.	-1,006,100.
1	150,282.	169,152.	-18,870.
2	160,368.	49,032.	111,336.
3	172,548.	48,409.	124,139
4	179,639.	47,624.	132,015
5	136,516.	49,110.	87,406
6	172,548.	49,050.	123,497
7	173,784.	48,769.	125,015
8	161,982.	49,392.	112,590
9	169,248.	49,452	119,796
10	184,596.	48,709	135,887
11	153,071.	275,392	-122,321
12	180,948.	48,709	132,239
13	158,654.	49,110	109,543
14	161,982.	49,452	112,530
15	185,948.	48,709	137,239
16	154,757.	49,392	105,365
17	169,726.	49,452	120,274
18	180,948.	48,769	132,179
19	163,697.	49,392	114,305
20	175,498.	49,050	126,448
21	174,248.	48,990	125,258
22	168,041.	48,709	119,332
23	159,713.	275,392	-115,679
24	169,248.	49,392	119,856
25	114,3442.	22,000	112,1442

NOTA; Para los cálculos redondear las cifras a miles de pesos. Adjunto encontrará una tabla de actualización para $r = 7\%$. Se recomienda utilizar solo dos dígitos.

PRESENT VALUE $1/(1+i)^n$ (Continued)

Periods <i>n</i>	Rate <i>i</i>				
	.06 (6%)	.065 (6½%)	.07 (7%)	.075 (7½%)	.08 (8%)
1	9433 0623	9389 6744	9345 2944	9301 9156	9259 2593
2	8809 9644	8816 5078	8734 3873	8655 3261	8573 3882
3	8306 1928	8278 4909	8162 9788	8049 6057	7938 3224
4	7920 9366	7774 2309	7628 9571	7488 0055	7350 2985
5	7472 5817	7298 8084	7129 8648	6965 5863	6805 8320
6	7049 6054	6853 3412	6663 4222	6479 6152	6301 6963
7	6650 5711	6435 0621	6227 4974	6027 5490	5834 9040
8	6274 1247	6042 3149	5820 0910	5607 0223	5402 6888
9	5918 9846	5673 5323	5439 3374	5215 8347	5002 4897
10	5583 9478	5327 2604	5083 4929	4851 9393	4631 9549
11	5267 8753	5002 1223	4780 9280	4549 4319	4328 8286
12	4969 6946	4695 8285	4469 1496	4258 5443	4051 4376
13	4688 3902	4410 1676	4149 6445	3905 6198	3670 9792
14	4423 0696	4141 0025	3878 4724	3633 4347	3404 6401
15	4172 6596	3888 2672	3624 4602	3379 6602	3152 4470
16	3936 4628	3650 9533	3387 3460	3143 8699	2918 9047
17	3713 6442	3428 1251	3165 7439	2924 5402	2702 6855
18	3503 4379	3218 8969	2958 6392	2720 4932	2502 4903
19	3305 1301	3022 4384	2765 0833	2530 6913	2317 1206
20	3118 0473	2837 9704	2584 4900	2354 1345	2145 4821
21	2941 5540	2664 7608	2415 1309	2189 8897	1986 5575
22	2775 0549	2502 4248	2257 1347	2037 4967	1839 4951
23	2617 9226	2349 4111	2109 4688	1894 9830	1703 1528
24	2469 7855	2206 0198	1974 4662	1762 7749	1576 9944
25	2329 9863	2071 3801	1842 4948	1639 7996	1460 4790
26	2198 4603	1944 9579	1721 9549	1525 3866	1352 0476
27	2073 6295	1826 2545	1609 3037	1418 9643	1251 8682
28	1956 3044	1714 7992	1504 0221	1319 9668	1159 1372
29	1845 5674	1610 1346	1405 6282	1227 8761	1073 2752
30	1741 1043	1511 8697	1313 6712	1142 2493	993 7733
31	1643 5481	1419 5875	1227 7301	1062 5212	920 4695
32	1549 5740	1334 9460	1147 4113	988 3948	852 0005
33	1461 8622	1254 5925	1072 3470	919 4343	788 8993
34	1379 1153	1175 2042	1002 4934	855 2877	730 4534
35	1301 0522	1103 4784	936 6294	795 6164	676 3454
36	1227 0177	1036 4297	875 3546	740 4083	626 2438
37	1157 9448	972 8917	818 0884	688 4729	579 8572
38	1092 3885	913 5134	764 5656	640 4399	536 9048
39	1030 5552	857 7590	714 5501	595 7580	497 1344
40	972 9240	805 4075	667 8038	554 4935	460 3093
41	917 1905	756 2542	624 1157	515 5288	426 2423
42	865 3740	710 0950	583 2857	479 5617	394 6444
43	816 2962	666 7579	545 1268	446 4039	365 4084
44	770 0698	626 0649	509 4643	414 9804	338 3444
45	726 5097	587 8545	476 1349	386 0283	313 2788
46	685 3781	551 9743	444 9859	359 0964	290 0730
47	646 5831	518 2848	415 8747	334 0428	268 5864
48	609 9840	486 6574	388 6679	310 7375	248 6908
49	575 4566	456 9596	363 2410	289 0582	230 2693
50	542 8846	429 0646	339 4776	268 8013	213 2423

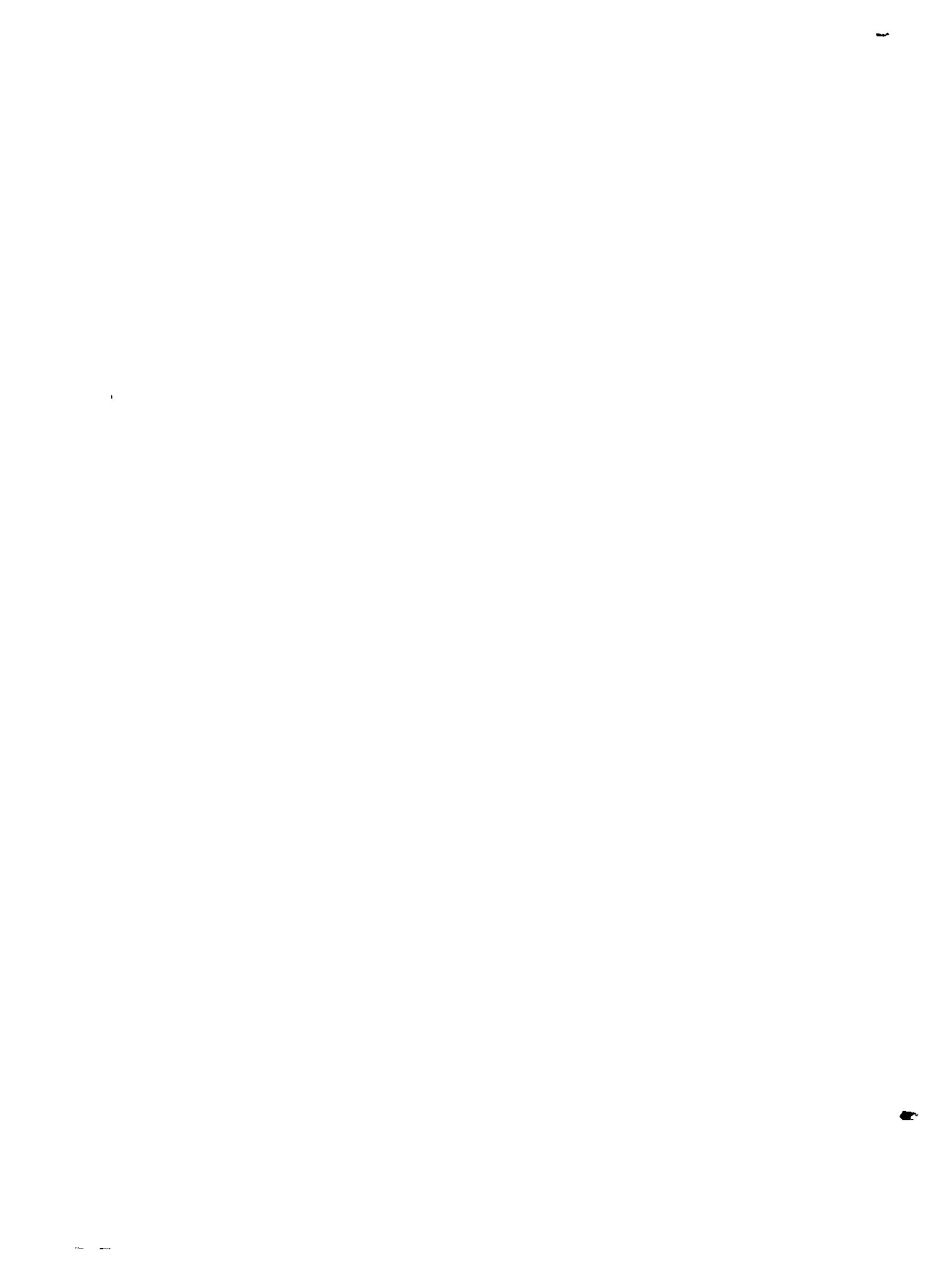
Biometría

1. Nociones básicas del diseño y análisis de experimentos.
Amézquita de Quiñones, M.C.


BIBLIOTECA

53940

SERVICIOS REFERENCIALES Y BIBLIOGRÁFICOS



CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL "CIAT"

NOCIONES BASICAS DEL DISEÑO
Y ANALISIS DE EXPERIMENTOS

María Cristina Amezcua de Quiñones
Unidad de Biometría
CIAT

Mayo 20, 1975.

- 1 -

INTRODUCCION

=====

El propósito de este ciclo de tres conferencias es explicar en una forma fácil y clara:

- a) Cuál es el papel de " Biometría " en CIAT
- b) Cuál es el proceso a seguir cuando se desea efectuar un experimento
- c) Cuál es el uso de la Estadística y la Probabilidad en la experimentación
- d) Cuáles son los diseños estadísticos más utilizados en experimentación agrícola y pecuaria
- e) Cómo analizar algunos diseños balanceados básicos

Aunque el estudio del Diseño y Análisis de Experimentos conlleva una teoría matemática muy sólida y elegante, no es nuestro deseo profundizar en ella a través de estas conferencias. Más bien, explicaremos cuáles son los diseños básicos que existen, cuándo se pueden usar y cómo se deben analizar.

PRIMERA CONFERENCIA
=====

PAPEL DE BIOMETRICA EN CIAT.-
=====

INTRODUCCION AL ANALISIS ESTADISTICO
=====

1. PAPEL DE BIOMETRIA EN CIAT

Como todos sabemos, CIAT hace experimentación en el campo Agrícola .

Mencionaremos, como ejemplos, algunos experimentos que se llevan a cabo en las distintas áreas:

CULTIVOS	Yuca:	"Efecto de distintas dosis de fertilizantes y de diferentes variedades sobre la producción de Yuca".
	Arroz	
	Fríjol:	"Efecto del virus del Mosaico Común en el rendimiento de 2 variedades: ICA-GUALI e ICA-TUI".
PASTOS Y FORRAJES	Nutrición de Plantas:	"Tolerancia al Aluminio de varios ecotipos de <u>S. capitata</u> ."
	Establecimiento:	" Epocas de siembra en <u>A. gayanus</u> ".
	Valor Nutritivo:	" Consumo de <u>D. ovalifolium</u> por animales en pastoreo."

SEGUNDA Y TERCERA CONFERENCIAS

===== = ===== =====

ANALISIS ESTADISTICO DE ALGUNOS DISEÑOS BALANCEADOS BASICOS

Como se mencionó anteriormente, las técnicas de Análisis aplicables dependen del tipo de datos que se recolecten.

Hay dos tipos de datos: continuos y discretos.

a) Datos Continuos: son aquellos representados por cualquier número real dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el aumento de peso de cada animal al final de cierto tratamiento medido en kg. Entre los datos puede haber números como 20 kg, 20.5 kg, 20.7854 kg, 40.05 kg, etc. en un rango que varia entre 7 y 60 kg digamos.

Otros ejemplos de datos continuos son: altura de un grupo de personas, - medida en metros; area foliar medida en cm^2 ; cantidad total de materia seca en kg; etc.

b) Datos discretos: son aquellos que solo pueden representarse por determi nados valores dentro de un cierto rango. Generalmente, se representan - por números enteros. Por ejemplo: el número de vacas preñadas en cada - una de 5 fincas de 60 vacas. Se obtendrían entonces 5 datos, y cada uno puede ser un valor entero entre 0 y 60.

Un grupo de datos para este ejemplo es:

	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
No. de Vacas Preñadas	20	35	51	12	0
No. de Vacas No Preñadas	40	25	9	48	60
No. total de Vacas	60	60	60	60	60

Obsérvese que en estos datos no puede aparecer un número con decimales - por ejemplo: 25.7 vacas preñadas.

7^a Conferencia: Mayo 27/75

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL "CIAT"

ANALISIS DE ALGUNOS DISEÑOS EXPERIMENTALES BASICOS

Maria Cristina Amézquita

Unidad de Biometría

CIAT

Mayo 27, 1975

Todos los experimentos mencionados son "Aleatorios". Vamos a definir lo que es un "Experimento Aleatorio" en contraste con un "Experimento Determinístico".

Experimento Aleatorio: Es aquel cuyo resultado está sujeto a variaciones - no controlables por el experimentador. Ej.: Experimentos biológicos.

Experimento Determinístico: Es aquel cuyo resultado no está sujeto a variaciones no controlables por el experimentador. Ej.: Experimentos físicos.

La Estadística y la Probabilidad ponen a nuestro alcance métodos que nos permiten sacar conclusiones, con cierto margen de error, sobre los resultados de experimentos aleatorios.

Tipos de Error Dos tipos de error se pueden cometer al sacar conclusiones sobre un experimento aleatorio, a saber:

Error de Tipo I: Rechazar una hipótesis cuando es cierta.

Error de Tipo II: No Rechazar una hipótesis cuando es falsa.

Definamos además α y β como sigue:

α = Probabilidad de cometer error de Tipo I.

β = Probabilidad de cometer error de Tipo II.

Debido a que los métodos estadísticos existentes nos permiten Rechazar una hipótesis planteada, pero nunca Aceptarla, el deseo del experimentador es minimizar la probabilidad de cometer error de Tipo I, es decir, trabajar con un α (probabilidad de Rechazar una hipótesis cierta) muy pequeño.

Por esta razón, al iniciar un experimento, el valor de α se fija de antemano. Este valor es lo que se conoce como el "Nivel de Significación" de una prueba estadística. Así, podemos definir:

Nivel de Significación de una Prueba Estadística = α

= Probabilidad de cometer error de Tipo I

= Probabilidad de rechazar una hipótesis cierta

Entonces: Si el nivel de significación de una prueba es $\alpha = 5\%$, tenemos una probabilidad de equivocarnos (rechazando una hipótesis cierta), de solo 5% ; es decir, nuestro margen de seguridad (de estar en lo cierto) es de 95% . En este caso, decimos que el nivel de confianza será de 95% .

Igualmente, si el nivel de significación es de 1% , el nivel de confianza será de 99% .

Los niveles de significación más usados son de $\alpha = 5\%$ y $\alpha = 1\%$. A veces se utiliza un $\alpha = 10\%$.

Biometría en CIAT es un departamento de servicio, cuya misión es hacer el Diseño y Análisis de los experimentos que realizan los distintos programas.

El Diseño de un Experimento indica la forma como se deben aplicar los tratamientos a las unidades experimentales y el número de unidades que se deben emplear.

Todo diseño está expresado en forma teórica mediante un Modelo Matemático correspondiente.

Análisis de los Datos. Cada diseño tiene una forma específica de ser analizado. El análisis de los datos nos permite sacar conclusiones válidas sobre ciertas hipótesis planteadas por el experimentador dado un cierto nivel de significación.

2. PROCESO A SEGUIR CUANDO SE DESEA EFECTUAR UN EXPERIMENTO

Es el mismo que sigue el Método Científico

1. Observación del Fenómeno

Ej. Un novillo Zebú promedio alcanza un peso de 450 Kg. a edad más tardía en los Llanos Orientales que en el Valle del Cauca.

2. Planteamiento del Problema

La producción de carne en los Llanos Orientales es susceptible de mejora. Cómo resolver este problema? Cómo lograr mejor producción de carne en los Llanos?

3. Determinación de las hipótesis

Muchas son las hipótesis que el experimentador se puede plantear. Siguiendo nuestro ejemplo, estas pueden ser:

H_1 : El tipo de pasto influye en el aumento de peso

H_2 : Una suplementación alimenticia contribuye al aumento de peso

H_3 : Hay diferencia en el aumento de peso de acuerdo al tipo de suplementación

H_4 : La sal mineralizada produce mayor aumento de peso que la sal no mineralizada

H_5 : Las condiciones de manejo afectan el aumento de peso del animal.

4. Diseño del Experimento

El tipo de diseño que se debe utilizar depende de las hipótesis que se deseen probar simultáneamente.

Si por ejemplo, se desea probar solamente la hipótesis H_1 , es decir el efecto de un solo factor: del factor "Tipo de Pasto" sobre el aumento de peso del animal, el diseño utilizado será un "Diseño Completamente al Azar", (siempre y cuando exista homogeneidad entre los novillos).

Si se desean probar más de dos hipótesis simultáneamente se utilizarán "Diseños Factoriales".

5. Realización del Experimento

El experimento debe realizarse siguiendo exactamente el diseño planeado.

6. Análisis de los Resultados

Cada diseño se analiza en una forma específica. La técnica usada para datos continuos, es el Análisis de Varianza (ANOVA). Para analizar datos discretos (no contínuos), existen otras técnicas; una de ellas es la prueba CHI-CUADRADO para tablas de contingencia.

Nos concentraremos en la técnica de análisis para datos continuos, es decir en el ANOVA. La forma de realizar los cálculos para el ANOVA depende de si el diseño es "balanceado" o es "no-balanceado".

Un Diseño es Balanceado cuando cada tratamiento se aplica a igual número de unidades experimentales. Es decir, cuando el número de observaciones es igual para cada tratamiento.

Un Diseño es No Balanceado cuando por lo menos un tratamiento se aplica a menos, o a más, unidades experimentales que los demás. Es decir, cuando el número de observaciones no es igual para cada tratamiento.

Las técnicas para realizar el ANOVA para experimentos balanceados siguen patrones convencionales y se explicarán más adelante.

El ANOVA para diseños no-balanceados es más complicado.

Hasta el presente, existen 4 métodos desarrollados por Henderson, uno de los cuales fue adaptado al computador por Walter R. Harvey en 1960 y es el que utilizamos en Biometría para analizar diseños no balanceados. Desafortunadamente, este método tiene varias restricciones en su aplicación. Por ejemplo:

- a) No permite medir interacciones de más de 2 factores
- b) No es útil para analizar experimentos de bloques incompletos (parcelas divididas, etc.)

Sin embargo, dada la cantidad de diseños no balanceados que se presentan, sobre todo en experimentos pecuarios, el Método "Harvey" es una herramienta muy útil.

3. Diseños Básicos Utilizados en Experimentación Agrícola y Pecuaria

Vamos a hablar de cada tipo de diseño mediante ejemplos. Tomaremos un experimento de campo y uno con animales en casi todos los casos. Deseamos dejar en claro cuándo se deben utilizar los diferentes diseños y cuáles son las diferencias básicas entre ellos.

El vocabulario técnico usado se irá explicando a través de los ejemplos.

1.) Diseño Completamente al Azar (de 1 clasificación)

Ej. No. 1: Se desea comparar el rendimiento de 3 variedades de frijol: variedad 1, variedad 2 y variedad 3. El terreno disponible para la siembra es perfectamente homogéneo.

Entonces, si deseamos que el diseño sea balanceado, debemos dividir el terreno en 3, 6, 9, 12, 15 etc. parcelas, de tal manera que cada variedad se siembre en igual número de parcelas. En este caso, las parcelas son las "Unidades

experimentales" del diseño y las variedades son los "tratamientos". Estamos probando un solo "factor": el factor "variedad" a 3 "niveles": Variedad 1, Variedad 2 y Variedad 3.

Si nos preguntamos: Cuál es el mínimo número de unidades experimentales que necesitamos para ensayar - los 3 tratamientos? La respuesta será 3.

Entonces, si dividimos el terreno en 3 parcelas o - "unidades experimentales" y aplicamos cada tratamiento una sola vez, tendremos 1 "Replicación" del Experimento. Si lo dividimos en 6 parcelas y aplicamos cada tratamiento a 2 parcelas, tendremos 2 Replicaciones. Si lo dividimos en 18 parcelas y aplicamos cada tratamiento a 6 parcelas, tendremos 6 replications del Experimento.

Entre más replicaciones hagamos del experimento nuestras conclusiones serán mas exactas.

Supongamos que deseamos hacer 3 Replicaciones. Entonces el terreno deberá estar dividido en 9 unidades experimentales y las variedades (tratamientos) deben aplicarse a las unidades al azar. Una forma posible se ve en el gráfico.

TERRENO

V ₁	V ₁	V ₂
V ₃	V ₂	V ₂
V ₃	V ₃	V ₁

V₁ = variedad 1

V₂ = variedad 2

V₃ = variedad 3

Resumamos :

Un diseño completamente al azar se aplica cuando se desea ver el efecto de un solo Factor, con cualquier número de niveles (en este ejemplo el factor es Variedad con 3 niveles) y el terreno es perfectamente homogéneo. Es decir, cuando no hay diferencia entre las unidades experimentales.

En este diseño los tratamientos deben asignarse a las unidades experimentales al azar.

Ej. No. 2: Se desea probar el efecto de 3 dietas alimenticias sobre el aumento de peso de cerdos. Se dispone de un grupo homogéneo de cerdos, (igual peso, igual edad, iguales condiciones de manejo, etc.) En este caso:

La "Unidad Experimental" es un cerdo; los tratamientos son las dietas.

Cuál es el número mínimo de cerdos para una Replicación? 3. Entonces, el número de replicaciones depende del número de cerdos disponibles. Supongamos que tenemos 15 cerdos. Entonces podemos efectuar 5 replicaciones.

El tipo de diseño que se debe utilizar en este caso es un - Diseño Completamente al Azar porque:

- i) Se desea ver el efecto de un solo factor: "Dieta" a 3 niveles.
- ii) Las unidades experimentales no presentan diferencias - entre si. (Los 15 cerdos escogidos son homogéneos).

Se aconseja separar los 15 cerdos en 3 grupos seleccionados al azar y darle a cada grupo una de las tres dietas.

NOTA: Un Diseño Completamente al Azar no balanceado se analiza en la misma forma

convencional que el diseño balanceado. Este es el único caso en el que el desbalance no presenta complicaciones en el análisis.

2) DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR. (de doble clasificación)

Ej. No. 3: Se desea comparar el rendimiento de 3 variedades de frijol: Variedad 1, Variedad 2 y Variedad 3, como en el ejemplo No. 1. Pero el terreno disponible para la siembra no es homogéneo, presenta una zona fértil y una zona estéril.

Un diseño completamente al azar no es aplicable debido a la no homogeneidad del terreno.

Qué se debe hacer entonces? Dividimos el terreno en "Bloques", en este caso un Bloque Fértil y un Bloque Estéril y, para obtener un diseño balanceado, aplicamos todos los tratamientos a cada bloque al azar. Cuál es el número mínimo de unidades experimentales (parcelas, - en este caso) necesarias en cada bloque? La respuesta es 3. Es decir, el mínimo número de unidades experimentales en que se debe dividir el terreno, para una replicación, es 6; 3 en cada bloque.

Para 2 replications, necesitaremos 6 unidades por bloque y 12 en total.

Para 7 replications, por ejemplo, necesitaríamos 21 - unidades por bloque, es decir 42 unidades experimentales en total.

El cuadro siguiente ilustra la aplicación de las 3 variedades a los bloques, con 1 y 2 Replicaciones.

FERTIL		ESTERIL	
v ₃	v ₂	v ₃	v ₁
v ₃	v ₁	v ₂	v ₃
v ₁	v ₂	v ₁	v ₂

Con 2 Replicaciones

FERTIL	ESTERIL
v ₁	v ₂
v ₃	v ₁
v ₂	v ₃

Con 1 Replicación

Resumamos:

Un diseño de Bloques al Azar se aplica:

Cuando se desea ver el efecto de un solo factor con cualquier número de niveles (En el ejemplo No. 3, "Variedad" con 3 niveles), pero el terreno no es homogéneo; es decir las unidades experimentales se pueden agrupar en "Bloques".

En un Diseño de Bloques al Azar, los tratamientos se deben aplicar a las unidades de cada bloque al azar.

Ej. No. 4: Se desea probar el efecto de 3 dietas alimenticias sobre el aumento de peso de cerdos que provienen de 2 madres distintas.

Se dispone de 9 cerditos por camada.

En este ejemplo el diseño adecuado sería un Diseño de Bloques al Azar con 2 Bloques, 3 tratamientos y 3 Replicaciones, así:

Un Bloque es una camada.

Un "tratamiento" son las dietas.

La "unidad experimental" es un cerdo

Cada dieta debe aplicarse a 3 cerditos en cada camada, es - decir el experimento consta de 3 Replicaciones.

Nótese que el número total de unidades experimentales (cerdos) utilizado en este diseño es 18.

3.) DISEÑO CUADRADO LATINO (Triple Clasificación)

Ej. No. 5: Se desea comparar el rendimiento de 3 variedades de fríjol en 3 tiempos de siembra: Enero, Abril y Julio. El terreno disponible para la siembra presenta 3 zonas bastantes diferenciadas que llamaremos "Fértil", "Semi Fértil" y "Esteril". Además del factor "Variedad", se desea ver el efecto del factor "Tiempo de Siembra".

Entonces se nos presenta un experimento con 3 clasificaciones: "Variedad" con 3 niveles ;

"Tiempo de Siembra" con 3 niveles ;

y " Bloque" con 3 niveles .

Una forma de aplicar los tratamientos a las unidades experimentales es la siguiente, (para 1 Replicación):

	FERTIL	SEMI-FERTIL	ESTERIL
Siembra en Enero	V ₁	V ₂	V ₃
Siembra en Abril	V ₃	V ₁	V ₂
Siembra en Julio	V ₂	V ₃	V ₁

Observaciones: En un Diseño Cuadrado Latino,

- i) Debe haber 3 clasificaciones
- ii) El número de niveles debe ser igual por cada clasificación
- iii) Cada fila (tiempo de siembra) y cada columna (bloques) debe contener todos los tratamientos (variedades) asignados al azar.

Este es un ejemplo de un Diseño Cuadrado Latino de(3 x 3), es decir, consta de 3 filas y 3 columnas, y el número de unidades experimentales para una Replicación es 9.

Si se desean hacer 2 replicaciones, por ejemplo, se deben utilizar 18 unidades experimentales; 6 en cada fila y 6 en cada columna, de tal manera - que cada tratamiento se aplique a 2 unidades experimentales de cada fila y 2 de cada columna.

Eje. No. 6: Un ejemplo de un diseño Cuadrado Latino de (4 x 4) en experimentos animales es el siguiente:

Se desea probar el efecto de 4 tipos de suplementación alimenticia en las ganancias de peso de novillo de 4 razas y hay disponibles para efectuar el experimento 4 potreros que difieren en sus condiciones físicas.

Como hay 3 factores (o clasificaciones) cuyo efecto sobre la ganancia de peso de los novillos se desea medir, a saber:

El factor " potrero " con 4 niveles

El factor " raza " con 4 niveles

y el factor " dieta " con 4 niveles ,

el diseño Cuadrado Latino sería el apropiado para utilizar, siempre y cuando al experimentador no le interese medir el efecto de las interacciones de los distintos factores.

NOTA:

Si sí se desea medir el efecto de las interacciones, el diseño apropiado ya no es el Cuadrado Latino sino un " Diseño Factorial " (La explicación de " Diseño Factorial vendrá más adelante).

Utilizando un Diseño Cuadrado Latino de (4 x 4), el número de animales (unidades experimentales) requerido para una replicación del experimento es 16; 4 novillos de cada raza.

Una forma de aplicar las dietas a los animales es la que se ilustra a continuación:

	Raza 1	Raza 2	Raza 3	Raza 4
Potrero 1	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
Potrero 2	D ₄	D ₁	D ₂	D ₃
Potrero 3	D ₃	D ₄	D ₁	D ₂
Potrero 4	D ₂	D ₃	D ₄	D ₁

Cada casilla representa una unidad experimental (o sea un novillo)

En esta forma cada uno de los 4 novillos de una misma raza está en un potrero distinto y recibe una dieta distinta. Por ejemplo, de los 4 novillos de la raza 1,

- el primero está en el potrero 1 y recibe la dieta 1 ;
- el segundo está en el potrero 2 y recibe la dieta 4 ;
- el tercero está en el potrero 3 y recibe la dieta 3 ; y
- el cuarto está en el potrero 4 y recibe la dieta 2

Si se desean hacer 2, 3, 4, ..., etc., replications del experimento, el número de novillos necesarios sería 32, 48, 64, ..., etc. respectivamente.

4.) DISEÑO CUADRADO GRECO-LATINO (de 4 clasificaciones)

Este diseño sigue los mismos patrones que el Diseño Cuadrado Latino, con la diferencia de que ^{se} utiliza para medir el efecto de 4 factores con igual número de niveles, en vez de 3. Tampoco sirve para medir interacciones.

Vamos a dar como ejemplo de este diseño un experimento de campo, semejante al ejemplo No. 5 citado anteriormente, pero con un nuevo factor: el factor "Tipo de Fertilizante" a 3 niveles.

Ej. No. 7: Se desea medir el rendimiento de 3 variedades de frijol: Variedad 1, Variedad 2, Variedad 3, con 3 tipos de fertilizantes, en 3 épocas de siembra: Enero, Abril y Julio. El terreno disponible para la siembra no es homogéneo y puede dividirse en 3 zonas (o bloques): Fértil, Semifertil y Estéril.

Supongamos que no se desee medir el efecto de las distintas interacciones entre los factores por considerarlas intrascendentes.

Con estas condiciones, el diseño apropiado es un Cuadrado Greco-Latino de (3 x 3). El mínimo número de unidades experimentales (parcelas de terreno, en este caso) necesaria para una Replicación es 9.

El gráfico ilustra una forma de aplicar los fertilizantes y las variedades a las unidades experimentales, en una Replicación.

	Fértil	Semi-Fertil	Estéril
Siembra en Enero	V_1F_1	V_2F_3	V_3F_2
Siembra en Abril	V_3F_3	V_1F_2	V_2F_1
Siembra en Julio	V_2F_2	V_3F_1	V_1F_3

V_1, V_2, V_3 = Variedad 1, 2 y 3

F_1, F_2, F_3 = Fertilizante tipo 1, 2 y 3

Cada casilla representa una unidad experimental (parcela de terreno).

En esta forma, cada fila (tiempo de siembra) y cada columna (bloque) recibe todas las variedades y todos los tipos de fertilizante. Además, cada variedad recibe los 3 fertilizantes.

Si se desean hacer 2, 3, 4....etc. repeticiones, se deben usar 18, 27, 36, etc. número de unidades experimentales respectivamente. Cada "Replicación" es una Repetición del experimento.

NOTA:

La forma que se ha presentado en estas conferencias de aplicar los tratamientos a las unidades experimentales en los diseños Cuadrado Latino y Cuadrado Greco-Latino, no es única. Otras formas de disposición se pueden consultar en cualquier texto de Diseño Experimental. Nos permitimos citar como referencia el libro "Diseño Experimental" de Cochran y Cox.

5.) DISEÑOS FACTORIALES (de clasificación Múltiple)

Hasta ahora hemos citado diseños experimentales que sirven para medir el efecto de 1, 2, 3 y 4 factores (o clasificaciones). Pero ninguno de ellos nos permiten medir el efecto de las distintas interacciones entre los factores. Los diseños factoriales sí tienen esa ventaja sobre los demás. Además los factores pueden tener cualquier número de niveles.

Entonces, un diseño factorial es utilizado:

- i) Cuando se desea ver el efecto de varios factores simultáneamente con cualquier número de niveles por factor, y
- ii) Cuando los efectos de las interacciones entre factores son importantes dentro del experimento y por lo tanto se desean medir.

En un diseño factorial, los tratamientos son todas las posibles combinaciones de factores a distintos niveles.

Veamos un caso donde se aconseja usar un diseño factorial. Este es un ejemplo tomado de la investigación que adelantan becarios de Producción Pecuaria en CIAT.

Ej. No. 8: Diseño Factorial (2 x 2 x 4)

Se desea medir la producción de pasto dependiendo de:

- a) Tipo de Suelo ————— a 2 niveles
 - Suelo No. 3 de Montería
 - Suelo No. 6 de Montería

- b) Especie ————— a 2 niveles
 - Pasto puntero
 - Pasto Siratro

- c) Tratamiento Mineral ————— a 4 niveles
 - 40 P y 20 K
 - 40 P y 0 K
 - 0 P y 20 K
 - 0 P y 0 K

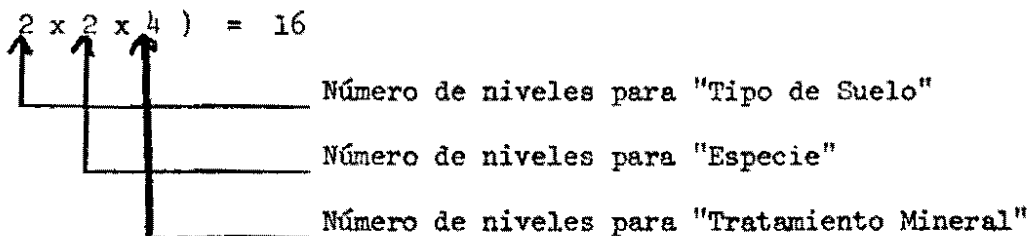
Las "unidades experimentales" serán materos.

La productividad del pasto se medirá según la producción de materia seca por matero.

Se cree inicialmente que puede existir interacción entre "Especie" y "tratamiento mineral del suelo", es decir que las dos especies reaccionan en forma distinta ante los 4 tratamientos minerales.

El propósito del experimento es entonces ver si cada uno de los factores ("Tipo de Suelo", "Especie" y "Tratamiento Mineral") ejerce o no una influencia significativa sobre la productividad del pasto y además ver si la interacción "Especie X Tratamiento Mineral" es significativa.

Los tratamientos son todas las posibles combinaciones de "Tipo de Suelo", "Especie" y "Tratamiento Mineral" a distintos niveles. El número de tratamientos es entonces $(2 \times 2 \times 4) = 16$



Los 16 tratamientos son los siguientes:

- Suelo de Montería No. 3 con Puntero con
 - 40 P - 20 K (1)
 - 40 P - 0 K (2)
 - 0 P - 20 K (3)
 - 0 P - 0 K (4)

- Suelo de Montería No. 3 con Siratro con
 - 40 P - 20 K (5)
 - 40 P - 0 K (6)
 - 0 P - 20 K (7)
 - 0 P - 0 K (8)

- Suelo de Montería No. 6 con Puntero con
 - 40 P - 20 K (9)
 - 40 P - 0 K (10)
 - 0 P - 20 K (11)
 - 0 P - 0 K (12)

- Suelo de Montería No. 6 con Siratro con
 - 40 P - 20 K (13)
 - 40 P - 0 K (14)
 - 0 P - 20 K (15)
 - 0 P - 0 K (16)

A esto se debe que este diseño Factorial se denomine Factorial $(2 \times 2 \times 4)$.

Como el número de tratamientos es 16, el mínimo número de unidades experimentales (materos) requerido para una Replicación es 16. Así, cada tratamiento se aplica a un matero. Si se desea hacer 2 replicaciones debemos usar 32 materos y aplicar cada tratamiento a 2 materos, etc.

6.) DISEÑO DE BLOQUES INCOMPLETOS

Como su nombre lo indica, un Diseño de Bloques Incompletos es aquel en el cual, por problemas de falta de espacio o falta de unidades experimentales, no se pueden aplicar todos los tratamientos a cada bloque, como sería lo ideal.

Los principales Diseños de Bloques Incompletos son:

- a) "Parcelas Sub-Divididas" (Split - Plots Design)
- b) "Parcelas Sub-Subdivididas" (Split - Split - Plots Design)
y "Sub-Sub-Sub-Divididas" (Split - Split - Split Plots Design)
- c) "Bloques Sub-divididos" (Split - Blocks Design)

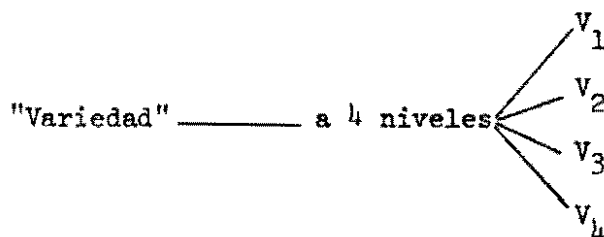
Daremos a continuación un ejemplo donde se aplicó un Diseño de Parcelas Sub-Sub-Divididas.

Ej. No. 9: Diseño de Parcelas Sub-Sub-Divididas con 4 Replicaciones

"Efecto del Thrips en la producción de yuca".

Se desea ver el efecto que ejerce la plaga Thrips en la producción de 4 variedades de yuca, con y sin aplicación de insecticida, con y sin riego.

Hay 3 factores que afectan la producción de yuca, a saber:



"Insecticida" — a 2 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{con} \\ \text{sin} \end{array} \right.$

"Riego" — a 2 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{con} \\ \text{sin} \end{array} \right.$

Si quisiéramos utilizar un Diseño Factorial de (4 x 2 x 2) el mínimo número de unidades experimentales para una replicación sería 16. Es decir, deberíamos dividir el terreno en 16 unidades y aplicar a cada unidad, uno de los 16 tratamientos.

Desafortunadamente, se disponía para este experimento de dos terrenos separados y ninguno de ellos era lo suficientemente grande como para dividirse en 16 unidades.

Entonces se hizo lo siguiente: Se dividió cada terreno en 8 unidades; se sembraron en cada terreno las 4 variedades en dos grupos: el primero recibió insecticida y el segundo no. Al primer terreno se le aplicó riego; al otro terreno no, y para lograr las 4 replicaciones, se tomaron 4 observaciones de cada unidad.

La disposición se ve en el gráfico siguiente:

<u>TERRENO 1</u>		<u>TERRENO 2</u>	
CON RIEGO		SIN RIEGO	
Con Insecticida	Sin Insecticida	Con Insecticida	Sin Insecticida
V ₁ (4 obs.)	V ₁ (4 obs.)	V ₁ (4 Obs.)	V ₁ (4 obs.)
V ₂ (4 obs.)	V ₂ (4 obs.)	V ₂ (4 obs.)	V ₂ (4 obs.)
V ₃ (4 obs.)	V ₃ (4 obs.)	V ₃ (4 obs.)	V ₃ (4 obs.)
V ₄ (4 obs.)	V ₄ (4 obs.)	V ₄ (4 obs.)	V ₄ (4 obs.)

Cuáles son aquí los "bloques"? Los 2 terrenos; son bloques incompletos porque no contienen todos los 16 tratamientos; el primer terreno contiene solo 8 tratamientos con Riego y el segundo contiene los 8 tratamientos sin Riego.

Entonces tenemos:

<u>Parcela Principal</u>	:	"Riego" _____ a 2 niveles.	Hay 2 parcelas principales
<u>Sub-Parcela</u>	:	"Insecticida" _____ a 2 niveles.	Hay 2 sub-parcelas en cada parcela principal
<u>Sub-Sub-Parcela</u>	:	"Variedad" _____ a 4 niveles.	Hay 4 sub-sub-parcelas en cada sub-parcela

Inconveniente de los Diseños de Bloques Incompletos:

El efecto del factor que se aplica a las parcelas principales queda confundido con el efecto de bloques.

En el ejemplo anterior, el efecto del factor "Riego" está confundido con el efecto de "Bloque". Por esta razón, al utilizar un diseño de Parcelas Sub-Dividas o sub-sub-divididas, se aconseja aplicar a las parcelas principales el factor menos importante de todos.

NOTA:

En las dos conferencias siguientes veremos cómo se analiza cada uno de los tipos de diseño que han sido presentados hasta el momento.

Otros ejemplos de datos *discretos* son: el número de ramificaciones en plantas de yuca; el número de niñas en familias de 5 hijos; el número de "recuperaciones" entre pacientes tratados con distintas drogas; etc.

Nos vamos a concentrar en el análisis de datos continuos. Si se desea comparar dos medias^{se} utiliza la "Prueba T". Si se desean comparar varias medias simultaneamente, se utiliza el Análisis de Varianza (ANOVA).

Así, la técnica de análisis utilizada para los distintos diseños es el - ANOVA.

El ANOVA esencialmente separa la varianza total en componentes de varianza debidos a los distintos factores. Luego analiza cuán importantes son estos componentes de varianza y con base en eso concluye sobre si un determinado factor produjo, o no, un efecto significativo en los resultados; es decir, establece si existe o no una diferencia significativa entre las medias de los distintos niveles del factor.

Cada diseño obedece a un modelo matemático determinado y por lo tanto su - ANOVA se realiza en una forma específica. Si el diseño es balanceado, los cálculos necesarios para hacer el Análisis de Varianza se efectúan de acuerdo a patrones convencionales.

A continuación presentamos la forma como se lleva a cabo el Análisis de Varianza para algunos diseños balanceados básicos.

Utilizaremos ejemplos.

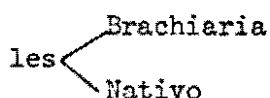
1. Diseño Completamente al Azar

Ej. No. 1 Se desea comparar el efecto de 2 tipos de pasto - Brachiaria y Nativo- sobre el aumento de peso en novillos Zebú de 2 años, durante un período de 6 meses.

Se dispone de un grupo homogéneo de 10 novillos (grupo homogéneo en el sentido de que son del mismo sexo y no difieren significativamente en edad, peso, condiciones de manejo, etc.).

Tenemos lo siguiente:

i) Se desea ver el efecto de un factor, "Tipo de Pasto", a 2 niveles



ii) Las unidades experimentales (novillos) son homogéneas.

Por estas 2 razones el diseño apropiado es el Completamente al Azar.

Se separaron al azar los 10 novillos en 2 grupos de 5 dándole a cada grupo un tipo de pasto. Los resultados fueron los siguientes:

Observaciones: Aumento de peso por animal, en kg.

	Grupo 1 Brachiaria	Grupo 2 Nativo
	100	75
	98	70
	95	68
	87	70
	90	62
Total	$T_1 = 470$	$T_2 = 345$
Media	$\bar{X}_1 = 94$	$\bar{X}_2 = 69$
Des. Estandar	$S_1 = 5.43$	$S_2 = 4.69$
Varianza	$S_1^2 = 29.48$	$S_2^2 = 22$

Aumento total de peso = $G = 815$ kg

Aumento medio de peso = $\bar{X} = 81.5$ kg

El objeto es comparar los aumentos promedio de peso con pasto Brachiaria y con pasto Nativo, es decir, poder responder a la pregunta: Es 94 significativamente mayor que 69? En este caso específico (comparación de 2 medias), te

nemos dos alternativas de análisis que son equivalentes: la Prueba T y el Análisis de Varianza para un diseño Completamente al Azar.

a) Prueba T . -

T calculado:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \text{ donde } S = \sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

y este " T calculado" sigue la distribución T de student con $(n_1 + n_2 - 2)$ grados de libertad.

Reemplazando los valores de \bar{X}_1 , \bar{X}_2 , n_1 , n_2 y S para calcular T, tenemos:

$$S = \sqrt{\frac{5 (29.48) + 5 (22)}{5 + 5 - 2}} = 5.672$$

$$T = \frac{94 - 69}{5.672 \sqrt{1/5 + 1/5}} = 6.97$$

El valor del T calculado es mayor en cuanto mayor sea la diferencia entre las dos medias.

T de la Tabla:

(Tabla de la distribución T de student)

$$T_8 \text{ al } 5\% = 2.306$$

$$T_8 \text{ al } 1\% = 3.355$$

Regla de Decisión:

Si T calculado $>$ T tabla a un nivel de significación α , entonces la diferencia entre las dos medias es significativa a nivel α .

Si T calculado. $< T$ tabla a un nivel de significación α , entonces la diferencia entre las dos medias no es significativa a nivel α .

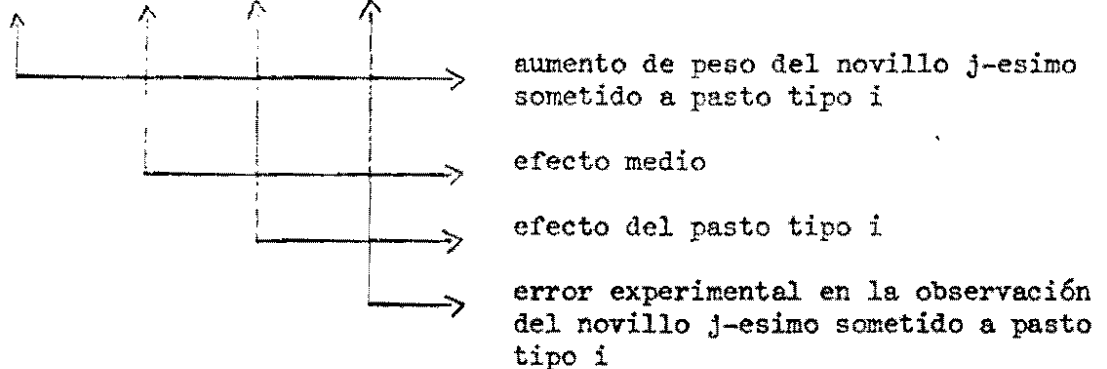
En nuestro ejemplo vemos que la diferencia entre las dos medias (94 y 69) - sí es significativa tanto a nivel del 5% como del 1%. Dicho en otras palabras: en novillos Zebú de 2 años el pasto Brachiaria produce un aumento promedio de peso de 94 kg, que es significativamente superior al producido por el pasto Nativo, 69 kg, y la probabilidad de equivocarnos al afirmar lo anterior es solo de un 1%.

b) Análisis de Varianza para un Diseño Completamente al Azar

Modelo Matemático

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

$$, \text{ con } \alpha_1 + \alpha_2 = 0$$



$$i = 1, 2$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5$$

Hipótesis a probar - $H_0: \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2$

Esta hipótesis nos dice que el efecto del tipo de pasto sobre el aumento de peso es nulo.

El ANOVA tiene por objeto probar si esa hipótesis es falsa o no. Presentamos a continuación la tabla del ANOVA correspondiente a nuestro ejemplo, indicando cómo efectuar los cálculos. Las explicaciones correspondientes a "causas de

variación", "g.l.", "S.C.", "C.M.", "Fcalc." y "F tabla" se pueden extender a los demás diseños.

Causas de Variación	g. l.	S. C.	(S. M.	Fcalc.	F Tabla
Tipo de Pasto	1	$\left(\frac{T_1^2}{n_1} + \frac{T_2^2}{n_2} \right) - \frac{G^2}{N}$	S. C. Pasto/1	$\frac{C.M. Pastos}{C.M. error}$	$F_{1,8}$
Error	8	por diferencia	S.C. error/8		
Total (corregido para el efecto medio)	9	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{G^2}{N}$			

Por "causas de variación" se entienden los distintos factores que influyen sobre el aumento de peso del novillo. El "Error" es una causa de variación debido a que encierra una serie de factores no controlables por el experimentador, que alteran el aumento de peso de los novillos, (p.e. clima, metabolismo del animal, preferencias, competencia entre animales, etc.).

Por "grados de libertad" (g.l.) se entiende la libertad que se tiene para estimar los distintos efectos. Por ejemplo, para estimar los efectos del tipo de pasto, α_1 y α_2 , solo poseemos 1 grado de libertad puesto que $\alpha_1 + \alpha_2 = 0$. Es decir, podemos estimar libremente uno de los efectos; el otro queda automáticamente determinado pues su suma debe ser cero. En general, si deseamos estimar el efecto de un factor con n niveles y existe la restricción de que la suma de los efectos sea cero, el número de grados de libertad será n-1.

Por "suma de Cuadrados" (S.C.) debida a un cierto factor, se entiende la suma de los cuadrados de las desviaciones de las medias de ese factor con respecto a la media general. Así, la S.C. debida al tipo de pasto es:

La Suma ^{de} Cuadrados del error, que normalmente se obtiene por diferencia, también se puede calcular como $\sum_{ij} (X_{ijr} - \bar{X}_{ij})^2$, (desviación de cada observación con respecto a la media de celda) y estima la varianza pura. (sin efectos de tratamiento).

$$\begin{aligned}
 \text{S. C. Pastos} &= n_1 (\bar{X}_1 - \bar{X})^2 + n_2 (\bar{X}_2 - \bar{X})^2 \\
 &= 5 (94 - 81.5)^2 + 5 (69 - 81.5)^2 \\
 &= 1562.50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{S. C. Total} &= (Y_{11} - \bar{X})^2 + (Y_{12} - \bar{X})^2 + \dots + (Y_{25} - \bar{X})^2 \\
 &= (100 - 81.5)^2 + (98 - 81.5)^2 + (95 - 81.5)^2 + \dots + (62 - 81.5)^2 \\
 &= 1768.50
 \end{aligned}$$

Se puede comprobar numéricamente que las siguientes expresiones son iguales:

$$\text{S. C. Pastos} = n_1 (\bar{X}_1 - \bar{X})^2 + n_2 (\bar{X}_2 - \bar{X})^2 = \left(\frac{T_1^2}{n_1} + \frac{T_2^2}{n_2} \right) - \frac{G^2}{N}$$

$$\text{y S. C. Total} = (Y_{11} - \bar{X})^2 + \dots + (Y_{25} - \bar{X})^2 = \sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{G^2}{N}$$

- donde:
- T_1 = total para pasto tipo 1
 - T_2 = total para pasto tipo 2
 - G = gran total
 - N = número total de novillos
 - n_1 = número de novillos que reciben pasto tipo 1
 - n_2 = número de novillos que reciben pasto tipo 2

La expresión $\frac{G^2}{N}$ se denomina "factor de corrección".

Por "Cuadrado Medio" (C.M.) se entiende el cociente $\frac{\text{S.C.}}{\text{g.l.}}$. En diseños balanceados los C.M. son estimativos insesgados de los componentes de varianza debidos a los distintos factores.

Así: C. M. (Pastos) es un estimativo de la varianza del aumento de peso debida al tipo de pasto; llamémosla σ^2 -pasto.

Es decir C.M. (Pasto) estima σ^2 -Pasto (varianza debida a Pastos)

C.M. (error) estima σ^2 (varianza total)

La F Calculada " (F calc.) es un cociente de Cuadrados Medios, donde el denominador es siempre el C.M. error.

$$\text{Ej.: La F calc. para tipo de pasto} = \frac{\text{C. M. Pastos}}{\text{C. M. Error}}$$

La F calc. estima el cociente $\frac{\sigma^2\text{-Pastos}}{\sigma^2}$, y sigue la distribución F con 1 g.l. para el numerador y 8 g.l. para el denominador.

Es de esperar que $\sigma^2\text{-Pastos} > \sigma^2$, si el efecto debido a Pastos se cree significativo.

Si el cociente $\frac{\sigma^2\text{-Pastos}}{\sigma^2}$, estimado por F calc., es "grande", el efecto debido a "tipo de pastos" es significativo.

Si el cociente es "pequeño", el efecto debido a "tipo de pastos" no es significativo.

La medida de lo "grande" o "pequeño" que sea este cociente lo da la "F de la Tabla".

Regla de Decisión : Si F calc. \geq F tabla a nivel α , entonces se rechaza la hipótesis H_0 a este nivel. Esto significa que el efecto ^{del} factor es significativo a nivel α . Es decir existe una diferencia significativa entre las medias de los distintos niveles del factor.

Si F calc. $<$ F tabla a nivel α , entonces no se puede rechazar la hipótesis H_0 a este nivel. Esto significa que el efecto del factor no es significativo a nivel α . Es decir, no existe diferencia entre las medias de los distintos niveles del factor.

Como podemos apreciar, el ANOVA concluye sobre si existen o no diferencias entre medias mediante análisis de componentes de varianza.

Daremos en seguida la tabla del ANOVA correspondiente a nuestro ejemplo No. 1, con valores numéricos.

$$S.C. \text{ Total} = (100^2 + 98^2 + 95^2 + \dots + 62^2) - \frac{815^2}{10} = 68191.00 - 62422.50 = 1768.50$$

$$S.C. \text{ Pastos} = \left(\frac{470^2}{5} + \frac{345^2}{5} \right) - \frac{815^2}{10} = 67985.00 - 62422.50 = 1562.50$$

$$S.C. \text{ Error} = S.C. \text{ Total} - S.C. \text{ Pastos} = 1768.50 - 1562.50 = 206.00$$

TABLA ANOVA

Causas de Variación	g. l.	S.C.	C.M.	F calc.	F Tabla	
					5%	1%
Tipo de Pasto	1	1562.50	1562.50	60.68	5.32	11.26**
Error	8	206.00	25.75			
Total	9	1768.50				

Como $F \text{ calc.} > F \text{ tabla}$ tanto a nivel del 5% como del 1%, entonces se rechaza la hipótesis H_0 ($\alpha_i = 0 \quad i = 1,2$) con una probabilidad de error de solo 1%.

Es decir el efecto de tipo de pasto es significativo a un nivel del 1% (por eso aparecen dos asteriscos en la tabla en frente del factor tipo de pasto).

Esto implica que el aumento promedio de peso debido a pasto Brachiaria es significativamente mayor que el debido a pasto Nativo.

2. DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

Ej. No. 2: Se desea comparar el efecto de 3 dietas alimenticias sobre la ganancia por peso de un grupo de 24 novillos, en un año. 12 de los novillos estarán en una finca con condiciones mínimas de manejo; los otros 12 en otra finca con mejores condiciones de manejo.

Tenemos lo siguiente: Se desean ver los efectos de:

Factor "Dieta" a 3 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{Dieta 1} \\ \text{Dieta 2} \\ \text{Dieta 3} \end{array} \right.$

"Bloques" a 2 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{Finca 1 (Condiciones mínimas de} \\ \text{manejo)} \\ \text{Finca 2 (Mejores condiciones de} \\ \text{manejo)} \end{array} \right.$

En estas condiciones el diseño apropiado es el de Bloques al Azar. Como el mínimo número de novillos que debemos tomar de cada finca para una replicación del experimento es 3, y tenemos 12, podemos utilizar 4 novillos para cada tratamiento para un Diseño de Bloques al Azar balanceado. La distribución de los animales será la siguiente:

	FINCA 1 (Bloque 1)	FINCA 2 (Bloque 2)
Dieta 1	4 Novillos	4 Novillos
Dieta 2	4 Novillos	4 Novillos
Dieta 3	4 Novillos	4 Novillos

Observaciones: Ganancia de peso por novillo, en kg.

Número de observaciones : 24

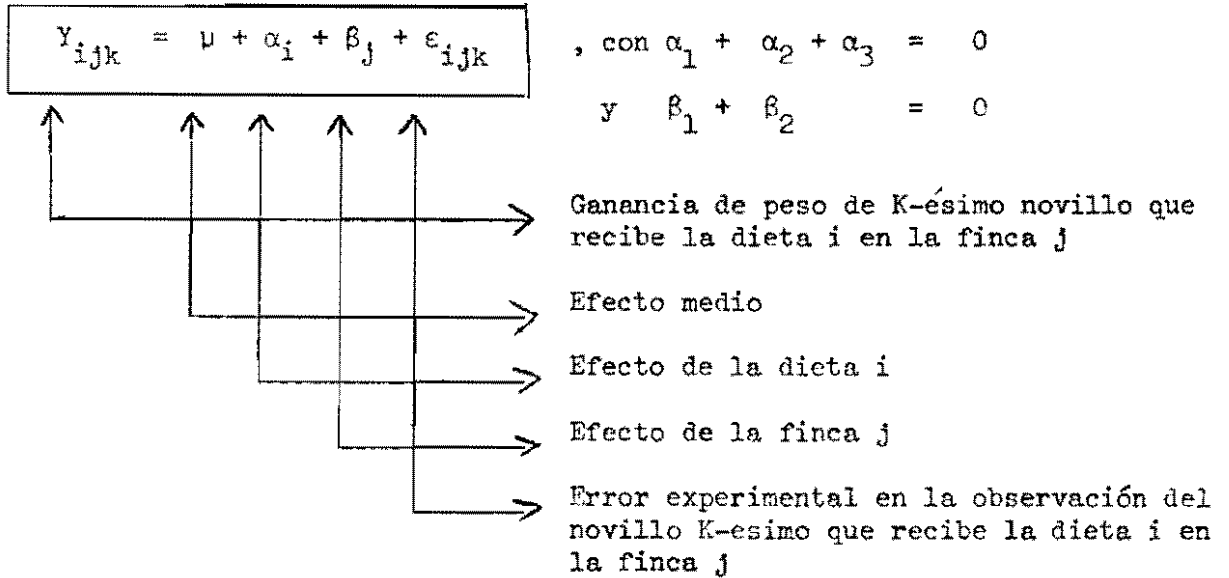
Número de novillos en cada bloque = 12

Número de novillos en cada dieta = 8

Número de novillos en cada replicación = 6

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

Modelo Matemático



donde $i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2$

$k = 1, 2, 3, 4$

Hipótesis a Probar:

a) $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, 3$

b) $H_2 : \beta_j = 0$ para $j = 1, 2$

La hipótesis H_1 nos dice que el efecto de la Dieta sobre la ganancia de peso es nulo. Es decir, no existe diferencia entre las dietas con respecto a la ganancia de peso obtenida en novillos. La hipótesis H_2 nos dice que el efecto de la Finca es nulo, o sea que la ganancia de peso es sensiblemente igual en cualquiera de las dos fincas.

El Análisis de Varianza lleva al experimentador a rechazar, o no, estas dos hipótesis.

Presentamos a continuación la tabla del ANOVA correspondiente a nuestro ejemplo No. 2, indicando cómo efectuar los cálculos.

No se dará, en este caso, la tabla del ANOVA con valores numéricos.

La interpretación de "Causas de Variación", "Grados de Libertad", "Suma de Cuadrados", "F calculada" y "F tabla" es la misma que se dió para el ANOVA correspondiente al Diseño Completamente al Azar.

TABLA DEL ANOVA

Causas de Variación	g.l.	S. C.	C. M.	F calc.	F TABLA	
					5%	1%
Dietas	2	$\left(\frac{D_1^2}{8} + \frac{D_2^2}{8} + \frac{D_3^2}{8}\right) - \frac{G^2}{24}$	S.C.Dietas/2	$\frac{C.M.Dietas}{C.M.Error}$	F _{2,20}	F _{2,20}
Bloques (Fincas)	1	$\left(\frac{F_1^2}{12} + \frac{F_2^2}{12}\right) - \frac{G^2}{24}$	S.C.Bloques/1	$\frac{C.M.Bloques}{C.M.Error}$	F _{1,10}	F _{1,10}
Error	20	por diferencia	S.C.Error/20			
Total	23	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - \frac{G^2}{24}$				

donde D_1, D_2, D_3 = totales para Dietas 1, 2 y 3 respectivamente

F_1, F_2 = totales para fincas 1 y 2 respectivamente

G = gran total

24 = número total de unidades experimentales (novillos)

8 = número de unidades experimentales por Dieta

12 = número de unidades experimentales por Finca

$\sum Y_{ijk}^2$ = suma total de cuadrados

$F_{2,20}$ al 5% y al 1% = valores encontrados en la tabla de la distribución F con 2 grados de libertad para el numerador y 20 para el denominador, para niveles del 5% y del 1% respectivamente.

$F_{1,20}$ al 5% y al 1% = Valores encontrados en la tabla de la distribución F con 1 grado de libertad para el numerador y 20 para el denominador, para niveles del 5% y del 1% respectivamente.

Regla de Decisión :

Para Dietas: Si $F \text{ calc.} \geq F_{2,20}$ a nivel α , se rechaza la hipótesis H_1 a ese nivel. Es decir, sí existen diferencias significativas entre las dietas.

Si $F \text{ calc.} < F_{2,20}$ a nivel α , no se puede rechazar H_1 a ese nivel. Es decir, no existen diferencias entre las dietas.

Para Bloques: Si $F \text{ calc.} \geq F_{1,20}$ a nivel α , se rechaza H_2 a ese nivel. Es decir, sí existen diferencias entre los bloques (fincas).
Si $F \text{ calc.} < F_{1,20}$ a nivel α , no se puede rechazar H_2 a ese nivel. Es decir, no existe diferencia significativa entre los bloques.

--- o ---

3. DISEÑO CUADRADO LATINO

Eje. No. 3: Se desea comparar el efecto de 6 soluciones químicas sobre el sentido del olfato del embrión de ave.
Las soluciones son A = aire, B = acetato de amil, C = diclo roetano, D = cetona, E = ácido fórmico y F = cloroformo
Se cree que el orden en que se aplican las soluciones al - embrión influye en su efecto. Es decir que, por ejemplo, - el embrión reacciona diferentemente al aplicarle primero - aire y luego ácido fórmico que si se le aplica primero clo- roformo y luego ácido fórmico.
Una forma de medir la respuesta del embrión a las soluciones químicas es determinando la rapidez con que late su corazón.

Así, se observará para cada embrión el número de latidos de su corazón por unidad de tiempo. Por razones de manejo, se desea utilizar para este experimento el menor número posible de embriones.

Dado que tenemos 6 soluciones y 6 "órdenes de aplicación", el diseño que nos permite medir estos efectos con el menor número posible de embriones es Un Diseño Cuadrado Latino de (6 x 6).

Necesitamos entonces 6 embriones.

Una forma de aplicar las soluciones a los embriones para un Cuadrado Latino de (6 x 6) es la siguiente:

	1º Orden de Apl.	2º Orden de Apl.	3º Orden de Apl.	4º Orden de Apl.	5º Orden de Apl.	6º Orden de Apl.
Embrión 1	A	C	B	E	F	D
Embrión 2	B	D	C	F	A	E
Embrión 3	C	E	D	A	B	F
Embrión 4	D	F	E	B	C	A
Embrión 5	E	A	F	C	D	B
Embrión 6	F	B	A	D	E	C

Nótese que cada embrión recibe las 6 soluciones en los 6 órdenes distintos; y cada "orden de aplicación" consta de las 6 soluciones. Tenemos entonces 3 clasificaciones o factores:

- Clasificación de fila : "Embrión" con 6 niveles (Embriónes 1 al 6)
- Clasificación de columna : "Orden de Aplicación" con 6 niveles (Ordenes 1 a 6)
- Tratamientos : "Solución" con 6 niveles (A,B,C,D,E,F)

Con este diseño no se pueden estimar los efectos de interacción entre los distintos factores, debido al reducido número de unidades experimentales.

Los resultados de este experimento fueron los siguientes:

NUMERO DE LATIDOS DEL CORAZON POR UNIDAD DE TIEMPO

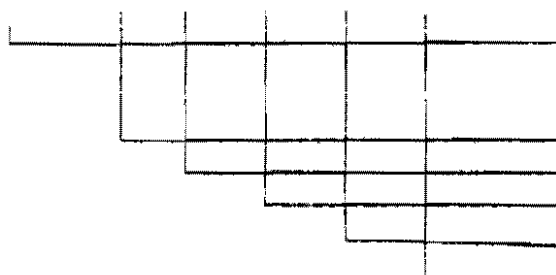
	1º Orden de Apl.	2º Orden de Apl.	3º Orden de Apl.	4º Orden de Apl.	5º Orden de Apl.	6º Orden de Apl.	Total para Embr.	Media
Embrión 1	12.75	10.26	11.92	11.53	11.67	10.23	68.36	11.39
Embrión 2	12.35	11.37	11.07	12.21	11.88	11.34	70.22	11.70
Embrión 3	10.43	10.08	10.11	13.24	9.35	10.06	63.27	10.55
Embrión 4	11.87	13.41	11.78	12.61	12.11	12.39	74.17	12.36
Embrión 5	10.59	10.93	10.43	10.68	10.53	10.56	63.72	10.62
Embrión 6	14.45	10.33	10.05	9.94	12.46	10.52	67.75	11.29
Totales por Orden de Aplicación	72.44	66.38	65.36	70.21	68.00	65.10	407.49	
Medias	12.07	11.06	10.89	11.70	11.33	10.85		

	A	B	C	D	E	F
Totales para las soluciones	71.24	67.12	65.07	64.05	67.78	72.23
Medias para las soluciones	11.87	11.19	11.18	10.67	11.30	12.04

ANALISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO CUADRADO LATINO

Modelo Matemático :

$$Y_{i,j,k} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \psi_k + \epsilon_{ijk}, \text{ con } \sum_{i=1}^6 \alpha_i = \sum_{j=1}^6 \beta_j = \sum_{k=1}^6 \psi_k = 0$$



- Número de latidos del corazón del embrión K-ésimo con la solución i en la orden j.
- Efecto Medio.
- Efecto de solución.
- Efecto del j-esimo orden de aplicaci
- Efecto en embrión k.
- Error experimental.

donde $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Hipótesis a probar :

a) $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, \dots, 6$

b) $H_2 : \beta_j = 0$ para $j = 1, 2, \dots, 6$

c) $H_3 : \psi_k = 0$ para $k = 1, 2, \dots, 6$

Las hipótesis H_1, H_2, H_3 nos dicen respectivamente que el efecto debido a las soluciones, el efecto debido a los "órdenes de aplicación" y el efecto debido a los embriones, **son** nulos. El ANOVA tiene por objeto rechazar o no estas hipótesis.

A continuación presentaremos la tabla del ANOVA correspondiente a nuestro ejemplo, indicando cómo efectuar los cálculos. Seguidamente mostraremos la tabla final del ANOVA y daremos su interpretación.

TABLA DEL ANOVA

Causas de Variación	g. l.	S. C.	C. M.	F.calc.	F Tabla	
					5% +	1% +
Soluciones	5	$\frac{1}{6} (S_2^1 + \dots + S_6^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{S.C. Sol.}{5}$	$\frac{C.M. Sol.}{C.M. Error}$	$F_{5, 20}$	$F_{5, 20}$
Ordenes de Aplicación	5	$\frac{1}{6} (O_1^2 + O_2^2 + \dots + O_6^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{S.C. Ord.}{5}$	$\frac{C.M. Ord.}{C.M. Error}$	$F_{5, 20}$	$F_{5, 20}$
Embriones	5	$\frac{1}{6} (E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_6^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{S.C. Emb.}{5}$	$\frac{C.M. Emb.}{C.M. Error}$	$F_{5, 20}$	$F_{5, 20}$
Error	20	por diferencia	$\frac{S.C. Error}{20}$			
Total	35	$\Sigma Y_{ijk}^2 - \frac{G^2}{36}$				

donde S_1, S_2, \dots, S_6 = Totales para las soluciones A, B, C, D, E y F respectivamente
 O_1, O_2, \dots, O_6 = Totales para las 6 Ordenes de Aplicación
 E_1, E_2, \dots, E_6 = Totales para cada embrión

TABLA DEL ANOVA (resultados finales)

Causas de Variación	G. l.	S. C.	C. M.	F cal.	F Tabla	
					5%	1%
Soluciones	5	8.89	1.78	2.00	2.71	4.10
Ordenes de Aplicación	5	7.09	1.42	1.59	2.71	4.10
Embriones	5	13.97	2.79	3.13	2.71	4.10 *
Error	20	17.75	0.89			
Total	35	47.70				

A partir de este Análisis de Varianza podemos concluir que:

La diferencia entre las Soluciones no es significativa.

La diferencia entre los "órdenes de Aplicación" no es significativa.

Existen diferencias entre los embriones, a un nivel del 5% de significancia.

4. DISEÑO CUADRADO GRECO-LATINO

Con objeto de explicar cómo se analiza este tipo de diseño, utilizaremos como ejemplo el No. 7 de la primera conferencia, que corresponde a un Diseño Cuadrado Greco Latino de (3 x 3).

No se efectuarán cálculos numéricos en esta ocasión.

Ej. No. 4: Se desea comparar el rendimiento de 3 variedades de frijol, con 3 tipos de fertilizante en 3 tiempos de siembra. El terreno disponible presenta 3 zonas bien marcadas: Fértil, Semi-fértil y Estéril.

No se desea medir el efecto de interacciones.

Para medir el rendimiento, se toma el peso seco del grano a la cosecha en cada parcela. Se harán 2 mediciones por parcela.

La disposición de los tratamientos a las unidades experimentales es como se ve en la figura:


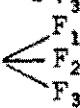
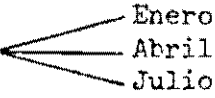

	Fértil	Semi-fértil	Estéril
Siembra en Enero	V ₁ F ₁	V ₂ F ₃	V ₃ F ₂
Siembra en Abril	V ₃ F ₃	V ₁ F ₂	V ₂ F ₁
Siembra en Julio	V ₂ F ₂	V ₃ F ₁	V ₁ F ₃

Cada casilla representa una unidad experimental (parcela, en este ejemplo).

Por consiguiente, nuestro diseño consta de 9 unidades experimentales. Se tomarán 2 mediciones del peso seco del grano a la cosecha por parcela; es decir, tendremos un total de 18 observaciones.

Como el número mínimo de unidades para una Replicación es 9, el número mínimo de mediciones necesarias es 9; hemos tomado 18 mediciones lo cual nos permite hacer 2 replicaciones del experimento. (El efecto debido a "Replicación" no tiene sentido ser medido).

Entonces tenemos cuatro clasificaciones, cada una con igual número de niveles:

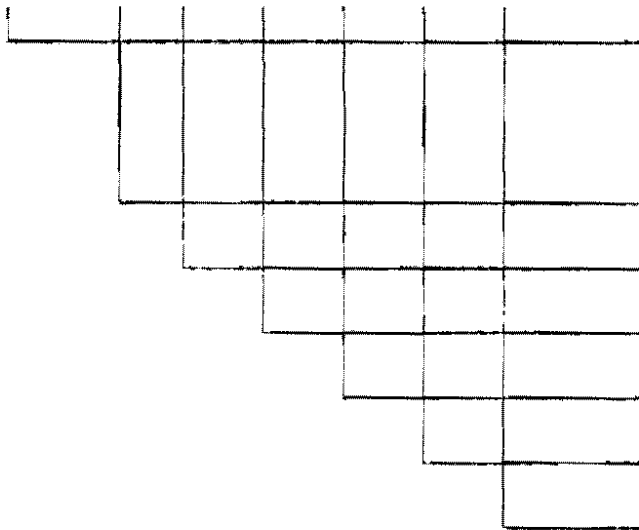
- 1a. Clasificación: "Variedad" a 3 niveles 
- 2a. Clasificación: "Tipo de fertilizante" a 3 niveles 
- 3a. Clasificación: "Tipo de siembra" a 3 niveles 
- 4a. Clasificación: "Bloques" a 3 niveles 

ANALISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO GRECO-LATINO

Modelo Matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \psi_k + \delta_r + \epsilon_{ijk}$$

, con $\sum \alpha_i = \sum \beta_j = \sum \psi_k = \sum \delta_r = 0$



Peso seco del grano de la parcela correspondiente a la Variedad i sembrada en el tiempo K con el fertilizante j y en el bloque r .

Efecto medio

Efecto de la variedad i .

Efecto del fertilizante j .

Efecto del tiempo de siembra k .

Efecto del bloque r .

Error experimental.

donde $i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2, 3$

$k = 1, 2, 3$

$r = 1, 2, 3$

Hipótesis a Probar

- a) $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, 3$
- b) $H_2 : \beta_j = 0$ para $j = 1, 2, 3$
- c) $H_3 : \psi_k = 0$ para $k = 1, 2, 3$
- d) $H_4 : \delta_r = 0$ para $r = 1, 2, 3$

Las hipótesis $H_1, H_2, H_3,$ y H_4 nos dicen respectivamente que el efecto debido a las variedades, el efecto debido a los distintos tipos de fertilizante, el efecto debido a los tiempos de siembra y el efecto de bloque son nulos.

El ANOVA tiene por objeto rechazar o no estas hipótesis.

A continuación presentamos la tabla del Análisis de Varianza, indicando cómo efectuar los cálculos.

TABLA DEL ANOVA

Causas de Variación g.l.	S. C.	C. M.	F calc.	F tabla	
				5%	1%
Variedades	$2 \frac{1}{6} (V_1^2 + V_2^2 + V_3^2) - \frac{G^2}{18}$	$\frac{\text{S.C. Variedades}}{2}$	$\frac{\text{C.M. Variedad}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{2,9}$	$F_{2,9}$
Fertilizantes	$2 \frac{1}{6} (F_1^2 + F_2^2 + F_3^2) - \frac{G^2}{18}$	$\frac{\text{S.C. Fertilizante}}{2}$	$\frac{\text{C.M. Fertiliz.}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{2,9}$	$F_{2,9}$
Tiempo de siembra	$2 \frac{1}{6} (T_1^2 + T_2^2 + T_3^2) - \frac{G^2}{18}$	$\frac{\text{S.C. Tiempos}}{2}$	$\frac{\text{C.M. Tiempos}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{2,9}$	$F_{2,9}$
Bloques	$2 \frac{1}{6} (B_1^2 + B_2^2 + T_3^2) - \frac{G^2}{18}$	$\frac{\text{S.C. Bloques}}{2}$	$\frac{\text{C.M. Bloques}}{\text{C.M. Error}}$	$F_{2,9}$	$F_{2,9}$
Error	9 por diferencia				
Total	17 $EY_{ijk}^2 - \frac{2}{18}$				

donde V_1, V_2, V_3 = Totales para las variedades 1, 2 y 3 respectivamente

F_1, F_2, F_3 = Totales para los fertilizantes tipos 1, 2 y 3

T_1, T_2, T_3 = Totales para Enero, Abril y Julio respectivamente

B_1, B_2, B_3 = Totales para los bloques 1, 2 y 3

Regla de Decisión ..

Prueba para Variedades: Si $F \text{ calc.} \geq F \text{ tabla}$ a nivel α , el efecto debido a las variedades es significativo a ese nivel. Es decir, existe diferencia en el rendimiento de las 3 variedades. Rechazamos la hipótesis H_1 .

Si $F \text{ calc.} < F \text{ Tabla}$ a nivel α , el efecto debido a las variedades no es significativo. Es decir, no existen diferencias entre los rendimientos de las 3 variedades.

No podemos rechazar la hipótesis H_1 .

Prueba para Fertilizantes: (sigue la misma regla de decisión)

Prueba para Tiempo de Siembra: (sigue la misma regla de decisión)

Prueba para Bloques: (sigue la misma regla de decisión)

--- o ---

5. DISEÑOS FACTORIALES

Ej. No. 5: En un experimento que dura 6 meses, se desea comparar el aumento de peso de terneros de 4 meses de edad en 3 tipos distintos de pradera (Pará, Pará con Stylosante y Stylosante) que reciben, o nada de concentrado o 1 kg. de concentrado diario por animal. Se desea además medir el efecto de la interacción Pradera x Concentrado; es decir, ver cual es el resultado de dar o no concentrado con cada tipo de pasto.

La situación es la siguiente: Deseamos ver el efecto de 2 factores:

Factor "Pradera" ————— con 3 niveles $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pará} \\ \text{Pará con Stylosante} \\ \text{Stylosante} \end{array} \right.$

Factor "Nivel de Concentrado" — con 2 niveles $\left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ kg. diarios/animal} \\ 1 \text{ kg. diario/animal} \end{array} \right.$

y de su interacción "Pradera x Concentrado".

El diseño más apropiado es entonces un Factorial.

Nuestro ejemplo corresponde a un Factorial (3 x 2). Es decir, consta de 2 factores con 3 y 2 niveles respectivamente y un total de 6 tratamientos (las 6 posibles combinaciones de praderas con Concentrado).

Para lograr un diseño balanceado debemos utilizar el mismo número de terneros para todos los tratamientos.

La disposición de los tratamientos puede ser como sigue:

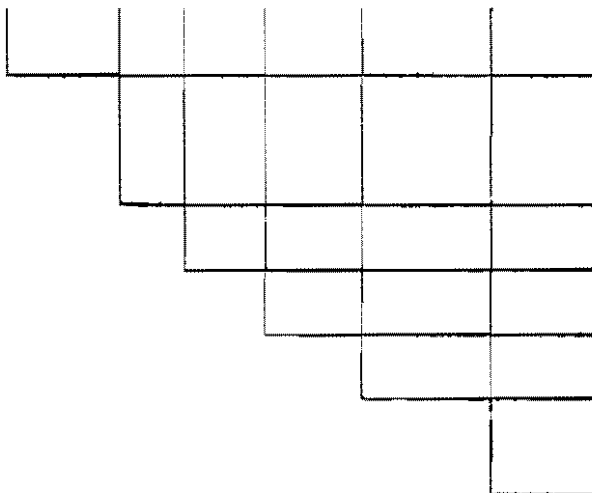
	PARA	PARA CON STYLOSANTE	STYLOSANTE
0 kg. Concentrado	6 Terneros	6 Terneros	6 Terneros
1 kg. Concentrado	6 Terneros	6 Terneros	6 Terneros

Se utilizaron 6 terneros por tratamiento. Para efectos del análisis, con 2 terneros por tratamiento bastaría, como se explicará mas adelante. Pero se correría el riesgo de no tener estimaciones muy exactas. Entre más número de unidades experimentales sean utilizadas por tratamiento, más confiables serán los resultados obtenidos, pues se disminuye el error debido a la Variabilidad intrínseca del animal.

ANALISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO FACTORIAL

Modelo Matemático :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}, \text{ con } \sum_{i=1}^3 \alpha_i = \sum_{j=1}^2 \beta_j = 0 \text{ y } \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 (\alpha\beta)_{ij} = 0$$



Ganancia de peso del ternero *k*-ésimo que recibe nivel de concentrado *j* en la pradera *i*.

Efecto medio.

Efecto del tipo de pradera *i*.

Efecto del nivel de concentrado *j*.

Efecto de la pradera *i* con el nivel de concentrado *j*.

Error experimental.

donde:

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2$$

Hipótesis a Probar :

- a) $H_1 : \alpha_i = 0$ para $i = 1, 2, 3$
- b) $H_2 : \beta_j = 0$ para $j = 1, 2$
- c) $H_3 : (\alpha\beta)_{ij} = 0$ para $i = 1, 2, 3$ y $j = 1, 2$

(La hipótesis H_3 nos dice que el efecto de interacción es nulo)

A continuación presentaremos la tabla del Análisis de Varianza correspondiente a nuestro ejemplo No. 5, indicando cómo efectuar los cálculos.

TABLA DEL ANOVA

Causas de Variación	g.l.	S. C.	C. M.	F calc.	F tabla	
					5%	1%
Pradera	2	$\frac{1}{2} (P_1^2 + P_2^2 + P_3^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C.Pradera}}{2}$	$\frac{\text{C.M.Pradera}}{\text{C.M.Error}}$	$F_{2,30}$	$F_{2,30}$
Concentrado	1	$\frac{1}{18} (C_1^2 + C_2^2) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C.Concent.}}{1}$	$\frac{\text{C.M.Concent}}{\text{C.M.Error}}$	$F_{2,30}$	$F_{2,30}$
Pradera x Concentrado	2	$\frac{1}{6} (P_1 C_1^2 + P_1 C_2^2 + P_2 C_1^2 + \dots + P_3 C_2^2) - (S.C.Pradera) - (S.C.Concentrado) - \frac{G^2}{36}$	$\frac{\text{S.C.Pradera x Concentrado}}{2}$	$\frac{\text{C.M.Pradera x Concentrado}}{\text{C.M.Error}}$	$F_{2,30}$	$F_{2,30}$
Error	30	por diferencia	$\frac{\text{S.C.Error}}{30}$			
Total	35	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - \frac{G^2}{36}$				

donde P_1, P_2, P_3 = totales para las praderas

C_1, C_2 = totales para 0 kg. de concentrado y para 1 kg. respectivamente

$P_1 C_1, P_1 C_2, \dots, P_3 C_2$ = totales para los terneros que están
 en Pradera 1 con 0 kg de concentrado,
 en Pradera 1 con 1 kg de concentrado,
 en Pradera 2 con 0 kg de concentrado,
 en Pradera 2 con 1 kg de concentrado,
 en Pradera 3 con 0 kg de concentrado,
 y en Pradera 3 con 1 kg de concentrado respectivamente

G = Gran total.

El número de grados de libertad para "Pradera" y "Concentrado" es 2 y 1 respectivamente, debido a que las restricciones del modelo, $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0$ y $\beta_1 + \beta_2 = 0$, nos dejan solo con 2 estimaciones libres para los α 's, y una para los β 's.

Este punto de los grados de libertad ya lo habíamos tratado al principio de la 2a. Conferencia, con el análisis del Diseño "Completamente al Azar".

El número de grados de libertad para la interacción "Pradera x Concentrado" también se rige por la restricción $\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (\alpha\beta)_{ij} = 0$. Se obtiene, multiplicando los grados de libertad del primer factor por los grados de libertad del segundo factor: 0 sea $2 \times 1 = 2$.

Regla de Decisión:

Es la misma de los diseños explicados anteriormente. Es decir:
Si $F \text{ calc.} \geq F \text{ tabla}$ a nivel α para cierto factor, entonces el efecto de ese factor es significativo a nivel α , es decir, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los distintos niveles del factor.

Si $F \text{ calc.} < F \text{ tabla}$ a nivel α para cierto factor, el efecto de ese factor no es significativo ^{sobre} la variable observada.

NOTA: Obsérvese que si hubiéramos utilizado 2 terneros por tratamiento, el análisis sí sería factible de realizar pero dejaría muy pocos grados de libertad para el error.

Con 1 solo ternero por tratamiento, no se podría efectuar el análisis; habría que sacrificar la estimación del efecto de la interacción por ejemplo. La distribución de los grados de libertad en los dos casos se ve a continuación:

Con 1 Ternero por Tratamiento

Causas de Variación	g. l.
Pradera	2
Concentrado	1
Pradera x Concentrado	2
Error	0
Total	5

Con 2 Terneros por Tratamiento

Causas de Variación	g. l.
Pradera	2
Concentrado	1
Pradera x Concentrado	2
Error	6
Total	11

— 0 —

6. DISEÑOS DE BLOQUES INCOMPLETOS

- a) Parcelas Sub-divididas
- b) Parcelas Sub-sub-divididas
- c) Bloques sub-divididos
- d) Diseños de Lattice

NOTA: El análisis de estos diseños se encuentran, ampliamente desarrollado en los libros de Little and Hill y de Cochran and Cox mencionados en las Referencias.

Presentaremos aquí un ejemplo de un diseño de Parcelas Sub-divididas con su respectivo Análisis de Varianza.

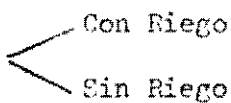
Ej. No. 6. Diseño de Parcelas Sub-Divididas

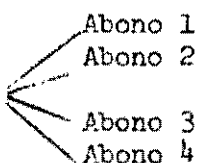
Se desea comparar el efecto de 4 tipos de abono sobre la producción de yuca, con y sin aplicación de riego.

Debido a que los aplicadores de riego al girar pueden cubrir un área mayor de la deseada, no es aconsejable, para efecto de exactitud en los resultados de un experimento, utilizar dos terrenos contiguos, uno para ser regado y el otro no.

Analicemos la situación:

a) Se desea medir el efecto de 2 factores sobre la producción de yuca:

El factor "Riego" — a 2 niveles 

El factor "Tipo de Abono" — a 4 niveles 

La interacción "Riego x Tipo de Abono" es importante.

- b) El número de tratamientos es 8 o sea que el número mínimo de unidades experimentales necesarias es 8: 4 unidades con riego y 4 sin riego.
- c) Pero no podemos aplicar los 8 tratamientos a unidades experimentales de un mismo terreno, debido al problema del riego. Qué hacer ?

Como vemos, se trata de un factorial (2×4) con un problema: no se pueden aplicar los 8 tratamientos a un mismo terreno.

La solución la da el Diseño de Parcela Sub-divididas:

Se deben tomar 2 lotes separados; aplicar riego a uno de ellos pero al otro no y dividir cada lote en 4, 8, 12, 16, etc. unidades (dependiendo del número de replicaciones que se desee hacer) que recibirán un tipo de abono - cada una.

Para efectos del análisis del diseño es necesario hacer varias replicaciones: por lo menos 2.

Supongamos que para nuestro ejemplo específico se hicieron 2 replicaciones. La disposición de los tratamientos a las unidades experimentales es como sigue:

LOTE 1 (con riego)		LOTE 2 (sin riego)	
Repl. 1	Repl. 2	Repl. 1	Repl. 2
A ₃	A ₁	A ₃	A ₂
A ₁	A ₄	A ₂	A ₄
A ₄	A ₂	A ₄	A ₁
A ₂	A ₃	A ₁	A ₃

Cada lote se considera como un bloque incompleto pues ninguno contiene todos los tratamientos. Nótese que en esta forma el efecto de Riego queda confundido con el efecto de Bloque.

El número de unidades experimentales utilizadas en el experimento es 16.

En este diseño las unidades experimentales (parcelas), se clasifican en 2 grupos:

- "Parcelas Principales" - los 2 bloques.
- y "Sub-parcelas" - las subdivisiones de las Parcelas Principales.

En nuestro experimento tenemos lo siguiente:

2 Replicaciones

2 Parcelas Principales: las correspondientes a las 2 niveles de "Riego"

4 Sub-parcelas en cada parcela principal: las correspondientes a los 2 niveles de "Abono"

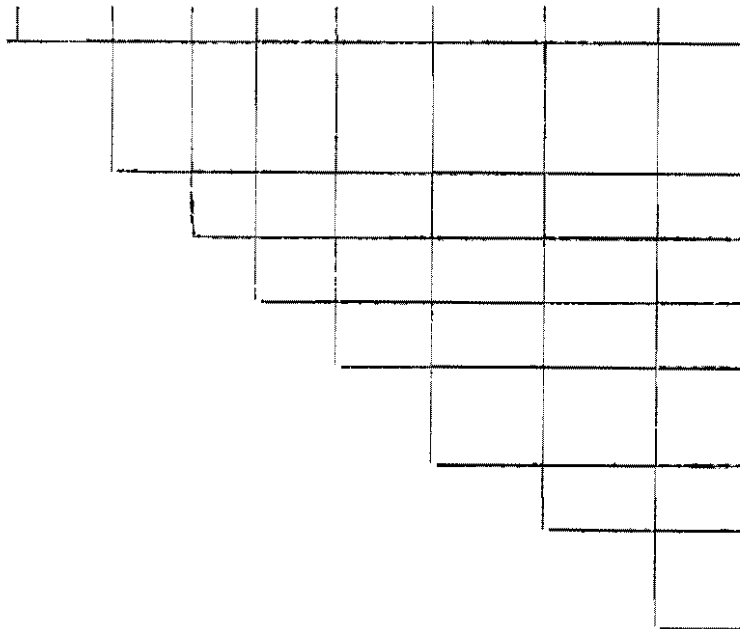
Observaciones:

- a) En un Diseño de Parcelas Sub-divididas se sacrifica la *exactitud en la* estimación del efecto del factor aplicado a "Parcelas Principales": Riego en este caso. Esto se debe a que el efecto del factor queda confundido con el efecto de bloques.
- b) Debido a la anterior observación, el factor que se aplica a Parcelas Principales debe ser el menos importante.
- c) El efecto del factor aplicado a Sub-parcelas ("Abono" en nuestro ejemplo), tanto como el efecto de la interacción ("Abono x Riego") sí son perfectamente estimables.
- d) Hay dos tipos de error experimental: error entre parcelas principales (Error A) y error entre Sub-parcelas (Error B).

ANALISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO DE PARCELAS SUB-DIVIDIDAS

Modelo Matemático :

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + P_j + \eta_{ij} + S_k + (PS)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$



Producción en la sub-parcela k dentro de la parcela j en la replicación i

Efecto medio

Efecto de la Replicación i

Efecto de la Parcela Principal j

Error dentro de la Parcelas Principales (Error A)

Efecto de la Sub-parcela k

Efecto de la interacción Parcela Principal j x Sub-parcela k

Error dentro de la Sub-parcelas (Error B)

donde $i = 1, 2$

$j = 1, 2$

$k = 1, 2, 3, 4$

Hipótesis a Probar :

a) $H_1 : R_i = 0$ para $i = 1, 2$

b) $H_2 : P_j = 0$ para $j = 1, 2$

c) $H_3 : S_k = 0$ para $k = 1, 2, 3, 4$

d) $H_4 : (PS)_{jk} = 0$ para $j = 1, 2$ y $k = 1, 2, 3, 4$

Estas hipótesis nos dicen que los efectos debidos a "Replicación", a "Riego", a "Tipo de Abono" y a la interacción "Riego x Tipo de Abono" son nulos.

El ANOVA tiene por objeto rechazar o no estas hipótesis.

TABLA DEL ANOVA

CAUSAS DE VARIACION	g.l.	S. C.	C. M.	F calc.	F tabla	
					5%	1%
Replicación	1	$\frac{1}{8} (R_1^2 + R_2^2) - \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C.Replicación}}{1}$	$\frac{\text{C.M.Replicación}}{\text{C.E. Error A}}$	F_{11}	F_{11}
Parcela Principal	1	$\frac{1}{8} (P_1^2 + P_2^2) - \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C.Parc.Princ.}}{1}$	$\frac{\text{C.M.Parc.Princ.}}{\text{C.M. Error A}}$	F_{11}	F_{11}
Error A Replicación x Parcela Principal	1	$\frac{1}{16} (P_1 R_1^2 + P_1 R_2^2 + P_2 R_1^2 + P_2 R_2^2) - (\text{S.C.Repl.}) - (\text{S.C.Parcela Princ.}) + \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C. Error A}}{1}$			
Sub-Parcela	3	$\frac{1}{4} (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2) - \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C.Sub-Parcela}}{3}$	$\frac{\text{C.M.Sub-Parcela}}{\text{C.M. Error B}}$	F_{36}	F_{36}
Parcela Principal x Sub-Parcela	3	$\frac{1}{2} (P_1 S_1^2 + \dots + P_1 S_4^2 + P_2 S_1^2 + \dots + P_2 S_4^2) - (\text{S.C.Parcela Princ.}) - (\text{S.C. Sub-parcela}) + \frac{G^2}{16}$	$\frac{\text{S.C.Parc.Princ. x Sub-parcela}}{3}$	$\frac{\text{C.M.Parc.Princ. x Sub-parcela}}{\text{C.M. Error B}}$	F_{36}	F_{36}
Error B Repl.xSub-parcela Repl.xParcela xSub-parcela		por diferencia	$\frac{\text{S.C. Error B}}{6}$			
TOTAL	15	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - \frac{G^2}{16}$				

- 57 -

donde R_1, R_2 = totales para las replicaciones 1 y 2 respectivamente
 P_1, P_2 = totales para las Parcelas Principales 1 y 2
 S_1, S_2, S_3, S_4 = totales para las Sub-parcelas 1, 2, 3 y 4 respectivamente
 $P_1R_1, P_1R_2, P_2R_1, P_2R_2$ = totales para: Parcela Principal 1 en la 1a. Replicación
Parcela Principal 2 en la 2a. Replicación
etc.
 $P_1S_1, P_1S_2, P_1S_3, \dots, P_2S_3$ = totales para: Sub-parcela 1 dentro de la Parcela Principal 1
Sub-parcela 2 dentro de la Parcela Principal 1
etc.
= Gran total

Es importante notar que la F calculada para "Replicación" y la F calculada para "Parcela Principal" tienen como denominador el Cuadrado Medio del Error A (C.M. Error A). Así como la F calculada para "Sub-parcela" y la F calculada para la interacción "Parcela Principal x Sub-parcela" tienen como denominador el Cuadrado Medio del Error B (C.M. Error B).

Esto se debe a que las variaciones debidas a "Replicación" y a "Parcelas Principales" deben ser comparadas con la variación experimental entre Parcelas Principales y las variaciones debidas a "Sub-parcela" y a "Sub-parcela x Parcela Principal" deben ser comparadas con la variación experimental entre Sub-parcelas.

Regla de Decisión:

Es la misma que se ha explicado en todos los diseños anteriores.

REFERENCIAS
=====

1. Little, Thomas M. and Hills, F. Jackson. "Statistical Methods in Agricultural Research". Cultural Extension. University of California.
2. Cochran, William G. y Cox, Gertrude M. "Diseños Experimentales". Editorial F. Trillas, Mexico.
3. Snedecor, G.W. "Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación Agrícola y Biológica". Compañía Editorial Continental, Mexico.
4. Ching Chun Li. "Introducción a la Estadística Experimental". Ediciones Omega S.A. Barcelona.
5. Ostle, Bernard. "Estadística Aplicada". Editorial Limusa-Wiley, S.A. Mexico.
6. Kempthorne, William. "Experimental Design". Editorial Wiley and Sons. New York.
7. Steel, Robert G.D. and Torrie, James H. "Principles and Procedures of Statistics". McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.

REFERENCIAS

1. Little, Thomas M. and Hills, F. Jackson.
"Statistical Methods in Agricultural Research"
Cultural Extension. University of California.
2. Cochran, William G. y Cox, Gertrude M.
"Diseños Experimentales". Editorial F. Trillas.
Méjico.
3. Snedecor, G. W.
"Métodos Estadísticos aplicados a la investigación Agrícola y Biológica".
Compañía Editorial Continental.
Méjico.
4. Ching Chun Li.
"Introducción a la Estadística Experimental"
Ediciones Omega S. A.
Barcelona.
5. Ostle, Bernard.
"Estadística Aplicada". Editorial Limusa - Wiley, S. A.
Méjico.
6. Kempthorne, William.
"Experimental Design". Editorial Wiley and Sons.
New York.
7. Steel, Robert G. D. and Torrie, James H.
"Principles and Procedures of Statistics".
Mc Graw - Hill Book Company, Inc.
New York.

trans-formaciones
→
→ $\sqrt{x} \sim N$
→ $\frac{x}{\sqrt{N}}$

C O N T E N I D O

CAP.

BIOMETRIA

1. Nociones básica del diseño y análisis de experimentos.
Amézquita de Quiñones, M.C.

ENSAYOS REGIONALES

1. Metodología de Ensayos Regionales A. CIAT
2. Metodología de Ensayos Regionales B. CIAT

PROTECCION DE PLANTAS ENTOMOLOGIA Y FITOPATOLOGIA

1. El concepto de centro de diversidad y su importancia para la evaluación de enfermedades de leguminosas forrajeras en Centro y Suramérica. Lenné, J.
2. Estudios tendientes a establecer el control integrado de las salivitas de los pastos. Jiménez, A.J.
3. Control de insectos mediante la utilización de plantas hospederas resistentes. Calderón, M.

PRINCIPIOS DE CONTROL DE MALEZAS

1. Control de malezas en praderas tropicales. Bailey, D.R.
2. Manual sobre algunas plantas tóxicas para la ganadería bovina en la Costa Atlántica. Trheebilcock, E., León, J.R., Montaña, A.J., Villafañe, A.F. y Morales, T.L.

UTILIZACION DE FORRAJES

1. Utilización del recurso forrajero para producción de ganado de carne. Lascano, C.
2. Programa de Pastos Tropicales - CIAT - Sección Utilización de Pastos. Informe de Actividades 1979. Carimagua. Hoyos, G.P. y Kleinheisterkam, I.
3. El método de rendimiento comparativo para estimar rendimiento de materia seca en praderas. Haydock, K.P. y Shaw, N.H.

NUTRICION ANIMAL CON PASTOS TROPICALES

1. Calidad de pasturas y nutrición. Lascano, C.
2. Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Harris, L.E.
3. Análisis del tejido de las plantas: errores costos que hay que evitar. Bowen, E.J.

PRODUCCION ANIMAL

1. Sistemas de producción ganadera en el trópico de América. Paladines, O.
2. Factores que determinan la productividad del Pasto Estrella. Ramírez, P.A.

MANEJO ANIMAL

1. Sistemas de manejo de hatos - Carimagua - CIAT.



EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS DE INVERSION

1. Principios de la evaluación económica de proyectos de inversión. De Rubinstein, E.
2. Metodología para realizar el cálculo de las proyecciones del rebaño vacuno. Carrillo, A.
3. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económico. Richard, P.K., Winkelman, L.D., Moscardi, R.E. y Kach, R.A.
4. Proyecciones de producción y consumo de carne vacuna en América Latina para 1980 y 1985. Simpson, J.R.
5. Evaluación económica de sistemas alternativos de cría y engorde en los Llanos Orientales Colombianos. Nores, G.A. y Estrada, R.D.



Ensayos Regionales

1. Metodología de Ensayos Regionales A. CIAT
2. Metodología de Ensayos Regionales B. CIAT

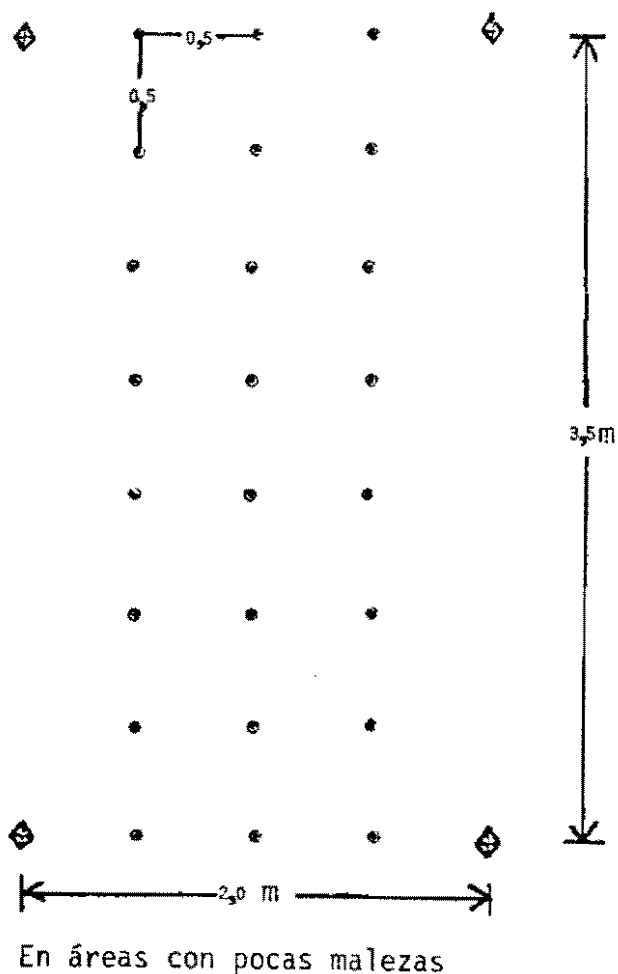
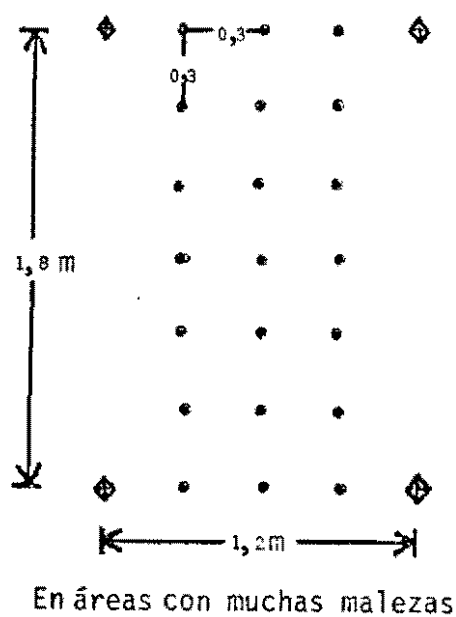


METODOLOGIA DE ENSAYOS REGIONALES A

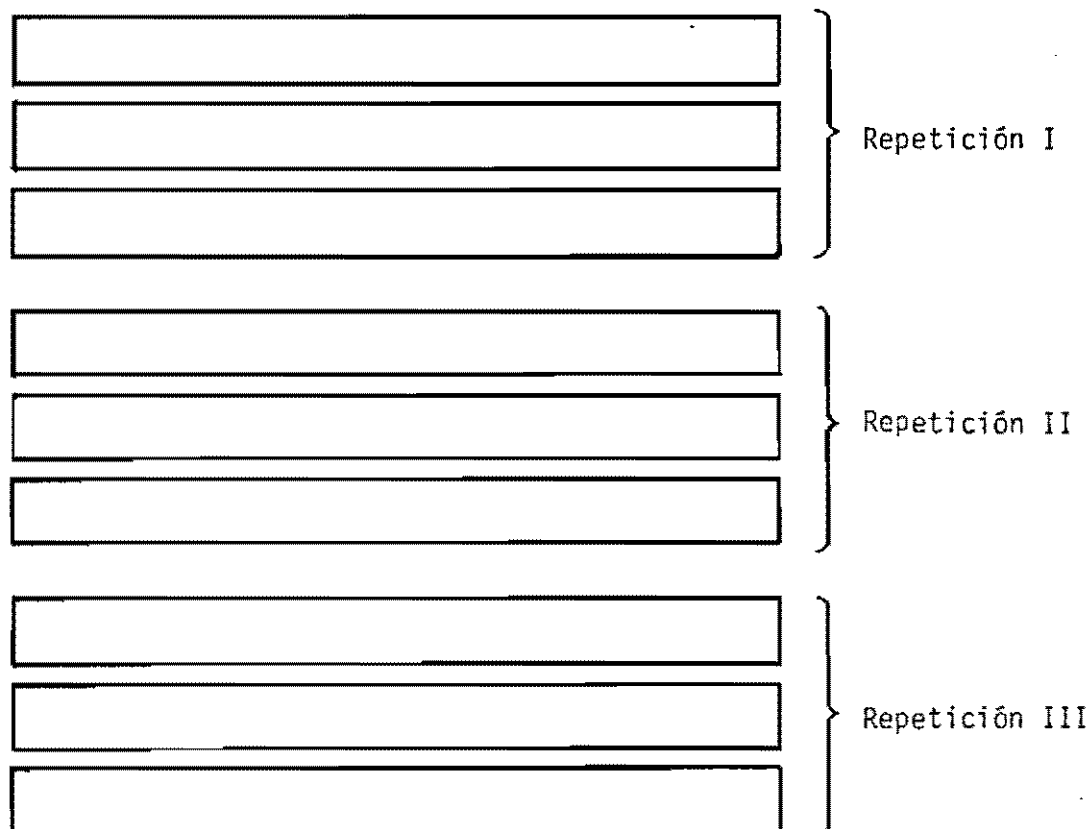
Los Ensayos Regionales A se localizan en puntos altamente representativos de los ecosistemas mayores. Tienen como objetivo probar y evaluar el comportamiento preliminar de un alto número (aproximadamente 100) de ecotipos bajo las condiciones a que son expuestos.

Diseño: Bloques completos al azar, en arreglo de parcelas divididas
(Parcelas= géneros y subparcelas= ecotipos)

Parcelas: 21 plantas individuales sembradas en tres hileras de siete plantas, distanciadas a 0,5 x 0,5 m cuando el área no tiene muchas malezas ó 0,3 x 0,3 m cuando el área tiene problemas de malezas.



Repeticiones: Más de dos; se recomienda no hacer una sola franja de las 100 o más entradas por repetición, pues será muy difícil encontrar uniformidad de condiciones, como debe ocurrir dentro de la repetición a lo largo de 120 a 200 m según sea el tamaño de la parcela a usarse. La repetición debe incluir tal vez tres o cuatro franjas de parcelas.



El largo de las repeticiones deberá colocarse perpendicular a la gradiente (pendiente, cambio de fertilidad de suelo, humedad del suelo cambiante, etc.).

Gramíneas y leguminosas: En este Ensayo Regional A mantenemos las entradas en parcelas pequeñas de plantas puras. Por este motivo y para evitar en lo posible interacciones entre plantas muy diferentes, usamos el arreglo de parcelas divididas, en el cual las parcelas son los géneros (Ejemplo: *Stylosanthes*, *Desmodium*, *Brachiaria*, etc.) y las

subparcelas son los ecotipos (Ejemplo: serían subparcelas de *Stylosanthes capitata* 1315, *guianensis* 136, *capitata* 1097, *hamata* 147, etc.).

Usando el mismo argumento, debemos separar aún más las gramíneas de las leguminosas, puesto que, inclusive, llevan tratamientos de fertilidad diferentes. Por tal motivo, se deberá establecer por separado un Ensayo para gramíneas y otro para leguminosas.

Siembra: La disponibilidad (cantidad) de semilla será siempre el factor limitante para el buen establecimiento de estos ensayos, por lo tanto, se recomienda sembrar dos o tres semillas por punto o golpe, en el caso de leguminosas y cinco o 10, en el caso de gramíneas, guardando semillas para una posible resiembra.

El terreno deberá ser preparado lo más prolijamente posible, antes de proceder a la fertilización y siembra.

Fertilización: Se recomienda una fertilización en bandas de 10 a 15 cm, en las líneas donde se sembrarán las siete plantas, incorporando a la siembra 50 kg de P_2O_5 /ha (7 g de Superfosfato Triple/banda de 1,80 x 0,10 m ó 19 g de SFT por banda de 3,50 x 0,15 m) en 15-20 cm de suelo. La dosis de 50 kg de K_2O /ha debe aplicarse en forma fraccionada, iniciándola 15 a 20 días después de la siembra, colocando el fertilizante igualmente sobre la banda alrededor de las plántulas (2 g de ClK/banda de 1,80 x 0,10 m ó 5 g de ClK/banda de 3,50 x 0,15 m). Pasados cuatro meses de la siembra y después, cada cuatro meses, se aplicarán 5 g de ClK por parcela de 1,80 x 1,20 m ó 15 g de ClK al voleo por parcela de 3 x 2 m.

Además de fertilización con P y K, las gramíneas recibirán una dosis de 100 kg de N/ha. Se aplicará simultáneamente con el K, colocando en banda únicamente la primera aplicación después de la siembra (4,5 g de urea/banda de 1,80 x 0,10 m ó 13 g de urea/banda de 3,50 x 0,15 m). Las aplicaciones posteriores se harán al voleo sobre toda la parcela y en forma rutinaria, cada cuatro meses (15 g de urea/parcela de 1,80 x 1,20 m ó 45 g de urea/parcela de 3 x 2 m).

La dosis de P_2O_5 se repetirá con aplicación al voleo sobre toda la parcela al cumplir el ensayo un año.

Mantenimiento del ensayo: El ensayo deberá mantenerse libre de malezas, mediante control mecánico y manual. Se harán cortes de uniformidad cada nueve semanas o dos meses.

Datos a tomar:

1. En primer lugar, se registrará la fecha de siembra
2. Evaluación de germinación a los 20 días después de la siembra, calificando del 1 al 5 (1=0%; 2=25%; 3=50%; 4=75% y 5=100%) de germinación
3. Se registrará la fecha en la cual cada parcela cubrió el suelo
4. Igualmente, se registrará la fecha de floración, si ocurriera durante las primeras 12 semanas del período de establecimiento

Después de 12 a 15 semanas, cuando se considere la mayoría del ensayo ya establecido, se hará un corte de uniformidad y se iniciarán las siguientes evaluaciones, cada vez que las plantas lleguen a ocho o nueve semanas de rebrote.

5. Grado de adaptación para producción (E, B, R, M)
 - E = excelente
 - B = bueno
 - R = regular
 - M = malo

Esta apreciación subjetiva debe hacerse en cada subparcela, en relación a los demás ecotipos de la parcela o género. Además, esta información debe integrar criterios de porte, color, producción, cobertura, vigor y salud.

6. Evaluación de daño por insectos*
7. Evaluación de daño por enfermedades*
8. Registrar los síntomas de toxicidad o deficiencia

* Según métodos descritos por separado.

Después de cada evaluación de este tipo y al cumplir las plantas los dos meses o nueve semanas, se dará rutinariamente un corte de uniformidad.

Se recomienda obtener información de producción de materia seca durante rebrotes en períodos de máxima y mínima precipitación; simplemente cortando y pesando normalmente 1 m² del área de cada parcela, exactamente antes del corte de uniformidad respectivo.

Datos adicionales: Deberá obtenerse la información meteorológica diaria, lo más completa posible, durante la conducción del ensayo. Se recomienda instalar un pluviómetro en el área del experimento.

Evaluación de producción de semilla: Una vez cumplido un año de evaluación, una de las repeticiones podrá evaluarse con 15 semanas de rebrote para calificar productividad de semilla, igualmente usando la escala E, B, R y M. Las otras repeticiones deberán seguir bajo el tratamiento y evaluación descritos como normal.

Duración del ensayo: Dos (2) años.

METODOLOGIA DE ENSAYOS REGIONALES B

Estos Ensayos Regionales B (ERB) están diseñados para evaluar germoplasma en un mayor número de localidades representativas de variaciones dentro de un mismo ecosistema mayor. Dicho de otro modo, los Ensayos Regionales B evalúan germoplasma en subecosistemas dentro de un ecosistema mayor.

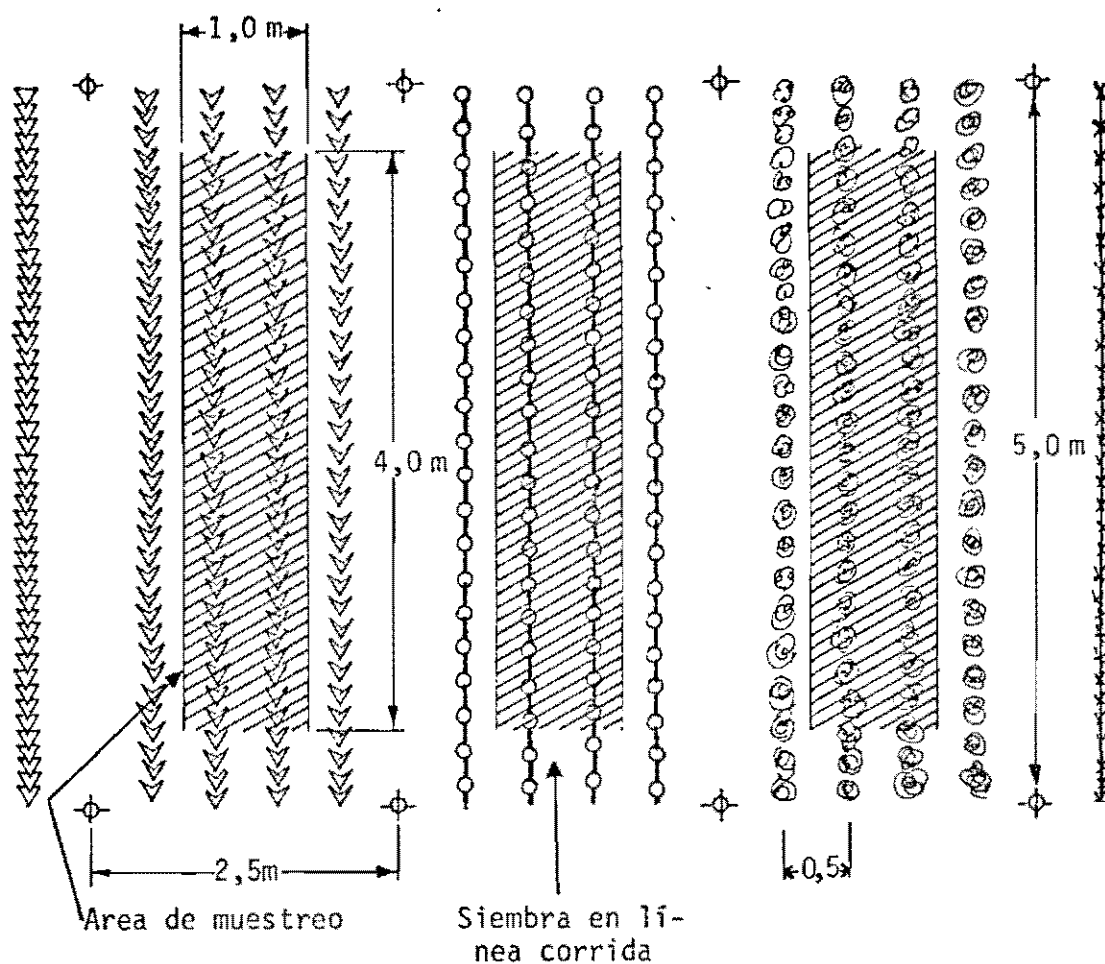
El número de ecotipos a evaluarse varía entre 20 y 30, incluyendo gramíneas y leguminosas. El número de entradas (ecotipos) lógicamente es menor que el de Ensayos Regionales A, donde se hizo la primera selección de material promisorio.

En los ERB se da énfasis a evaluar la productividad de cada entrada como la mejor medida para definir su adaptación al medio. Estas evaluaciones de productividad se hacen durante los períodos extremos de precipitación, obteniendo a su vez, curvas de producción de utilidad posterior en el diseño de experimentos bajo pastoreo.

Diseño: Bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas (Parcelas= ecotipo; subparcelas= edad de rebrote de la parcela de muestreo).

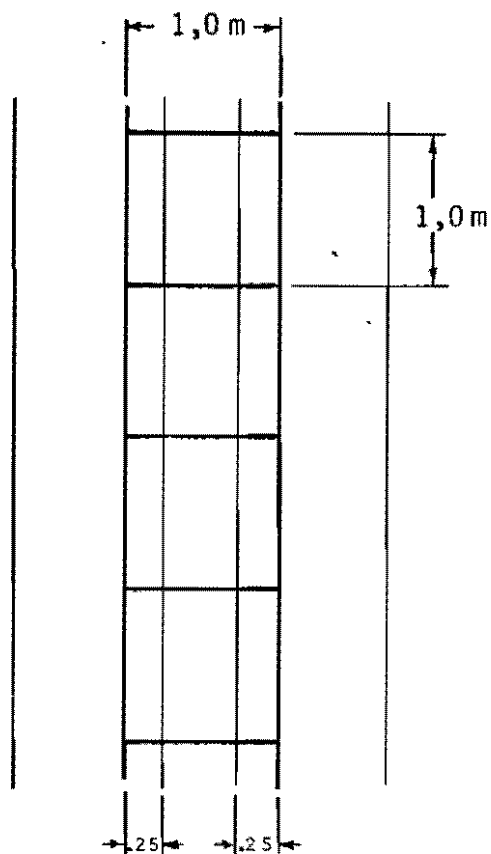
Parcelas: Cada entrada deberá sembrarse en línea corrida en cuatro hileras de una longitud de 5 m, distanciadas a 0,5 m.

Se recomienda reservar una tercera parte del total de la semilla recibida de cada ecotipo, con el fin de disponer de semilla para una posible resiembra, en el caso de que a los 20 ó 30 días se noten áreas en blanco en partes de las líneas sembradas.



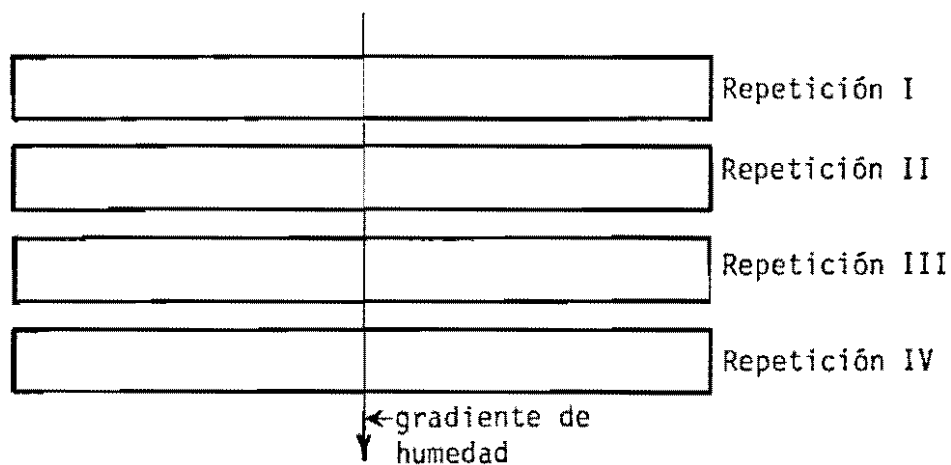
Área de muestreo: El área de muestreo cubre las dos hileras centrales, dejando 0,5 m a cada extremo de los 5 m de longitud. Considerando el área de influencia a cada lado de la hilera de 0,25 m. Las dimensiones totales de la parcela efectiva o de muestreo son, $1 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$ (tal como se ve en el croquis anterior).

Dentro de esta parcela de muestreo colocaremos un marco de 1 m^2 , dividiendo cuatro veces los 4 m^2 en cuatro subparcelas de 1 m^2 , donde se harán las evaluaciones de producción a las 3, 6, 9 y 12 semanas de rebrote, según se indica a continuación:

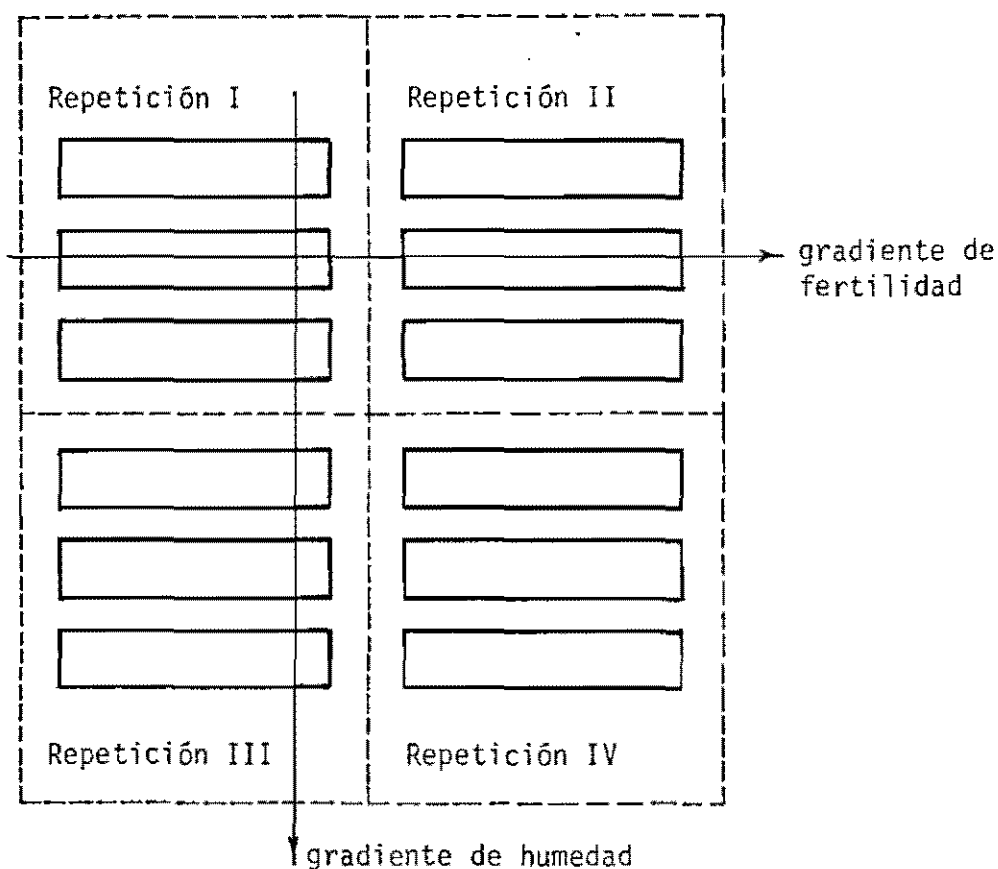


Repeticiones: Más de 3, se recomiendan 4. Estas pueden colocarse en bloques de una o más líneas, dependiendo de la uniformidad de la gradiente encontrada en el terreno. A continuación se ilustra dos posibles arreglos convenientes para cada caso.

Cuando hay una gradiente mayor afectando el campo uniformemente:



Quando hay dos gradientes predominantes afectando el campo:



Estos dos arreglos no son más que los que se adaptan mejor a la problemática del terreno de cada ejemplo. Sin embargo, queda a criterio del responsable de cada ensayo, efectuar el más eficiente bloqueo de acuerdo con las condiciones del terreno.

Gramíneas y leguminosas: Igual que en los ERA, en estos ensayos las entradas se sembrarán en parcelas puras (no asociadas). Dado que los requerimientos y tratamientos de fertilidad (N) son diferentes para gramíneas y leguminosas, se hará la siembra por separado, es decir, un experimento para gramíneas y otro para leguminosas.

Fertilización: Se recomienda fertilizar en bandas de 20 cm de ancho, en

el área donde se colocarán las hileras de siembra.

Se aplicarán 50 kg de P_2O_5 /ha (34 g de Superfosfato Triple por banda de 5,0 m x 0,20 m) y se incorporarán a unos 15-20 cm de profundidad.

La dosis de potasio a aplicarse es de 50 kg de K_2O /ha/año, en forma fraccionada tres veces al año (cada cuatro meses). La primera aplicación se hará a los 15 a 30 días después de la siembra, cuando las plantas hayan germinado, colocando el ClK sobre la banda de 5,0 m x 0,20 m, en forma superficial alrededor de las plántulas (9 g de ClK/banda de 5,0 m x 0,20 m). Las siguientes aplicaciones de K se efectuarán al voleo sobre toda la parcela, utilizando una tercera parte de la dosis anual cada cuatro meses, en forma rutinaria (35 g de ClK/parcela de 5,0 m x 2,5 m).

El N se usará en forma de urea a una tasa de 100 kg/ha/año, en forma fraccionada, en gramíneas solamente y simultáneamente con las aplicaciones de K.

La primera aplicación de N se hará sobre la banda alrededor de las plántulas a los 15 a 30 días de la siembra (23 g de urea/banda de 5,0 m x 0,20 m), y las posteriores se efectuarán al voleo sobre toda la parcela total (90 g de urea/parcela cada cuatro meses).

La dosis de P deberá repetirse cuando el ensayo cumpla un año de sembrado. El N y el K se aplicará rutinariamente cada cuatro meses.

Mantenimiento del ensayo: El ensayo deberá mantenerse libre de malezas mediante control manual o mecánico.

Estos ensayos deben tratarse simulando lo que pasaría en un potrero normalmente bajo utilización. Debe ser cortado con una frecuencia de ocho semanas, en los períodos sin evaluación. Esta frecuencia se interrumpirá durante los períodos de evaluación, los cuales deben ser seleccionados para las épocas más representativas de máxima y mínima precipitación.

Datos a tomar: El éxito de cualquier ensayo y muy especialmente de una Red de Ensayos Regionales, depende de las técnicas empleadas en la determinación de los valores para cada parámetro. Es el interés primordial de la Red, obtener datos confiables y muy especialmente

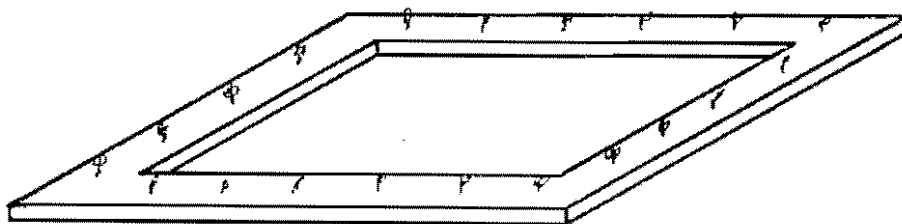
comparables.

En la metodología de evaluación se anuncian dos tipos de observaciones que corresponden a:

- a) Período de establecimiento
- b) Evaluaciones de producción durante máxima y mínima precipitación

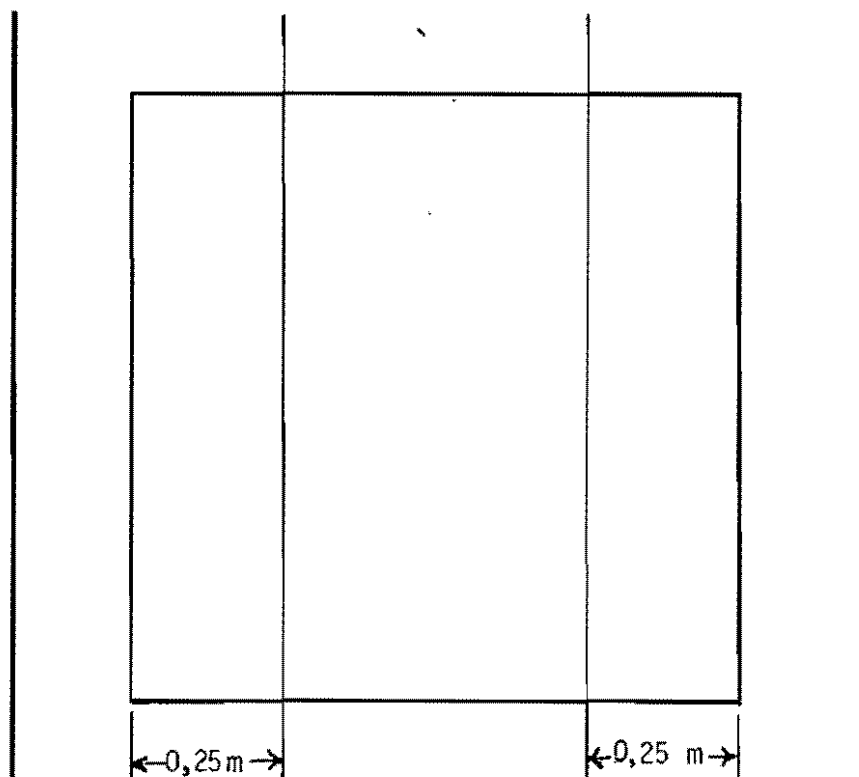
La técnica de evaluación de los diferentes parámetros es la misma para los dos tipos o momentos de observación. Sin embargo, el significado y uso de los valores varía, por lo cual se escribe un párrafo para cada caso después de explicada la técnica base (toda esta información debe recopilarse y prepararse mediante los Formatos 2 y 3 que se suministrarán).

Marcos para mediciones: Sobre el área efectiva de muestreo (ver párrafo correspondiente en pág. 2) se efectuarán todas las mediciones, para las cuales necesitaremos, además de las herramientas normales (tijeras, cuerdas, estacas, reglas graduadas, etc.), un marco cuadrado de 1 x 1 m, que puede ser de madera o de alambre grueso (1/8" ó 3/16"), pero en ambos casos, se necesitará clavos o pequeños ganchitos soldados a una distancia de 0,2 m entre ellos sobre cada lado, tal como lo muestra el croquis:



Este marco se utilizará para las mediciones de cobertura, el conteo de plantas y como referencia para los cortes de evaluación.

Conteo de plantas: Usando el marco de 1 m^2 , colocándolo sobre las dos hileras centrales, tal como se ve en la siguiente Figura:



Se cuenta el número de plántulas o plantas, de la especie en estudio, comprendidas dentro del marco.

a) Durante el establecimiento

Cuando se trate de conteos de evaluación del establecimiento durante las primeras 4, 8 y 12 semanas, se contará el número de plantas dentro del marco que se colocará al azar a lo largo de las dos hileras centrales, siempre que, a criterio del investigador, la población sea razonablemente uniforme.

Si ésta no fuera uniforme, el conteo deberá hacerse sobre el m^2 que también, a criterio del investigador, represente mejor la población del total de las dos hileras centrales.

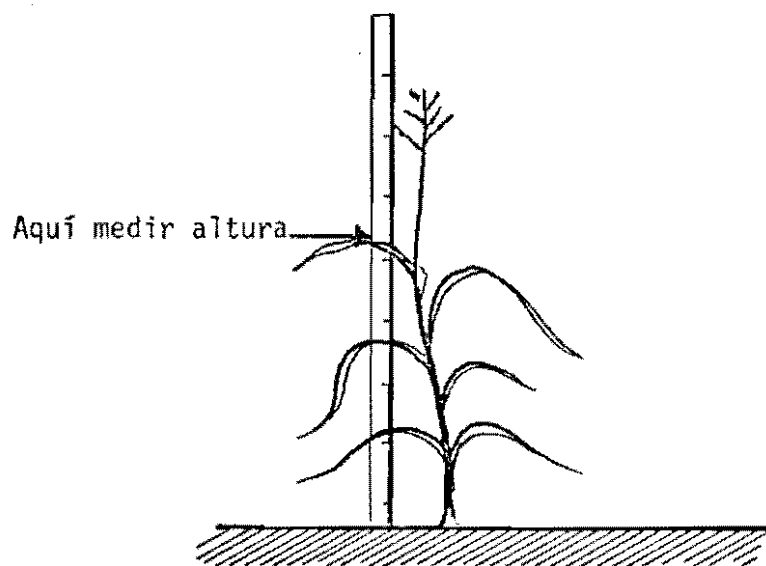
b) A la producción

El conteo de plantas durante las evaluaciones de producción en los períodos de máxima y mínima precipitación, se harán después del corte respectivo (3, 6, 9 ó 12 semanas) dentro del área que sistemáticamente correspondió para el corte.

Dato a reportar: Número de plantas/ m^2 :

- Cada 4, 8 y 12 semanas durante el establecimiento
- En las parcelas cortadas, después de 3, 6, 9 y 12 semanas de crecimiento en épocas de máxima y mínima precipitación

Medición de altura de plantas: Si el tamaño de las plantas es uniforme a través de las dos hileras centrales, tomar 5 plantas al azar y medir su longitud en centímetros del suelo al punto más alto de la planta, sin contar inflorescencia ni estirar la planta, tal como lo veremos a continuación:



En caso de que el tamaño de las plantas en las dos hileras centrales sea muy irregular, medir 5 plantas de diferente tamaño. Si el caso fuera de dos tamaños definidos de plantas, medir tantas plantas de cada tamaño como el número de cada una de ellas es en relación al número total de plantas. Ejemplo, si estimamos que un 40% de las plantas son del tamaño pequeño, mediremos la altura de 2 plantas pequeñas y 3 de las más altas. Si se tratara de plantas de tamaños variables pero no definidos, medir 5 plantas que cubran adecuadamente el rango.

a) Durante el establecimiento

La idea general es obtener una medición de altura lo más representativa posible de las dos hileras centrales de la parcela durante el período de establecimiento.

b) A la producción

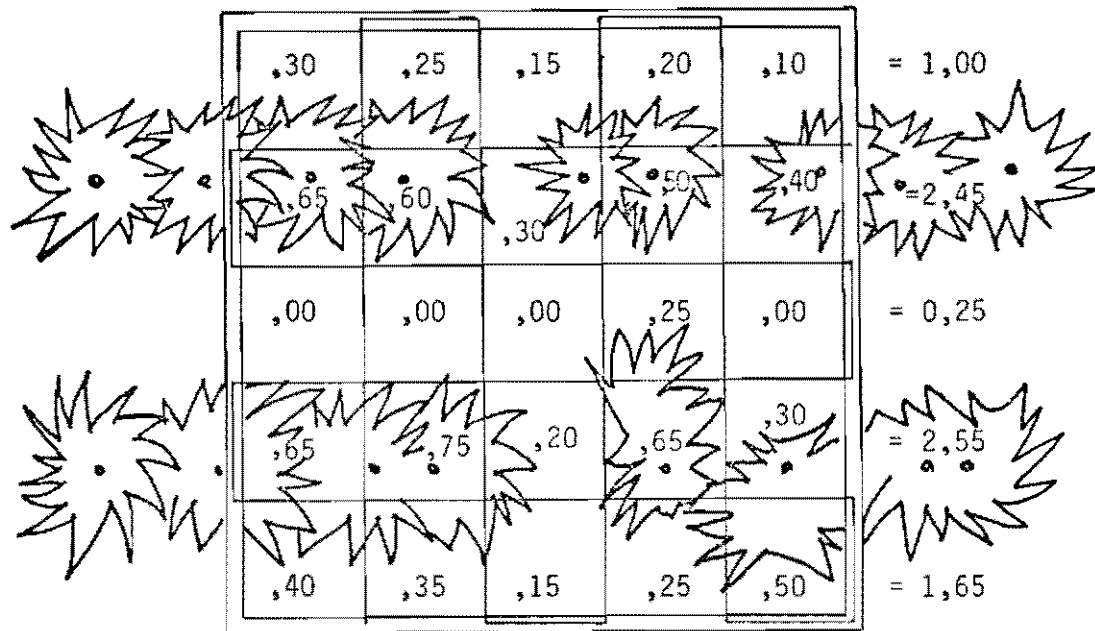
Cuando se tomen las medidas de producción durante máxima y mínima precipitación, las mediciones de altura deberán representar la altura de la vegetación en el correspondiente (3, 6, 9 ó 12 semanas) m² de evaluación. Deberá tomarse dentro del marco descrito previamente.

Dato a reportar: Cinco mediciones de altura de planta en cm con cada tipo de observación durante el establecimiento.

Informar el promedio de altura dentro de cada parcela de muestreo, durante el período de máxima y mínima precipitación.

Medición de cobertura: Para esta medición se usa el marco de madera o metálico del que hablábamos antes y un cordel que permita, formando un cuadrículado, pasar por todos los ganchos o clavos de los lados del marco.

El marco cuadrículado se coloca sobre las dos hileras centrales, tal como fue descrito para el conteo de plantas y se procede a la calificación de la cobertura. Ver Figura:



TOTAL = 7,90 x 4
 % Cobert. = 31,60 ≈ 32

Con ayuda de un papel cuadrulado se hacen varios dibujos representando el marco con la cuerda cuadrulándolo, uno por cada parcela. Luego en el campo, después de colocado el marco, se procede a estimar la cobertura como proporción de 1,00 de cada área de 0,2 x 0,2 m, colocando estos valores en el respectivo cuadrado del papel.

Posteriormente, en la oficina se suman estos valores por parcela y el total se multiplica por 4 para obtener el valor en porcentaje. El valor a reportarse deberá redondearse a la cifra entera más próxima.

a) Durante el establecimiento

Igual que en las mediciones de altura y número de plantas, la idea general es obtener la información más real y representativa de lo que ocurre en las dos hileras centrales de la parcela. Con tal fin, el marco de evaluación se colocará al azar o selectivamente, dependiendo del grado de uniformidad de la cobertura, a lo largo de la parcela de medición (4 m²).

b) A la producción

La información obtenida deberá representar la cobertura en el área a cortarse según corresponda (3, 6, 9 y 12 semanas de crecimiento). Se colocará primero el marco con la cuerda cuadrado lándolo, se medirá cobertura, se quitará la cuerda y se procederá al corte respectivo.

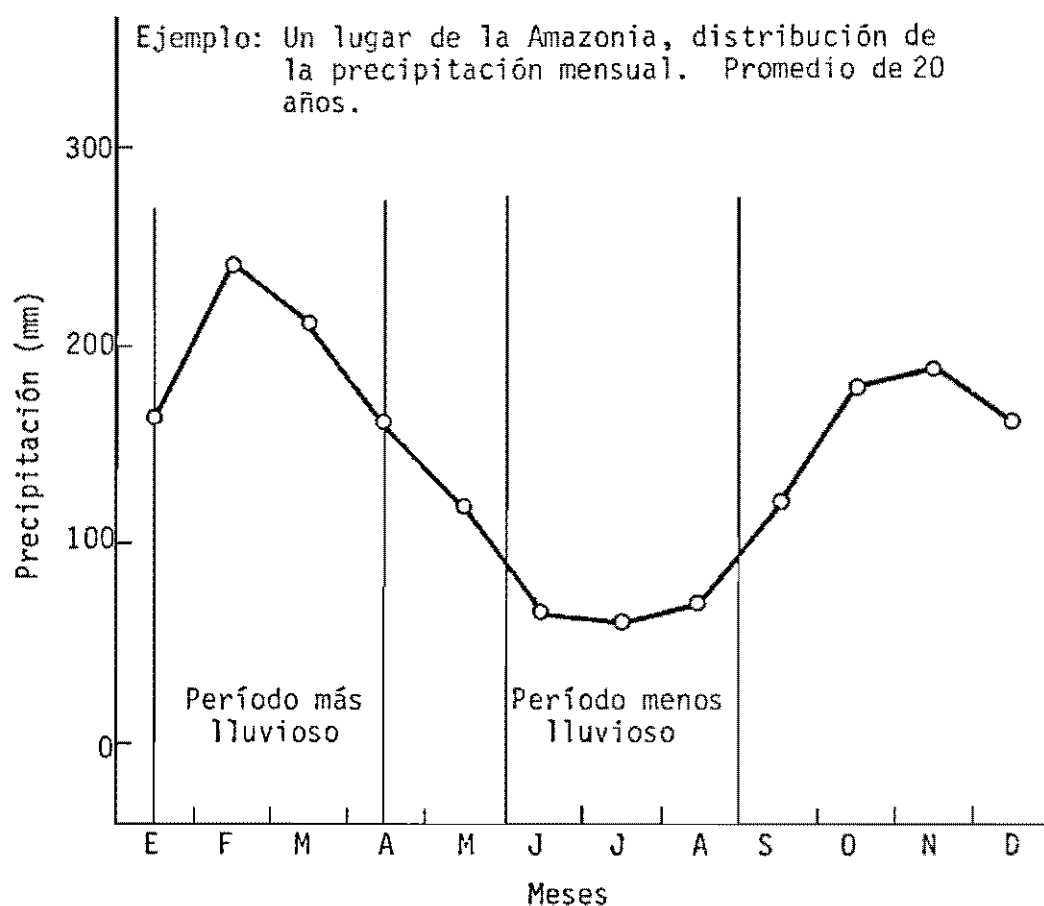
Dato a reportar: Porcentaje de cobertura (en 1 m²):

- A las 4, 8 y 12 semanas después de la siembra, durante el establecimiento
- De las parcelas correspondientes al área por cortarse según los períodos predeterminados de crecimiento (3, 6, 9 y 12 semanas) en las épocas de máxima y mínima precipitación

Medición de producción de MS/m²: Se ha dicho anteriormente que esta medida se considera como la que mejor habla de adaptabilidad relativa de una especie a un medio específico. También se ha dicho que se tomará en dos momentos del año, durante las épocas de máxima y mínima precipitación.

Se deja así la decisión del momento para iniciar este tipo de mediciones al conocimiento del ciclaje de la precipitación del lugar y al criterio que tenga el investigador. Es muy importante que el período de 12 semanas que duran estas evaluaciones encajen perfectamente dentro del período más seco y más lluvioso que se espera.

Selección de los períodos de evaluación de producción: El participante de la Red, responsable de cada ensayo, es quien conoce mejor las fluctuaciones de precipitación que ocurren en su localidad. Se deberá escoger períodos representativos de máxima y mínima precipitación que cubran un total de 12 semanas desde el corte de uniformidad.



En este caso, se darían los cortes de uniformidad para iniciar las respectivas evaluaciones el 15 de Enero, para el período de máxima precipitación y el 1º de Junio para el período de mínima precipitación.

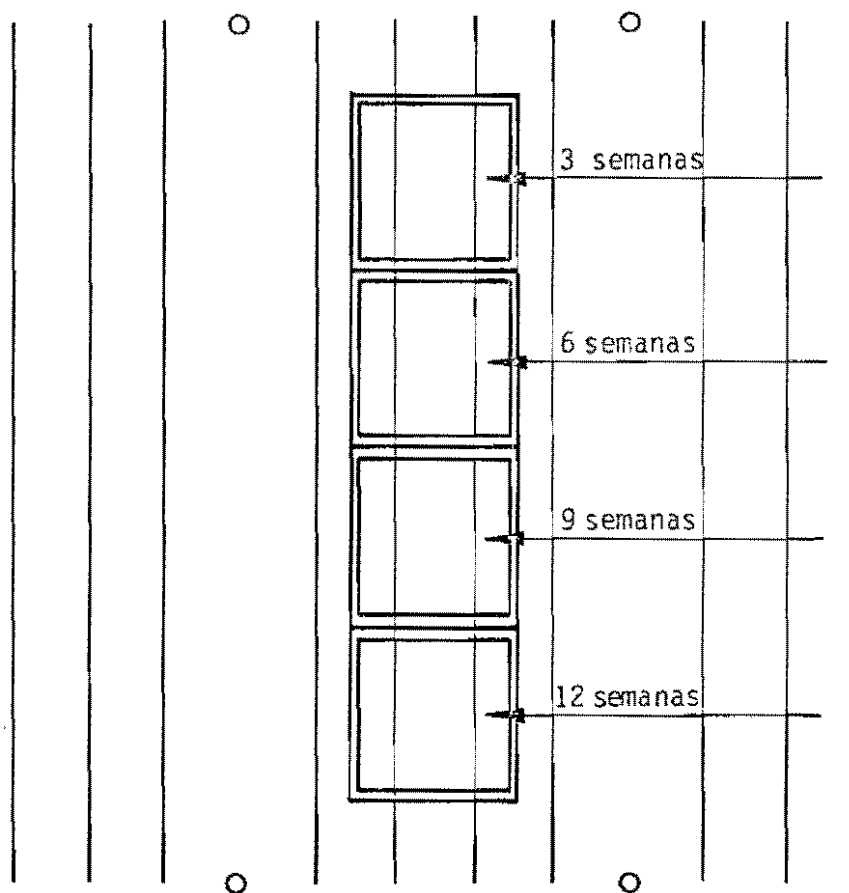
Corte de uniformidad: Se cortan todas las parcelas del ensayo a las alturas acordadas:

5-10 cm para ecotipos postrados

10-15 cm para ecotipos erectos

15-20 cm para ecotipos erectos leñosos

La parcelade 1 x 4 m cubriendo las dos hileras centrales, se dividirá en 4 subparcelas de 1 x 1 sobre las que, pasado el período establecido previamente para la evaluación, es decir, 3, 6, 9 ó 12 semanas después del corte de uniformidad, se colocará el marco de 1 m², se contarán las plantas y se medirá cobertura, tal como se mencionó en los párrafos anteriores.



Nota: Si el desarrollo de las plantas en el experimento es uniforme, podemos cortar las parcelas en secuencia, tal como se ve en la Figura. Si el experimento es muy irregular, se deberá randomizar la posición de cada corte.

El material colectado puede pesarse en el campo o posteriormente en el laboratorio, puesto que no estamos interesados en producción de material fresco.

Si se pesa en el campo, se deberá contar con una balanza que pese hasta 10 kg, especialmente cuando el corte corresponde al período de crecimiento de 9 ó 12 semanas. Igualmente se deberá contar con una balanza de precisión, tal como para tomar una submuestra de aproximadamente 250 g para el secado y determinación de MS. Ambas pesadas deberán hacerse a continuación y parcela por parcela, con el fin de no dañar la información por diferencias en el contenido de agua en la muestra y submuestra. Pesar en el campo evita mucho manipuleo de material del campo a la oficina o laboratorio, lo que previene errores; pero se requiere equipo (balanzas) adecuado para el campo y podría incurrirse en errores en días con viento y lluvia o por mala instalación de las balanzas en el campo (colocación de Cero y Taras).

Las pesadas en el laboratorio son normalmente más precisas, pues se puede usar balanzas de mayor exactitud y tanto el peso fresco como el seco, después de secado, se miden con el mismo instrumento. En el manipuleo de las muestras es importante tomar las submuestras de 250 g para determinación de MS inmediatamente después de pesar el material fresco proveniente de la parcela cortada. El mayor riesgo de error está en la posibilidad de confundir o perder muestras en el transporte del campo al laboratorio.

Las submuestras de aproximadamente 250 g deberán ponerse en bolsas de papel (de peso conocido), adecuadamente marcadas (repetición, especie, fecha, etc.) y puestas a secar en horno a temperaturas entre 60 y 70°C. Después de 48 horas de secado, las bolsas deberán pesarse a la temperatura ambiente.

De no contarse con estufa, el secado puede hacerse al sol, aunque éste no es un método recomendable. La mejor forma de hacerlo es usando bol

sas o talegas de cabuya o tela negra muy porosa (para permitir fácil intercambio de aire), lo suficientemente grandes como para esparcir dentro de ella los 250 g en una capa delgada de material. Estas bolsas con el contenido de las submuestras, deberán colocarse de preferencia sobre una superficie de cemento o parecida, directamente expuesta al sol. Este método de secado es muy lento y requiere permanente atención del investigador, pues cuando las muestras están muy húmedas tienden a descomponerse, igualmente, todo el proceso de secado puede echarse a perder si no son protegidas anticipadamente de la lluvia.

El momento de pesada es también difícil de determinar cuando las muestras son secadas al sol. Se podría decir que el momento ha llegado cuando el peso de las muestras, después de 2 y 4 horas bajo fuerte sol es constante. Esto es algo que requiere experiencia propia de cada investigador.

Datos a reportarse:

1. Peso fresco de la muestra (g/m²)
2. Peso fresco de la submuestra (g)
3. Peso seco de la submuestra (g)
- Para las épocas de máxima y mínima precipitación

Evaluación de daños por insectos y enfermedades: realizarlas de acuerdo con la técnica de evaluación descrita por separado.

Datos adicionales: La localidad de cada Ensayo Regional B deberá ser caracterizada lo más completamente posible, en cuanto a localización geográfica, política y condiciones predominantes de clima y suelo (Formato 1).

Con cada período de evaluación (establecimiento y producción), deberán registrarse y reportarse también los datos de clima del período respectivo, temperatura y precipitación (Formato 4).

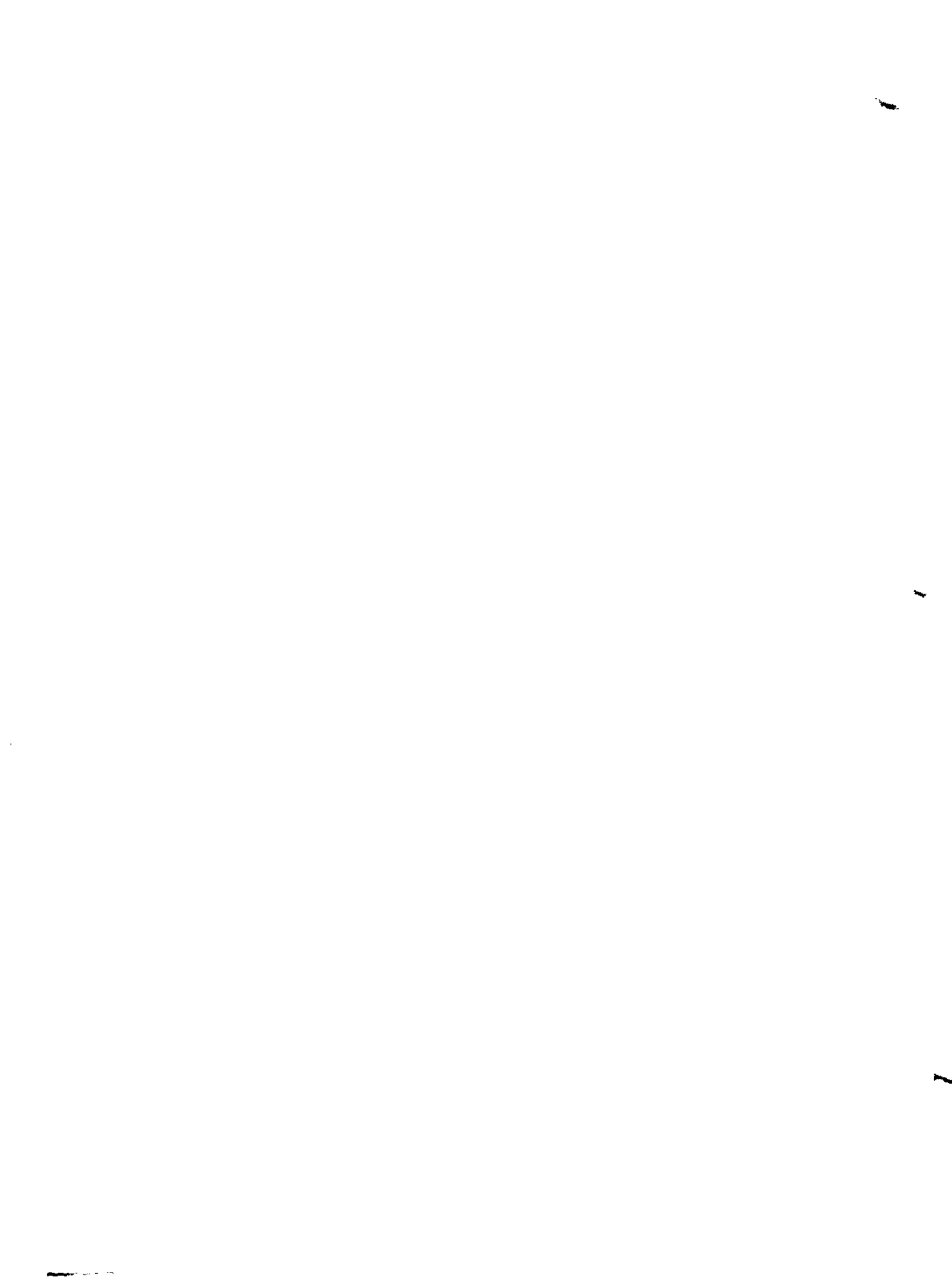
Duración del Ensayo: Dos y medio (2.1/2) años.

Protección de Plantas Entomología y Fitopatología

- ___ 1. El concepto de centro de diversidad y su importancia para la evaluación de enfermedades de leguminosas forrajeras en Centro y Suramérica. Lenné, J.

- 2. Estudios tendientes a establecer el control integrado de las salivitas de los pastos. Jiménez, A.J.

- 3. Control de insectos mediante la utilización de plantas hospederas resistentes. Calderón, M.



EL CONCEPTO DE CENTRO DE DIVERSIDAD Y SU IMPORTANCIA PARA LA EVALUACION DE ENFERMEDADES DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN CENTRO Y SURAMERICA

Jill Lenné *

La mayoría de las leguminosas forrajeras que se están evaluando en el Programa de Pastos Tropicales del CIAT son nativas de Centro y Suramérica, y por consiguiente, están siendo estudiadas en sus ambientes naturales o centros de diversidad. Es importante comprender esta situación cuando dichas plantas se evalúan desde el punto de vista de las enfermedades que las afectan.

El centro de diversidad de una planta contiene toda la variación natural de la misma, y es, al mismo tiempo el centro de diversidad de los patógenos y plagas especializados en ella. Se piensa que las razas más patogénicas y los biotipos de insectos existen en el centro de diversidad de un parásito con mayor probabilidad que en cualquier otra parte. En los centros de diversidad, tanto el hospedero como el parásito han estado asociados por largo tiempo como factores selectivos recíprocos en evolución. Cada nueva y más virulenta raza o biotipo que evolucione debe necesariamente haber reducido la proporción de individuos susceptibles en la población hospedera y los sobrevivientes habrán desarrollado resistencia, a menudo de carácter múltiple. Por consiguiente, los centros de diversidad sirven como la principal fuente de resistencia genotípica contra enfermedades e insectos. Por medio de la selección de leguminosas forrajeras en sus centros de diversidad debe ser posible seleccionar germoplasma con resistencia múltiple contra los patógenos y plagas especializadas que los atacan.

Como es el centro de diversidad de una planta identificada? Esto es a menudo difícil de establecer, especialmente para plantas alimenticias, debido al movimiento de material vegetal realizado por el hombre en cientos de años. En el pasado, sin embargo, las leguminosas tropicales con potencial forrajero han sido de poco interés para el hombre. La colección activa de germoplasma comenzó hace sólo pocas décadas. Los sitios de colección de las leguminosas tropicales con potencial forrajero, como aparecen en los estudios taxonómicos son entonces buenos indicadores de los centros de diversidad de estas plantas. Aunque

la definición está influida por el número de colecciones y la exactitud de la identificación de las plantas, generalmente hay suficiente información para definir los centros de diversidad de muchas leguminosas.

El género *Stylosanthes* ha recibido una mayor atención entre todos los géneros de leguminosas tropicales. Como resultado, se han logrado más colecciones de este género que de cualquier otro y existe más información disponible para definir los centros de diversidad de las especies. Con base en la información disponible, los centros de diversidad de aquellas especies más importantes para el Programa de Pastos Tropicales del CIAT se pueden encontrar con mayor probabilidad en:

<i>Stylosanthes capitata</i>	- Oriente de Venezuela
<i>Stylosanthes scabra</i>	- Brasil
<i>Stylosanthes bracteata</i>	- Brasil, Paraguay y Argentina
<i>Stylosanthes guianensis</i>	- Desde Centroamérica hasta Argentina
<i>Stylosanthes guianensis</i> "tardío"	- Brasil y Venezuela

Además de *S. guianensis*, la especie más ampliamente distribuida, aquellas especies de interés para CIAT tienen distribuciones limitadas. Sobre la base del concepto de centro de diversidad, se espera que los patógenos y plagas especializados que afectan a *S. capitata* se encontrarán en la región oriental de Venezuela y Brasil; los que afectan *S. scabra* en Brasil; los que afectan a *S. bracteata*, en Brasil, Paraguay y Argentina, y los que afectan a *S. guianensis* "tardío", en Brasil. Se espera también que los parásitos que afectan a *S. guianensis* estén distribuidos ampliamente. Por consiguiente, para exponer estas leguminosas a sus plagas y patógenos especializados y seleccionar germoplasma con resistencia múltiple, deben realizarse selecciones y evaluaciones de enfermedades en sus centros de diversidad.

Recientemente, la importancia de realizar selecciones en el centro de diversidad se ha puesto de relieve con respecto a *S. capitata*, una leguminosa forrajera con considerable potencial para los suelos ácidos e infértiles de Suramérica Tropical. La antracnosis, causada por *Colletotrichum* spp., es la enfermedad más seria de *Stylosanthes* spp.; una ayuda importante en la selección a nivel de campo es la identificación de ecotipos de *S. capitata* que muestren resistencia.

La selección de campo de 78 ecotipos de *S. capitata* para establecer su reacción a la antracnosis en Carimagua dió como resultado 68 resistentes (Tabla 1), mientras que en Brasilia solamente se encontraron 8. Es claro que las razas especializadas de hongos que producen antracnosis en *S. capitata* existen en su centro de diversidad: Brasil. La selección por resistencia a antracnosis en Colombia, donde *S. capitata* es una planta exótica, seguramente dará como resultado ecotipos susceptibles.

Tabla 1. Selección de campo de 78 ecotipos de *Stylosanthes capitata* en Carimagua, Colombia, y Brasilia, Brasil en 1978 y 1979.

Selección	Localidad	Reacción a la antracnosis		
		Resistente	Mod. Resistente	Susceptible
Carimagua	Colombia	68	10	0
Brasilia	Brasil	8	29	49

Si la cuarentena de la planta provee suficiente seguridad contra la importación de patógenos en la semilla, el riesgo de utilizar ecotipos susceptibles puede ser aceptable. Con respecto a los pastos tropicales, sin embargo, la colección e introducción de plantas es una actividad continua y las posibilidades de introducción de patógenos son posibles incluso bajo las más estrictas regulaciones de cuarentena.

Se concluye que la primera selección de leguminosas forrajeras tropicales en sus centros de diversidad se considera esencial para la identificación de germoplasma con resistencia a patógenos y plagas especializadas. Este enfoque hacia la selección de germoplasma debe reducir la necesidad de mejoramiento genético por resistencia a patógenos y plagas de estas leguminosas.

CONTROL DE INSECTOS MEDIANTE LA UTILIZACION DE PLANTAS HOSPEDERAS RESISTENTES

Preparado por: M. Calderón

I. EVOLUCION SIMULTANEA

La planta en el proceso de evolución, ha desarrollado ciertas reacciones de defensa contra el ataque de insectos. Los insectos, por otro lado se han co-adaptado a las reacciones defensivas de la planta. Este equilibrio en un determinado momento evolutivo se puede romper y se produce una ligera ventaja ya sea para el insecto o para la planta.

El hombre ha aprendido a manejar o manipular el contenido genético de las plantas de tal forma, que el equilibrio se rompa en favor de la planta y no del insecto; en otras palabras el hombre ha aprendido a ver el fitomejoramiento a una velocidad mayor de la que se produce naturalmente en el proceso evolutivo.

II. CARACTERISTICAS DE LA RESISTENCIA

La resistencia se refiere a la interacción planta-insecto, la cual es relativa y se define solamente en términos de otras plantas o variedades y debe ser hereditaria. Definición: Painter (1951), definió la resistencia como la cantidad relativa de cualidades hereditarias que posee la planta con la cual se determine el último grado de daño pro

ducido por el insecto. Beck y Maxwell (1973), la define como el total de características hereditarias mediante las cuales una especie vegetal o línea genética reduce las probabilidades de que sea usada exitosamente como planta hospedera, por una especie o biotipo de insecto.

III. LOS TRES COMPONENTES DE RESISTENCIA

Painter dividió la resistencia en tres componentes básicos que son:

1. Preferencia - Para oviposición, alimento o protección.
2. Atibiosis - Efecto adverso de la planta sobre la biología del insecto.
3. Tolerancia - La capacidad de la planta de reponerse o recuperarse del daño producido por el insecto y soportar la infestación.

Estos tres componentes forman el "triángulo de resistencia" el cual es muy importante porque siempre uno o más de estos componentes están presentes en cualquier caso de resistencia. En algunas ocasiones otros mecanismos de resistencia pueden estar presentes y estos usualmente se agrupan bajo el término de "no clasificados".

IV. CRITERIO USADO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA

La resistencia se puede determinar por uno o más de los siguientes factores:

1. Número de insectos atraídos a la variedad vegetal para oviposición y alimentación bajo condiciones de selección libre.
2. Número de huevos ovipositados.
3. Cantidad de alimentación. (Cuánto daño ha causado el insecto).
4. Duración del ciclo biológico del insecto en diferentes variedades. (Efecto en la fecundidad-fertilidad sobrevivencia etc.)
5. Número de insectos sobrevivientes en diferentes variedades.
6. Duración de la vida reproductiva de los adultos.

V. FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS INSECTOS PARA LA SELECCION DE PLANTAS HOSPEDERAS.

1. Sustancias químicas de la planta
2. Sustancias químicas derivadas de la relación planta - insecto
3. Factores físicos y ambientales.
4. Factores morfológicos.

La concentración de los constituyentes vegetales varía

con:

1. Hora del día

2. Estación del año
3. Estado de crecimiento de la planta (edad de la planta).
4. Tipo de tejido de la planta
5. Condiciones climáticas
6. Condiciones edafológicas.

VI. DEFINICION DE UNA PLANTA EN RELACION CON LA RESISTENCIA.

Una planta, para nuestros propósitos, se define como un ambiente microquímico, heterogéneo que cambia en espacio y en tiempo, en lo que se refiere a crecimiento, clima y suelo.

VII. SUSTANCIAS QUIMICAS DE LA PLANTA O CONSTITUYENTES VEGETALES MAS IMPORTANTES PARA EL INSECTO.

1. Carbohidratos
2. Grasas
3. Proteínas
4. Minerales
5. Sustancias secundarias - glucocidos, alcaloides.
6. Aceites esenciales- derivados de benceno, compuestos de cadena recta y Terpenos.

Los carbohidratos, grasas, proteínas y minerales son muy importantes desde el punto de vista de la nutrición. Las

sustancias secundarias, incluyendo los glucocidos y los alcaloides son importantes como estimulantes alimenticios, deterrentes alimenticios, estimulantes y repelentes de la oviposición. Los aceites esenciales, por otro lado son importantes en lo que se refiere a atracción y repelencia, usualmente cuando está involucrada una distancia corta.

Un ejemplo de lo anterior se presenta en el algodonero, donde a partir del botón de algodón se han aislado estimulantes alimenticios, un material repelente, un material atrayente y un factor que suprime la oviposición. Todos estos factores son importantes para el comportamiento del picudo del algodonero *Anthonomus grandis*.

VIII. USO DE PLANTAS HOSPEDERAS RESISTENTES.

La resistencia puede ser usada de las siguientes maneras:

1. Medida principal de control
2. Componente de buen control de los programas de erradicación
3. Como complemento del control biológico o químico
4. Se complementa con el control cultural
5. Es un componente del sistema de manejo de plagas (muchos factores de control). Control integrado.

Medida principal de control.- Esta es la manera básica en que se ha usado la resistencia hasta la fecha. Ejemplos

excelentes donde se han usado variedades resistentes como un método de control es en el caso de la mosquita del tallo del trigo, la mosca "Hessian", el barrenador europeo del maíz, la filoxera de la vid, el áfido manchado de la alfalfa, el áfido del chicharo, el gusano bellotero y muchos otros.

Componente de buen control en los programas de erradicación.

1. Reducción en la población inicial.- Las posibilidades de usar una variedad resistente para reducir una población alta de insectos antes de aplicar cualquier medida de control, han sido grandes. Un ejemplo es el uso de la variedad "frego" de algodónero para la erradicación del picudo. Esta variedad contiene de un 60 a 90% de resistencia, que puede ser de gran valor para abatir las poblaciones iniciales de la plaga que se preparan para la reproducción - diapausa, además se pueden usar otras medidas de control como trampas con feromonas y otros componentes en un programa de erradicación.

2. Prevención de reinfectación o establecimiento de los niveles económicos.- Las variedades resistentes juegan un papel muy importante en aquellas áreas en donde se han reducido las poblaciones de la plaga a niveles que no son de importancia económica o la erradicación total de la plaga, porque ahí las variedades resistentes evitan la resurgencia o reestablecimiento de la población plaga.

Complemento del control biológico o químico.

Biológico.-

1. Aumento de la efectividad de los patógenos, predadores y parásitos.
 - a. Disminución en el vigor o condiciones fisiológicas generales.
2. Mejoramiento de la eficiencia de los parásitos, predadores y patógenos.
 - b. La morfología cambiante de la planta puede mejorar la efectividad y la eficiencia, como por ejemplo la forma de la hoja, color, cuerpo fructífero, características del tallo, pubescencia, etc.
3. Las plantas tolerantes pueden servir como hospederas para mantener altas densidades de población de parásitos y predadores en el campo para controlar otras plagas.

Químico.-

1. Reduce la población que se desea controlar.
2. La resistencia puede afectar al insecto, haciéndolo mas susceptible al insecticida, con lo cual se produce un mejor control.
3. Se requieren cantidades bajas de insecticidas para el control.
4. La eficiencia del insecticida se puede aumentar

mediante cambios morfológicos de la planta, como por ejemplo la variedad "frego" y otra que tiene las hojas muy coriáceas en el algodónero,

Contribuciones de la investigación bioquímica de la resistencia

La investigación en la resistencia ha contribuido en muchas otras áreas del control de insectos. Muchas de las sustancias biológicamente activas que se encuentran en las plantas pueden tener muchas aplicaciones en otras áreas de control de modo que se pueden usar como cebos para insectos, patógenos, etc. Algunas de las áreas que han demostrado tener una importancia especial son:

1. Atrayentes vegetales
2. Estimulantes alimenticios
3. Repelentes
4. Toxinas

Un ejemplo de lo anterior es un estimulante alimenticio del picudo del algodónero, que se ha usado para una dispersión efectiva de patógenos al picudo en condiciones naturales. Muchos de los problemas asociados con patógenos están relacionados con el insecto. Los estimulantes alimenticios prometen ser un arma poderosa en el control de los insectos - plaga.

Como complemento del control cultural

- a. Barreras Físicas.- Ejemplo: El Chinche del sorgo y millo la langosta del sorgo y maiz.
- b. Uso de cultivos trampa para manipular las poblaciones, como sucede en la alfalfa y el maiz con algodounero.
- c. Cultivos resistentes, Limita las poblaciones de la plaga para que pasen estas a cultivos susceptibles. Por ejemplo maiz resistente limita las poblaciones de bellotero en algodounero y soya. Plantas resistentes al chicharo limitan las poblaciones de áfidos en alfalfa.

Como componente de un sistema de manejo de plagas.

El uso de variedades resistentes es un componente principal del sistema de manejo de plagas. Una ilustración descriptiva se presentó usando algodounero sin nectararios, como un ejemplo de variedad resistente con otros factores de control.

Relación Insecto-Planta. Coevolución o Evolución subsecuente.

La coevolución es la teoría de la evolución que se acepta generalmente en la relación insecto-planta, que se supone es el resultado de una fuerte interacción evolutiva

entre plantas e insectos (ver cuadro adjunto).

Sin embargo, se puede observar que: 1) Los insectos son factores de selección muy importantes para las plantas en la naturaleza. 2) Las líneas evolutivas paralelas de plantas e insectos pueden ser el resultado de interacciones coevolutivas raras, mientras que muchas especies de insectos que están muy relacionadas taxonómicamente se alimentan de plantas que son muy diferentes en lo que se refiere a la taxonomía. 3) Una especie vegetal a menudo es atacada por varias especies de insectos muy relacionados los cuales no son los resultados de factores tróficos. 4) Las interacciones planta-insecto no son necesariamente antagónicas, los insectos oligófagos pueden idealmente regular la abundancia de sus plantas hospederas, mientras que la misma planta puede servir como guía para combinaciones específicas de factores ecológicos. Por lo tanto, la teoría de la evolución subsecuente propone lo siguiente: La evolución de las plantas con flores son el resultado de factores de selección (factores abióticos, interacciones suelo-plantas y factores bióticos, interacciones planta-planta, etc.) muchos mas potentes que el ataque de insectos, crearon la base trófica diversificada, bioquímicamente para la evolución de ataques de insectos fitófagos. En otras palabras, el insecto se adapta al nicho ecológico disponible. Así la evolución de la planta desempeña un papel decisivo en la selección de nuevas formas de insectos sin efectos de selección recíprocos notables.

Como un ejemplo: se ha propuesto que el lúpulo silvestre (Humulus lupulus) y el cáñamo silvestre (Cannabis sativa v. spontanea) fueron las hospederas originales del barrenador europeo del maíz en Hungría, ya que estas especies son infestadas regularmente en la actualidad. Después del desarrollo agrícola en Hungría durante los últimos 300 años, el maíz, el sorgo, el cáñamo y el lúpulo cultivado se transformaron en los principales hospederos del barrenador del maíz, siendo por supuesto mas importante el maíz. Ninguno de estos cultivos son nativos, ya que el maíz es nativo de México.

Artemisia vulgaris, es la hospedera común en Francia, sin embargo, prácticamente no es atacada por el barrenador en Hungría.

En pruebas de preferencia para oviposición llevadas a cabo con una raza univoluntiva del barrenador del maíz, no hubo diferencias significativas entre maíz, cáñamo, Artemisia y la planta no hospedera Galinsapa parriflora. Una raza multivoluntiva de Francia creada en cáñamo prefirió esta planta en lugar del sorgo, Panicum miliaceum, Artemisia y Maíz.

Las larvas del primer instar de la misma raza mostraron preferencia para el cáñamo y Artemisia en lugar de otras plantas. De este modo el comportamiento de las larvas para la selección de la planta hospedera parece estar relacionado con algunas características primitivas.

Un ejemplo existe en México. El barrenador de la caña de azúcar ataca a esta última, al maíz y al sorgo, mientras

que el barrenador neotropical del maiz ataca maiz. El barrenador del suroeste del maiz ataca principalmente maiz pero puede afectar sorgo. El barrenador neotropical del maiz es tan especifico que en aquellas áreas donde se cultiva maiz, sorgo y caña de azúcar solamente se encuentra en maiz, aunque sus larvas se puedan desarrollar en caña de azúcar.

ADJUNTO I

Pepino progenitor
bi bi

Fuerte presión alimen-
ticia del ácaro

Ocurre la mutación en
el pepino progenitor
bi bi

La mutación ocurre
en el progenitor de
los coleópteros del
pepino, los cuales
permiten la roptura
de cucurbitacinas

Disminución general

Fuerte selección
para las plantas
Bi Plantas
bi-resis-
tentes a
alimenta-
dores ge-
nerales.

Fuerte presión ali-
menticia de la pla-
ga.

Fuerte presión de
selección para
cualquier mecanis-
mo de defensa que
reduzca la presión
de la plaga.

Tabla I.- Categorías de factores que probablemente gobiernen el establecimiento de insectos sobre diferentes plantas en fases diferentes.

Fases de establecimiento	Tipos de respuestas de insectos a plantas	Características de la planta que afectan la respuesta de los insectos.
1	ORIENTACION: Respuesta positiva (atracción) resultando en la llegada y establecimiento de los insectos sobre la planta. Respuesta negativa (repulsión) resultando en que los insectos eviten la planta.	Atracción determinada por diferentes características físicas (visuales, etc) y/o características químicas (contenido de agua, olor). El establecimiento y llegada de los insectos sobre diferentes plantas se puede deber a: a) su orientación como respuesta a estímulos ambientales debido a la vecindad de la planta. b) accidental sin orientación. Repelencia determinada por diferentes factores físicos y/o químicos.
2	ALIMENTACION: Resultando en la ingestión de alimentos	Ingestión determinada por diferentes factores físicos (visuales, mecánicos, etc.) y/o caracteres químicos (contenido de agua, olor, gusto).
3	METABOLISMO DEL ALIMENTO INGERIDO Incluye: a) Digestión/Absorción del alimento ingerido. b) Metabolismo intermedio resultando en la asimilación del alimento en los tejidos	Valor nutritivo, por ejemplo: disponibilidad de todos los nutrientes necesarios para todos los procesos metabólicos resultando en la asimilación: digestibilidad/absorción de constituyentes vegetales. Asimilación, por ejemplo: disponibilidad de los constituyentes alimenticios absorbidos para promover todos los procesos metabólicos satisfaciendo las necesidades de los insectos y ausencia de inhibidores metabólicos (toxinas).
4.	RESPUESTA - CRECIMIENTO	Digestibilidad determinando la ingestión cuantitativa de alimento y valor nutritivo determinando metabolismo del alimento ingerido.
5	SUPERVIVENCIA Y PRODUCCION DE HUEVOS FERTILES.	
6	OVIPOSICION	Disponibilidad de oviposición, también puede ser determinada por diferentes características físicas y/o químicas.
7	ECLOSION NORMAL DE LOS HUEVOS OVIPOSITADOS	

Tabla II.- Rango e interacciones de estímulos sensoriales que determinan la selección por un insecto.

1. Estímulos de medio	Estos determinan la llegada de los insectos en la vecindad de las plantas, como por ejemplo la luz y la humedad.
a. Estímulos visuales	Las plantas y su medio atraen a los insectos a una distancia máxima.
b. Humedad del medio	Atraen a una distancia más corta.
c. Estímulos de olor y humedad	Atraen a la distancia más corta.
2. El contacto químico y los estímulos mecánicos determinan la alimentación u oviposición.	

RESISTENCIA DE PLANTAS A INSECTOS

TERMINOLOGIA

- I. La resistencia se relaciona con la interacción de la planta y el insecto.
 - A. Se debe de examinar o definir ya sea de uno o de ambos puntos de vista.
Ejemplos:
 - a. Antibiósis - Efecto de la planta sobre el insecto
 - b. Tolerancia - Efecto del insecto sobre la planta
- II. La resistencia es relativa.
 - A. La resistencia se define solamente en términos de otras variedades mas susceptibles.
 - B. Sin una variedad "standard" para comparar con material de prueba es casi imposible establecer si una variedad vegetal contiene resistencia.
- III. La resistencia se define:
 - A. La cantidad relativa de cualidades hereditarias que posee una planta y que mediante ellas afecta el último grado de daño producido por el insecto.
- IV. Inmunidad de la planta.
 - A. Es aquella variedad o planta en donde un insecto específico nunca consume o daña bajo cualquier condición conocida.

- B. Es una condición extremadamente rara, el término no es usado ligeramente.
 - C. Si el término es usado es para calificar o explicar las condiciones.
- V. Resistencia moderada. Nivel intermedio de resistencia.
- A. Es regido por genes que bajo ciertas condiciones ambientales causan la expresión de factores de resistencia.
 - B. El tipo más común de resistencia usado.
 - C. Ejemplos de fuentes de resistencia moderada.
 - 1. Trigo Pawnee - Mosca "Hessian"
 - 2. Trigo Dickinson - Chinche verde
 - 3. Alfalfa Cody - Afido manchado de la alfalfa.
 - D. Ejemplos de resistencia moderada en "C" en donde se produce el abatimiento en cada generación de la densidad de población a niveles que no son de importancia económica, son muy importantes.
- VI. Pseudoresistencia - Falsa resistencia
- A. Se define como resistencia aparente que resulta como caracter transitorio en plantas hospederas potencialmente susceptibles.
 - B. Existen tres tipos de pseudoresistencia:
 - 1. Evasión de la planta hospedera.-Donde la planta puede evadir el ataque del insecto pasando rápidamente por la etapa susceptible o mediante una maduración temprana.

Ejemplos:

- Los primeros trabajos desarrollados en fitomejoramiento para variedades de algodónero de maduración temprana para el control de Anthonomus grandis.

- Fechas de siembra para el gusano rosado y para la mosca "Hessian" determinadas para que el cultivo escape al período de mayor emergencia de insectos y de este modo se limita el período de tiempo durante el cual la planta puede ser infestada por la plaga.

2. Resistencia inducida.-

a. Resistencia temporal que resulta por alguna condición de la planta o del medio ambiente.

b. Puede resultar de:

1) Variación de la humedad. Puede afectar el daño producido por insectos picadores, chupadores, como por ejemplo los áfidos.

2) Cambios en la fertilidad del suelo. Un buen ejemplo se presenta con los ácaros. Las plantas sanas y vigorosas a menudo soportan infestaciones mejor que aquellas que no están bien fertilizadas.

3) Temperatura. La temperatura extrema, ya sea alta o baja puede afectar la capacidad de reparación y expresión del daño en la planta.

3. Escape.-

a. Puede haber ausencia de infestación o daño debido a circunstancias transitorias, como por ejemplo, una infestación incompleta.

C. No se puede ignorar la pseudoresistencia.

1. Se debe determinar a partir de la verdadera resistencia mediante investigación.
2. Incluye tiempo y esfuerzo pero no incluye repetición del procedimiento.

LAS FUNCIONES DE LA INTRODUCCION EN EL FITOMEJORAMIENTO

I. Principales centros de origen de plantas cultivadas.

A. China Central y Occidental.

"Trigo Buck", soya, tres especies de millo un número de leguminosas, peras, manzanas, ciruelas, cereza y cítricos.

B. Asia Suroriental.

Arroz, caña de azúcar, numerosas leguminosas, muchas frutas tropicales (plátano, mango, cítricos), orquídeas, yute, algodón asiático, ajonjolí, millo y diferentes palmas.

C. Asia Central.

Trigo común, trigo club, trigo shot, chicharo, lenteja, frijol, garbanzo, algodón asiático, lino, cáñamo y la nuez pistache.

D. Oriente.

Trigo (9 especies), arroz, vid, granada, pera, cereza, membrillo, almendra, higo, alfalfa, trebol de Persia, y algarrobo.

E. Zona del Mediterraneo.

Lino, cebada, frijol, garbanzo de semilla grande en comparación con la semilla pequeña de Asia (origen primario).

F. Abicinia.

Trigo y cebada.

G. América Central y México.

Maiz, especies americanas de frijol, calabaza, pimienta, algodón de tierras altas y un número de frutas.

H. América del Sur.

1. Perú, Bolivia, Ecuador, y Colombia - muchas plantas con tuberculo, incluyendo varias especies de papa blanca.

2. Isla de Chiloe - papa irlandesa.

3. Peru - maiz, tomate, frijol lima, cacahuete y piña.

II. Cultivos derivados de plantas herbáceas.

III. Importancias de los centros de origen.

IV. Trabajo de introducción de especies vegetales.

V. Exploración e introducción de la planta por el Depto. de Agricultura.

A. Cuatro estaciones regionales de introducción.

1. Noroeste - Génova, Nueva York.
2. Sureste - Experimento Georgia.
3. Norte Central - Ames, Iowa
4. Oeste - Pullman, Washington.

VI. Funciones de las estaciones regionales de introducción.

- A. Reunir las solicitudes para introducir material vegetal.
- B. Circular nuevos inventarios especiales.
- C. Tener listas disponibles de material e inventario de los investigadores en cada especialidad.
- D. Evaluar de una forma preliminar todas las introducciones.
- E. Tener los resultados de las evaluaciones disponibles a todos los fitomejoradores interesados.
- F. Organizar el incremento y/o propagación de todo el material en la región y repartirlo a los fitomejoradores en el futuro.

RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA

- I. Relación de las variedades resistentes con otras fases de la entomología.

A. Relaciones de las variedades resistentes y los ni
veles de población de los insectos.

1. La variación de los cultivos puede producir
grandes efectos sobre la fe

- a) El uso de cultivos resistentes que sirvan como barreras para prevenir el movimiento de los insectos hacia cultivos susceptibles; por ejemplo en el caso de la chinche se usa un campo cultivado de Millo susceptible rodeado de diferentes hileras de sorgo Atlas resistente.
- b) El uso de hospederas alternantes de picudo limitan las poblaciones en los cultivos, por ejemplo cultivos trampa, siembra de cultivos susceptibles que atraigan a los adultos para la oviposición.
- c) El uso y relación de diferentes cultivos a la langosta, particularmente Melanoplus differentialis, se usa sembrar en la periferia de los campos de maiz unas hileras de sorgo.

B. La relación que existe del uso de variedades resistentes y el uso de control biológico mediante predadores y parásitos, pueden ser de una o más de las siguientes maneras:

1. Reducción general en los niveles de población de los predadores o parásitos de las plantas hospederas por la acción de variedades resistentes

tes; esto puede dificultar que el parásito o predator encuentre suficiente cantidad de insectos-plaga para su propio mantenimiento.

2. La fisiología o nutrición de los parásitos de la plaga se puede afectar por las variedades resistentes, presentándose condiciones defavorables para su establecimiento, produciéndose insectos débiles, pequeños, etc.
3. El efecto de las plantas resistentes sobre el insecto-plaga puede repercutir en su reproducción, tamaño y sexo de los insectos parásitos o predatores.
4. Las plantas resistentes pueden limitar las fuentes alternantes de alimento o humedad para los predatores y parásitos, por ejemplo quitando los nectarios se proporciona resistencia a ciertos lepidópteros y hemipteros, pero también estas fuentes son usadas por ciertos predatores como algunas especies de Chrysopa, Coccinelidos y algunas avispas parásitas, como fuentes alimenticias alternantes cuando otra fuente de humedad o de alimento no está disponible.

Debido a lo anterior, es difícil predecir con cierto grado de exactitud, las relaciones que se pueden presentar entre las plantas resistentes y los insectos parásitos y predatores de

una liberación en variedades resistentes, Esto se debe de probar antes de efectuar una liberación de parásitos o predadores.

C. Relación del uso de variedades resistentes y el control químico.

1. Existen pruebas considerables que demuestran una relación muy directa entre el alimento de los insectos y la eficiencia de ciertos insecticidas para matar los insectos.

a) Las larvas de mosquito varían desde una susceptibilidad completa a una resistencia completa de retenona a nicotina, dependiendo de la dieta previa. Este tipo de relaciones también se presenta con algunos de los hidrocarburos clorados.

b) Se han registrado variaciones en la susceptibilidad del ácaro rojo a diferentes insecticidas dependiendo del huésped que le haya servido de alimento previamente.

c) Se presentó mayor mortalidad del coccido Epidiaspis leperii después de aplicar tres diferentes insecticidas, cuando la plaga se cultivó en durazno y no en pera.

d) El porcentaje de mortalidad producido por ciertos compuestos de arsénico en insectos defoliadores parece ser que varía desde cero

a 98% dependiendo de la dieta previa al tratamiento.

e) En el caso de la mosca casera, la mortalidad después del tratamiento con Piretrum y DDT varía también dependiendo de la dieta previa.

f) Las chicharritas (altatrizas) de la papa son más fácilmente controladas en papa que resiste a chicharritas que en variedades que son susceptibles.

2. Los ejemplos mencionados sugieren que la combinación del control químico con el uso de variedades resistentes puede ser altamente efectiva, cuando un método solo no produce control satisfactorio.

3. El control obtenido por la combinación del químico y las variedades resistentes puede resultar de la interacción de los dos o de algún efecto directo de las variedades resistentes en la fisiología del insecto, haciéndolo más sensible al insecticida.

I. Sumario de Conceptos Importantes.

A. La resistencia se presenta como una diferencia entre las especies y la variación de las plantas. La resistencia es relativa.

- B. Los grados que existen de diferencia son muy amplios y van desde donde se pueden medir solamente en buenas pruebas críticas hasta donde se aproxima a la inmunidad.
- C. La resistencia en el campo se puede medir de tres formas:
 1. Diferencias en el daño que se produce a la planta.
 2. Diferencia en el número de plantas vivas, puede o no afectar la calidad o producción.
 3. Número de insectos presentes.
- D. Las diferencias se presentan tanto en las especies cultivadas como en especies silvestres.
- E. Hay diferencias en resistencia a insectos con hábitos alimenticios muy amplios y también con hábitos alimenticios restringidos. Por ejemplo: gusano bellotero polífago; la mosca Hessian - oligofago; áfidos - oligófago.
- F. Los mecanismos de resistencia parecen ser muy diversos, igual que la alta diversidad específica de los insectos.
- G. La resistencia se puede usar como una herramienta para saber mas acerca del insecto y la fisiología de la planta, comportamiento del insecto, etc.
- H. La resistencia se puede usar por los Agrónomos para determinar la combinación de semillas.
- I. La resistencia se puede comparar solamente bajo con-

diciones ambientales semejantes. Los biotipos y razas de los insectos son parte del medio ambiente. Por ejemplo la resistencia de alfalfa al áfido manchado y al áfido de la lenteja es mayor conforme aumenta la temperatura. Sucede todo lo contrario en el caso del pulgón del trigo y la ceba da Schizaphis graminum.

J. Dos formas básicas para aumentar la resistencia:

1. Combinando los componentes de resistencia - Dos o más fuentes diferentes.
2. Adicionando genes que son resistentes bajo diferentes condiciones.

II. Casos principales en donde la preferencia es la base de la resistencia o una de las bases de la resistencia.

- A. Mosca Hessian del trigo.
- B. Langosta en maíz.
- C. Afidos en maíz.
- D. Barrenador europeo del maíz en maíz.
- E. Gusano bellotero del algodón.
- F. Picudo del algodón.
- G. Chicharritas (Empoasca fabae) en papa.
- H. El escarabajo colorado de la papa, en papa.
- I. Phyllotreta sp. en papa.
- J. Afidos en papa.
- K. Palomilla Glyohipteryx fischeriella Zell en pastos de jardín.

- L. Mosca fit en avena.
- M. Chicharritas de la caña de azúcar en caña de azúcar.
- N. Chicharritas en ciertas leguminosas.
- O. El barrenador (Diatraea sp.) en caña de azúcar.
- P. Trips en cacao.
- Q. La conchuela del frijol, entre variedades de frijol.
- R. Chicharritas en algodón.

III. Antibiosis.— Esta forma de resistencia es la más deseable porque posiblemente es la más permanente.

- A. Efectos de la antibiosis sobre el insecto y sobre su ciclo biológico.
 - 1. Muerte de larvas jóvenes, ninfas o huevos.
 - 2. Duración anormal de la vida.
 - 3. Muerte inmediatamente antes de llegar al estado adulto. Generalmente en el primer instante.
 - 4. Hábitos y fisiología aberrantes.
 - 5. Bajas reservas alimenticias, incapacidad para hibernar.
 - 6. Bajo peso, tamaño pequeño.
 - 7. Baja fecundidad.
 - 8. Debilidad.
 - 9. Baja fertilidad.
 - 10. Adultos anormales.

- B. Posibles explicaciones fisiológicas de antibiósisis.
1. Efectos deletorios de sustancias químicas específicas.
 2. Ausencia de materiales alimenticios específicos, por ejemplo: carotenos.
 3. Diferencias en la cantidad de alimento disponible por ejemplo: en la mosca sierra del trigo, trigo con tallo sólido contra trigo normal. La larva es incapaz de usar el centro del tallo para alimentarse y hace túneles para alimentarse cerca de los vasos.
 4. El material alimenticio presente pero por alguna razón no disponible.
- IV. Algunos ejemplos de resistencia hereditaria como resultado de antibiósisis.
- A. Resistencia al áfido algodonero (pulgón lanífero) de la manzana. La condición heterocigota en las variedades "Northern Spy" and "Winter Majetin", conocida por más de cien años. Algunas cruces entre plantas susceptibles dieron lugar a un número pequeño de progenie altamente resistente, indicando la presencia de genes recesivos para resistencia.
- B. Phylloxera vitifoliae. Más de un factor genético involucrados en vide resistentes.
- C. La variedad Lloyd George de frambuesa rojo resis-

tente a áfidos, llevados o más factores genéticos para resistencia, dos de ellos en condiciones heterocigóticas.

- D. Resistencia de sorgo a áfidos.- La resistencia se hereda como un carácter dominante en la generación F_1 , lo cual indica un factor genético acumulativo y complementario para resistencia. Tanto la preferencia como la tolerancia y la antibiósisis, están involucradas en este caso.
- E. Siete o más pares de factores genéticos diferentes, están involucrados en el caso de resistencia de trigo a la mosca Hessian. Algunos son recesivos y otros dominantes. El grado de efectos de las plantas que poseen estos genes va desde algunas que son efectivas contra solo una parte de la población del insecto hasta una combinación de dos pares de genes que totalmente evitan el crecimiento de las larvas de la mosca bajo todas las condiciones probadas.
- F. Para otros ejemplos se recomienda leer la parte que se refiere a la herencia de la resistencia a insectos en plantas cultivadas.

V. Algunos ejemplos de antibiósisis como un factor de resistencia.

- A. Entre la especie de planta hospedera y el insecto involucrado:

1. Grillos Melanoplus differentialis.
 2. El gusano cortador del oeste, Agrotis orthogomia.
 3. Gusano bellotero del algodnero, Heliothis armigera.
 4. Afidos, Toxoptera graminum.
 5. Filoxera de la vid, Phylloxera vitifoliae.
 6. El escarabajo colorado de la papa, Leptinotarsa
 7. Picudo del algodnero, Anthonomus grandis.
- B. Entre variedades de una sola especie vegetal, involucran los siguientes insectos:
1. Pulgón lanífero de la manzana, Eriosoma lanigerum.
 2. El áfido de la uva espina Kakimia Houghttonensis.
 3. El áfido de la frambuesa, Amphorophora rubi.
 4. El áfido de la habichuela, Macrosimhum pisi, en la alfalfa y la habichuela.
 5. La chinche del sorgo Blissus leucopterus.
 6. La mosca Hessian del trigo Phytophaga destructor
 7. El áfido del frijol Aphis rumicus.
 8. El áfido del melón Aphis gossypii.
 9. El trip del cacao sobre cacao Selenothrips rubrocinctus.
 10. El barrenador de la caña de azúcar Diatraea sacharalis.
 11. El picudo del frijol Acanthoscelides obtectus.
 12. El picudo del garbanzo Callosobruchus maculatus.

13. El barrenador europeo del maiz Pyrausta nubilalis.
14. El escarabajo del maiz Diabrotica Duodecipunctata.
15. El gusano bellotero del maiz en maiz y en algodón Heliothis zea.
16. La chicharrita de la papa en papa Empoasca Fabae.
17. La mosca sierra del trigo, en trigo y cebada Cephus cinctus.
18. El áfido manchado del alfalfa sobre alfalfa.

ESTUDIOS TENDIENTES A ESTABLECER EL CONTROL INTEGRADO DE LAS SALIVITAS DE LOS PASTOS ¹

Jaime A. Jiménez G. 2

SUMMARY

Several experiments were conducted to study some aspects of the Spittlebug *Aeneolamia varia*, which causes severe damage to grasses, especially *Brachiaria decumbens*, in the Colombian Eastern Plains, where the pest is known as "Salivita". According to the result the main damage is done by the adults, which besides sucking the sap, inject toxic substances to the plant. It was observed that the eggs undergo diapause, which allow them to survive the dry season, and immediately the rainy season starts in March, the nymphs appear as a serious problem. The main biological control factor of the insect population is a disease caused by the fungus *Metarrhizium anisopliae*.

Cultural methods, such as burning and disc-harrowing proved to provide the best control.

INTRODUCCION

Los nombres "salivita" y "mión de los pastos" se aplican en Colombia respectivamente a las especies *Aeneolamia varia* F. y *Zulia pubescens* F. (Homoptera: Cercopidae), especies muy relacionadas entre sí por sus hábitos y tipos de daño y las cuales conviven en las plantas hospedantes, pero la primera de ellas es mucho más importante debido a la magnitud de sus poblaciones y a que se ha venido presentando desde hace algunos años con carácter de plaga en gramíneas de los Llanos Orientales (Figura 1). Son tan abundantes las poblaciones de esta plaga y tan grave su daño en los meses húmedos del año, particularmente en el pasto introducido *Brachiaria decumbens* Stapf, que amplias áreas sembradas con esta gramínea quedan totalmente inservibles para el pastoreo, y en algunos casos llegan a perderse totalmente (Jiménez Ochoa 1971 a).

Dadas las características especiales de adaptación a suelos de terraza alta y media de los Llanos Orientales, el pasto braquiaria es la especie exótica que cuenta con mayor aceptación entre los ganaderos de la región y por lo tanto se espera una mayor explotación del área sembrada (ICA, 1975). De aquí

se puede deducir, la gravedad e importancia que tiene el daño de la "salivita de los pastos" a la economía pecuaria de esta zona del país;

Otras especies pertenecientes a los mismos géneros son consideradas plagas primarias de diversas gramíneas en países como México, Las Antillas, Venezuela y Brasil; en este último país, los "miónes" o "salivitas" han obligado a establecer programas de control integrado a gran escala (Guagliumi, 1971), ya que el sólo empleo de controles culturales no daba resultados satisfactorios y el uso desmesurado de productos químicos estaba afectando el equilibrio ecológico de grandes áreas agrícolas del país.

En base a lo anterior, puede asegurarse que el problema de los cercópidos, plagas de los pastos, ha ido aumentando paulatinamente su importancia, obligando a la adopción de planes de control que permitan soluciones efectivas a corto y largo plazo. Jiménez Ochoa (1971 b, 1973) efectuó algunos estudios sobre hábitos y control cultural y químico de *A. varia*, pero aún quedan aspectos que deben investigarse más, como son: reconocimiento de enemigos naturales, fluctuación de poblaciones, posible presencia de diapausa en el estado de huevo, importancia relativa del daño de la ninfa y el adulto, empleo de control biológico y cultural y estu-

1. Contribución del Programa Nacional de Entomología del ICA.
2. Ingeniero Agrónomo Programa de Entomología ICA - Regional No. 8, Apartado Aéreo 2011, Villavicencio - Colombia.



Figura 1. Adultos de *Aeneolamia varia* (F.) (izquierda) y *Zulia pubescens* (F.) (derecha). Las manchas amarillas sobre los elitros de la primera especie las diferencian a simple vista.

dios de especies relacionadas, con miras a estructurar un plan de control integrado que resuelva el problema de esta plaga.

En el presente artículo se consignan los resultados alcanzados hasta el momento en los diversos aspectos investigados sobre las "salivitas".

REVISION DE LITERATURA

Las "salivitas" de los pastos son homópteros incluidos en la familia Cercopidae. Metcalf (1951) presenta estudios detallados de clasificación de la misma. Esta familia está representada por más de 1.300 especies, la mayoría pertenecientes a la región neotropical; todas poseen más o menos los mismos hábitos de daño (Costa Lima 1942) y por ello, aunque la especie objeto del presente trabajo es *A. varia*, casi todas las técnicas de control e investigaciones complementarias se pueden aplicar también al *Z. pubescens*, la otra especie que se ha reportado causando los mismos daños en diferentes tipos de pastos en Colombia.

Jiménez Ochoa (1971 b) en sus estudios sobre el ciclo de vida y hábitos de *A. varia*, obtuvo los siguientes resultados: Duración del huevo 18,73 días, período ninfal 31,93 días y longevidad del adulto 5,50 días, en condiciones normales de humedad y temperatura. Pero muchos autores están de acuerdo, refiriéndose a diferentes especies del mismo género, en que el ciclo de vida es aproximadamente de 2 meses y puede alargarse en 9 meses o más, de acuerdo con la diapausa mostrada por los huevos (Fewkes, 1969). Esto naturalmente altera el número de generaciones observadas en el año. Las varias

subespecies de *A. varia* en Venezuela y Trinidad, son capaces de permanecer en el campo a lo largo del año cuando hay condiciones adecuadas. Se ha encontrado que las hembras depositan huevos que entren en diapausa y otros que no; en general, en las praderas de estos países pueden ocurrir unas 6 generaciones en el año (Fewkes, 1964).

Jiménez Ochoa (1971 b) anota que las ninfas se alimentan chupando en los tejidos de la parte baja de las plantas: base de los tallos y raíces superficiales; mientras que los adultos poseen hábitos eminentemente aéreos alimentándose de las hojas superiores. Los huevos recién colocados son de tonalidad amarillo transparente, muy pequeños y de forma alargada: 0,75 - 0,90 por 0,25 mm (Fewkes, 1966), y se encuentran a ras del suelo o entre el tejido de las hojas secas que están en contacto con el suelo.

Las ninfas de la plaga se encuentran cubiertas de una espuma que las protege de la desecación, dándoles un aspecto como de "escupitaje", de donde se ha originado el nombre de "mión" o "salivita". Este líquido es excretado por la abertura anal del insecto y está compuesto por diversos elementos, entre ellos una secreción proveniente de la parte anterior de los tubos de Malpighi, de características mucosas y que le da estabilidad a la espuma (Kersaw, 1913). Ziegler y Ziegler (1958) estiman que cerca del 90% de la materia orgánica que compone esta "salivita" es proteína (Figura 2).



Figura 2. Ninfas de "salivitas" chupando sobre tejidos del pasto. Se les limpió la cubierta de espuma para su mejor observación. Nótese la salida de espuma por el ano.

Sobre la diferencia en importancia del daño causado por la ninfa y el adulto se encontraron distintas opiniones. Hay autores que consideran que el

Daño de la ninfa es más importante debido a su aparición masiva y afirman que es común encontrar más de un millón de ninfas por hectárea en conteos exploratorios (Anónimo, 1974). Sin embargo, Guagliumi (1971), citando a Fewkes (1969), considera más importante el daño causado por el adulto debido a ciertas características especiales de este daño, ya que ellos al chupar la savia de las hojas y parte de los tallos, inyectan en los tejidos atacados sustancias tóxicas a la planta, que continúan "intoxicando" a la misma aún después de que el insecto ha cesado su alimentación.

Fewkes (1969) en sus estudios sobre *A. varia saccharina* (Distant) en caña de azúcar, dice citando a Williams (1921) y Withycombe (1926): es bien reconocido que la alimentación de los adultos de "salivita" es la causa principal de la quemazón de las plantas atacadas. El tamaño y velocidad del desarrollo de la "quemazón" dependen probablemente de la duración y extensión de la alimentación del insecto como del estado fisiológico de la planta. La extensión gradual de las manchas en los sitios de punción, hace pensar que los insectos pueden inyectar una toxina o agente de enfermedad en el tejido.

Withycombe (1926) no encontró evidencia que probara la transmisión de algún organismo al tejido foliar de la caña de azúcar atacada por *A. varia saccharina* y afirmó que sustancias amilíticas y enzimas oxidantes inyectadas dentro de los tejidos eran los factores que intervenían en el desarrollo de la "quemazón".

Hagley (1967) probó que la saliva de ninfas y adultos de esta especie contiene: amilasa, invertasa, lipasa, fenolasa y proteinasa, además de 17 aminoácidos. Este autor logró reproducir los síntomas típicos de quemazón, al inyectar mezclas de estas sustancias en hojas de caña. Sin embargo, la alimentación de las ninfas sobre hojas de caña de azúcar no ocasionó la quemazón típica; la diferencia en esta reacción puede estar en el sitio de la planta donde se alimentan los adultos y las ninfas, ya que los adultos alcanzan directamente con sus estiletes, los haces vasculares, mientras las punciones de las ninfas terminan en el parénquima y en muy pocos casos alcanzan el xilema.

La variación en las poblaciones de esta plaga es otro aspecto importante. Jiménez Ochoa (1971) en sus estudios sobre el particular realizados en el Centro Experimental "La Libertad" durante un año,

encontró que las infestaciones alcanzaron su máximo número en los meses más lluviosos del año, particularmente Abril, Mayo y Junio, disminuyendo su magnitud en los meses secos.

King (1975), en sus estudios sobre los factores que afectan la primera generación de *A. varia saccharina* Distant en caña de azúcar en Trinidad, encontró que las condiciones secas del suelo retrasan la eclosión de los huevos y que la primera generación importante se obtiene 25 a 30 días después de la llegada de las primeras lluvias, este autor obtuvo curvas de población muy relacionadas con el ciclo de lluvias de la región.

En cuanto a enemigos naturales, Guagliumi (1971), en el Noroeste del Brasil, y Marrufó y Enkerlein (1974), en México, han estado trabajando con buenos resultados en el control de cercópodos pertenecientes a los géneros *Aeneolamia* y *Zulia* por medio del hongo *Metarrhizium anisopliae* (Metch.), que se ha encontrado atacando adultos de *A. varia* en forma natural (Urich, 1915, Guagliumi, 1962 a).

Guagliumi (1971) reporta los siguientes enemigos naturales sobre *A. selecta* Walker, cercópodo plaga del pasto Pangola: *Salpingogaster nigra* Schiner (Diptera: Sirphidae), predator de ninfas; *Anagrus* sp. (Hymenoptera: Mymaridae), parásito de huevos; *Centrodora tomaspidis* Howard (Hymenoptera: Eulophidae), parásito de huevos; *Oligosita gireulti* Crawford (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parásito de huevos.

Fewkes (1969) proporciona una lista de 14 especies de enemigos naturales de diferentes cercópodos plagas de caña de azúcar y pastos en su artículo sobre biología de las "salivitas" en caña.

MATERIALES Y METODOS

Los diversos experimentos se realizaron en el Centro Experimental "La Libertad" de ICA, en el Municipio de Villavicencio (Meta), a una altura de 450 m.s.n.m. y con una temperatura diurna promedio de 28°C. Los trabajos se iniciaron en Abril de 1976, y aún hay algunas investigaciones que continúan en progreso.

Para la evaluación de la importancia relativa del daño de ninfas y adultos, se tomó un lote de pasto braquiaria de 1 año de edad, llevado con las prácticas comunes de manejo. Aprovechando los meses

húmedos de Mayo y Junio se colocaron 6 jaulas de malla fina de 2 m de largo x 1 m de ancho x 1 m de alto, de tal manera que cubrieran y aislaran 2 metros cuadrados de pasto cada una; se dejaron en cuarentena 19 días examinándolas diariamente y eliminando las ninfas que fueren saliendo de los huevos que infestaban el pasto aislado por las jaulas. Luego, en cada sitio se cortó el pasto a una altura uniforme de 20 cm y se procedió así: En las jaulas Nos. 1 y 2 se colocaron 200 adultos de *A. varia* de un día de edad, en las jaulas Nos. 3 y 4, se colocaron 200 ninfas de 1o. instar, y en las Nos. 5 y 6 no se permitió infestación de adultos o ninfas para usarlas como testigo.

Para obtener las ninfas se recolectó un gran número de adultos en el campo y se colocaron por grupos de 20, en cajas de Petri con papel filtro humedecido; se esperó la eclosión de los huevos colocados por las hembras, y las ninfas recién emergidas se colocaron en las jaulas respectivas; por medio de revisiones periódicas se comprobó la presencia de ninfas muertas y se procedió a reemplazarlas para así mantener constante la población de 200 ninfas en cada jaula durante el tiempo del experimento. Los adultos se obtuvieron colocando en una jaula aparte gran cantidad de ninfas recolectadas en el campo y que se encontraban en los últimos instares de desarrollo. El día anterior al comienzo del experimento se eliminaron todos los adultos presentes en la jaula, para tener la seguridad de que los adultos empleados habían emergido en la fecha de iniciación, se colocaron 200 adultos en las jaulas respectivas y se reemplazaron totalmente cada 5 días. Las infestaciones se realizaron después de transcurridos los 19 días de cuarentena y se mantuvieron 32 días más. Al final se quitaron las jaulas y se tomó la altura de 10 tallos al azar por M^2 y se cortó y pesó el follaje del pasto en cada jaula. Por último se calificó el aspecto del pasto en base a la siguiente escala de daño utilizada por Flórez y Velasco (1974):

- 1: Sin daño
- 2: Daño ligero
- 3: Daño medio
- 4: Daño fuerte
- 5: Daño muy severo

Se utilizó el criterio de 2 calificadores y se sacó el promedio. Este experimento se repitió utilizando 600 especímenes por jaula durante 15 días, con el fin de observar si había consistencia en los resultados.

Para efectuar el estudio sobre la posible diapausa de los huevos, y algunos factores que pudieran inducirla, como la humedad relativa ambiental, durante junio de 1976 se recolectó una gran cantidad de adultos en el campo y se introdujeron por grupos en porrones de vidrio con papel filtro humedecido en el fondo y cubiertos con muscalina; se esperó a que ovipositaran sobre el papel y se recolectaron por lo menos 500 huevos. Estos se guardaron en un recipiente de vidrio en condiciones de sequedad total y a la temperatura de laboratorio: 18°-28°C. Cada mes a partir de Junio y durante 12 meses, se sacaron 20 huevos de este "banco" de huevos y se colocaron entre 2 láminas de papel de filtro humedecidas y se llevaron a las condiciones ambientales de campo. A los 20 días de colocada cada muestra, se observó si los huevos habían eclosionado o no y se anotó el porcentaje de eclosión, así como los cambios de coloración u otras características observadas en los huevos.

Para los estudios sobre fluctuación de poblaciones de *A. varia* y su relación con la precipitación, se tomó un lote de pasto braquiaria de 1.000 m^2 y no se permitió ninguna práctica de pastoreo en él. Desde Mayo de 1976 se iniciaron las lecturas de la cantidad de ninfas y adultos cada 8 días. Las lecturas se hicieron utilizando un marco de 1 m de lado, el cual se colocó al azar sobre el pasto en 3 sitios diferentes y se contó la cantidad de ninfas presentes en cada sitio; con estos datos se calculó el promedio de ninfas por fecha y por m^2 . Para el promedio del número de adultos por sitio se tomaron muestras en 3 sitios diferentes, contando el número de adultos capturados en 10 pases dobles de jama por sitio, tratando de cubrir aproximadamente 1 m^2 por sitio. También se hizo una calificación mensual del estado del potrero según escala de calificación de 0-4 así:

- 0: Sin daño
- 1: Daño leve
- 2: Daño medio
- 3: Daño fuerte
- 4: Daño muy severo

Otra fase investigativa es el reconocimiento de enemigos naturales. Para ello se procedió a coleccionar muestras del insecto en los estados de huevo, ninfa y adultos; éstos se llevaron al laboratorio y se colocaron en frascos de vidrio cubiertos con muscalina para observar la emergencia de posibles parásitos. También se hicieron observaciones de campo sobre predadores y otras causas de muerte.



Cuando se encontraron ejemplares muertos en el campo y se sospechó la acción de un patógeno, se procedió a coleccionar muestras y colocarlas en platos con agar o P. D. A., los cuales se incubaron a temperaturas adecuadas para obtener cultivos del posible patógeno y lograr su identificación.

Con el fin de determinar la eficiencia de algunas prácticas culturales en el control de las "salivitas" y la recuperación de los pastizales atacados se realizaron 2 ensayos. En el primero de ellos se incluyó la aplicación de un detergente diluido en agua, para comprobar las posibles cualidades "insecticidas" que le atribuyen algunos ganaderos y se comparó con otros tratamientos de tipo cultural. El ensayo se realizó en un lote de pasto braquiaria que mostraba un fuerte ataque de la plaga y se trazaron parcelas de 20 x 40 m (800 m²) en un diseño de bloques al azar con 2 replicaciones. Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Rastrillo
2. Rolo
3. Guadaña + rastrillo
4. Detergente
5. Detergente + guadaña + rastrillo
6. Testigo

En el segundo ensayo se empleó el mismo diseño pero con 3 replicaciones y parcelas de 50 x 20 m (1.000 m²) con los siguientes tratamientos:

1. Rastrillo
2. Arado de cincel
3. Surcadora
4. Quema
5. Testigo

En este segundo ensayo, el pastizal mostraba mayor daño, pero la población del insecto era menor debido posiblemente a que el estado del pasto hizo que la plaga se desplazara hacia otros lugares menos atacados.

Para evaluar la eficiencia de los tratamientos se hicieron conteos de ninfas y adultos presentes en cada parcela antes de los tratamientos y 5, 10, 15, 20 y 28 días después, tomando 3 sitios por parcela. Los datos del primer ensayo se sometieron a análisis de varianza y prueba de Duncan al 5%. Para calcular la eficiencia de los tratamientos en el segundo ensayo se utilizó la fórmula de Henderson y Tilton.

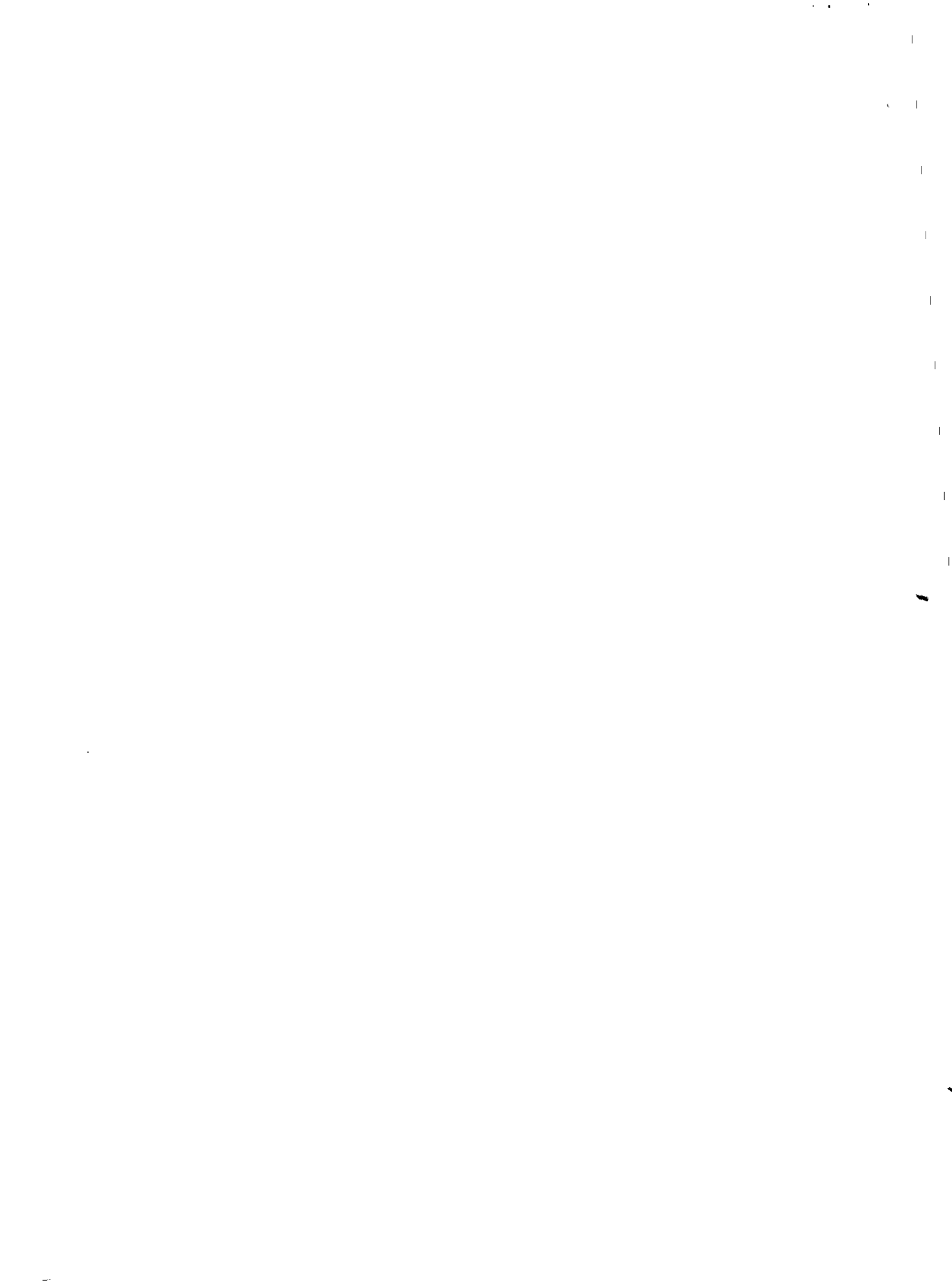
Para evaluar la eficiencia de los tratamientos en cuanto a la recuperación del pasto atacado, se hizo una lectura del aspecto del follaje a los 105 días de iniciado el experimento empleando una escala de 1 a 3 (malo, regular y bueno) y el criterio de 2 calificadores.

Tabla 1. Peso, altura y aspecto del pasto braquiaria, después de utilizar 200 individuos por jaula durante 32 días (2 replicaciones).

Tratamiento	Peso promedio del pasto en Kg.	Altura promedio del pasto en m	Calificación promedio del aspecto
Adultos	6,22	0,89	3,5
Ninfas	5,99	0,76	2,5
Testigo	6,60	1,10	1,0

Tabla 2. Peso, altura y aspecto del pasto braquia, después de utilizar 600 individuos por jaula durante 15 días (3 replicaciones).

Tratamiento	Peso promedio del pasto en Kg.	Altura promedio del pasto en m	Calificación promedio del aspecto
Adultos	2,31	0,69	4,0
Ninfas	1,43	0,54	3,0
Testigo	2,58	0,92	1,0



RESULTADOS

Importancia relativa del daño de ninfas y adultos.

Los datos de los dos ensayos realizados para evaluar los daños causados al pasto braquiaria por un número determinado de ninfas y adultos durante cierto tiempo, se presentan en las tablas 1 y 2.

Al hacer el análisis de varianza, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el testigo para cada uno de los parámetros estudiados. Sin embargo, de acuerdo con los datos se puede observar que cuando el pasto se sometió al ataque de las ninfas sufrió una mayor reducción en su peso y altura, pero al final del experimento mostró un aspecto de daño menor que el sometido al ataque de los adultos, especialmente en lo relacionado con coloración y quemazón, por lo cual podía ser todavía consumido por el ganado, mientras que el atacado por los adultos no era comestible.

Diapausa de los huevos. En este experimento se hicieron observaciones sobre el comportamiento de los huevos de la "salivita" bajo las condiciones de sequía completa y alta humedad. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Los huevos depositados por las hembras en papel de filtro el 9 de Junio y que se colocaron a su vez en condiciones de sequía total en un porrón de vidrio para formar un "banco", mostraban el color amarillo transparente que les es característico; a los 5-7 días se apreciaba una mancha negra en el polo anterior, que creció hasta cubrir aproximadamente la mitad anterior del huevo; esta mancha negra tuvo su progreso al llegar a este punto.

Al ser colocados estos huevos en condiciones de campo y alta humedad relativa (100%), 1-2 días después se reiniciaba el crecimiento de la mancha negra hasta cubrir todo el huevo, en algunos de ellos, al mismo tiempo que la pequeña mancha anaranjada migraba progresivamente hasta llegar al polo posterior (Figura 3).

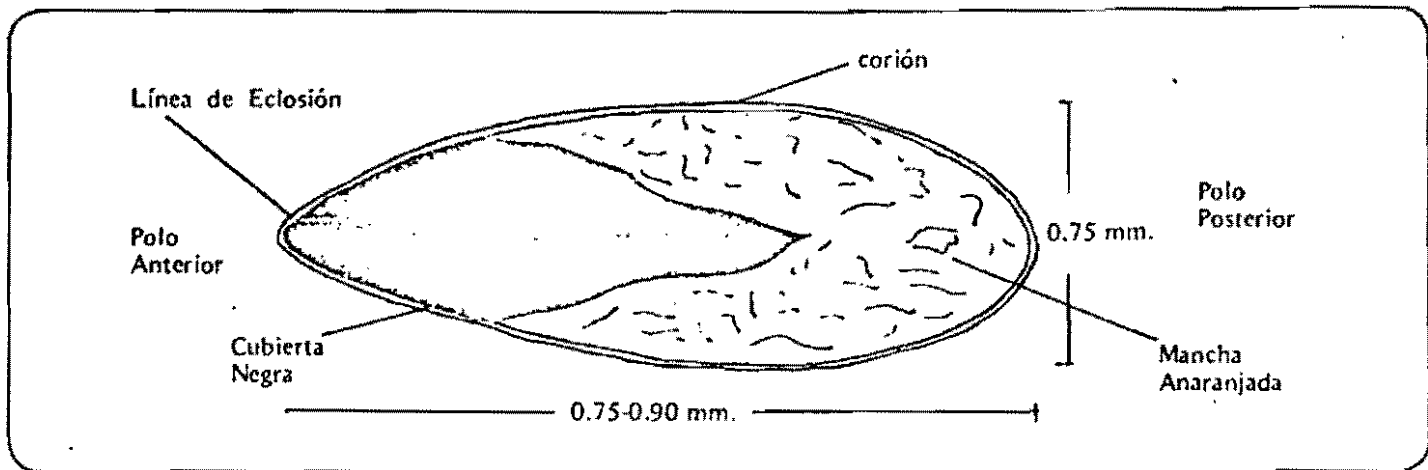


Figura 3. Huevo de *A. varia* a los 9 días de postura (vista dorsal).

Los resultados de la eclosión de los huevos se presentan en la Tabla 3.

De acuerdo con los resultados de la tabla 3, puede asegurarse que los huevos de las "salivitas" poseen una gran resistencia a la sequía, interrumpiendo el proceso de incubación normal hasta obtener las condiciones de humedad necesarias para su eclosión: 90-100% de humedad. Este fenómeno puede interpretarse como una diapausa del insecto en el estado de huevo.

Fluctuación de las poblaciones de salivita y su reacción con la precipitación. De este estudio se pre-

sentan los resultados obtenidos durante 1976, 1977 y parte de 1978, los cuales permiten formar una idea sobre las fluctuaciones de la población de la plaga. Estos resultados se encuentran en la Figura 4, donde se relacionan la precipitación, la población promedio de adultos por mes y por sitio, la población promedio de ninfas por mes y por m^2 y el índice de daño mensual causado por ambos estados del insecto (daño total según escala).

En la Figura 4 puede observarse una relación bastante marcada entre las poblaciones de "salivita", tanto de ninfas como adultos y la precipitación de la zona, encontrándose que las mayores poblacio-



Tabla 3. Porcentaje de eclosión de huevos de "salivita" después de haber sido mantenidos en completa sequía por diferentes períodos y luego colocados en el campo bajo condiciones de alta humedad.

Edad de los huevos (días)	Fecha de colocación	% de eclosión
1	10 - VI - 76	50
32	12 - VII - 76	60
61	10 - VIII - 76	25
92	10 - IX - 76	30
123	11 - X - 76	20
153	10 - XI - 76	0
184	10 - XII - 76	15
215	10 - I - 77	0
246	10 - II - 77	0
274	10 - III - 77	0
305	11 - IV - 77	0
335	10 - V - 77	0

nes se presentan algún tiempo después de registrarse altas precipitaciones (Junio y Julio).

La tendencia de las poblaciones de ambos estados del insecto es a disminuir a medida que disminuye la precipitación a lo largo del año, hasta casi desaparecer en los meses más secos (Diciembre, Enero, Febrero), para luego aumentar nuevamente con la llegada de las lluvias en los meses húmedos del año siguiente.

Otro aspecto importante que se debe resaltar es que las ninfas y adultos del insecto se encuentran en el campo durante todo el año; sólo en Febrero de 1977 no se encontró espécimen en los conteos.

Las poblaciones son altas y llegan a causar daños evidentes en los meses húmedos. Esto se observa claramente en la línea que representa el índice de daño, el cual aumenta durante estos meses, alcanzando su máximo aproximadamente un mes después de registrarse las mayores poblaciones.

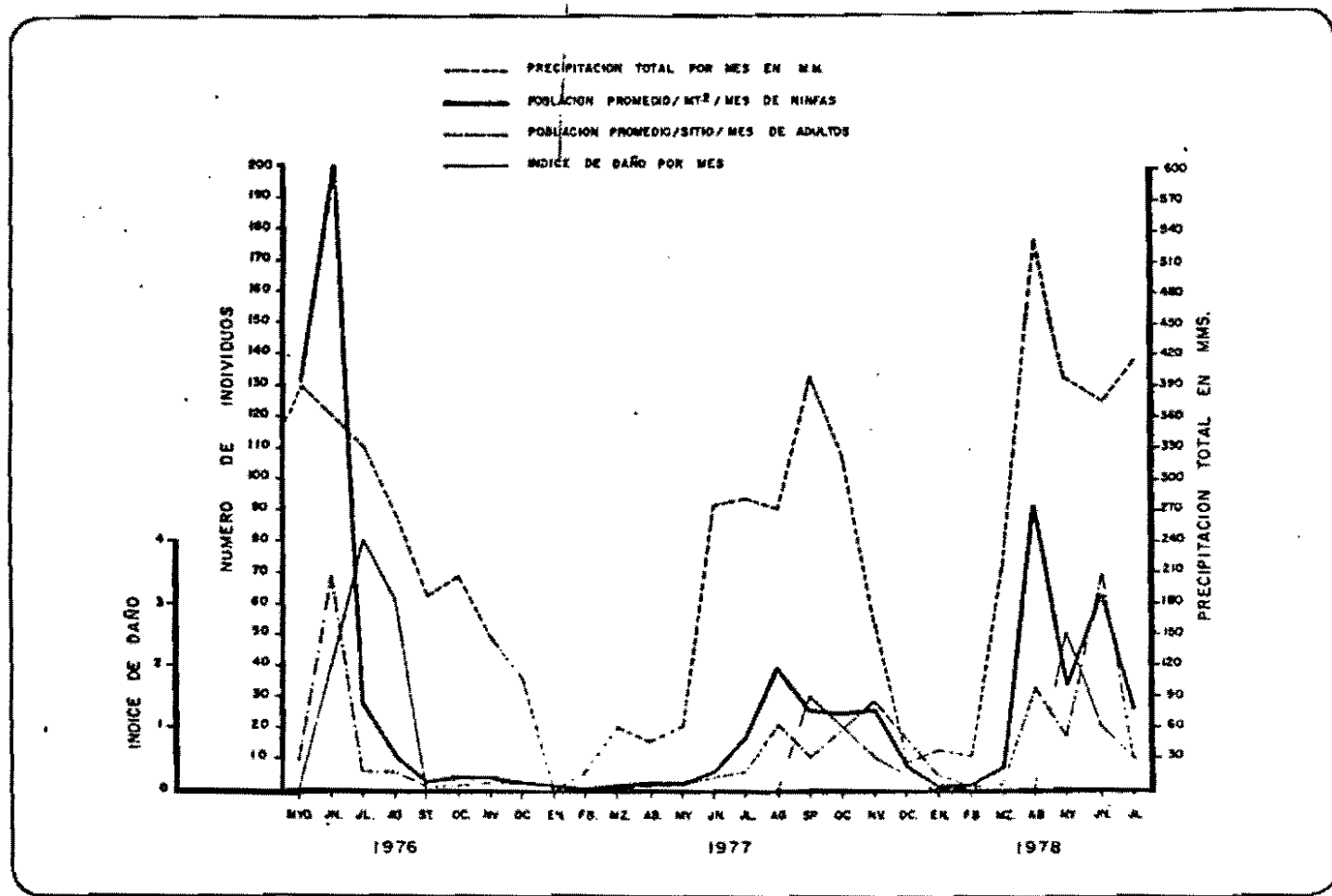


Figura 4. Fluctuación de las poblaciones de adultos y ninfas de Aeneolamia varia e índice de daño durante 1976-78 y su relación con la precipitación.



Observaciones de campo sobre los efectos que causan estos niveles de daño a los potreros atacados, indican que muchos pastizales pueden eventualmente acabarse cuando han sufrido el máximo daño o atrasarse tanto en su recuperación, que causan serias pérdidas económicas a las explotaciones ganaderas que dependen de ellos para el pastoreo.

Reconocimiento de Enemigos Naturales.- Hasta el momento se han encontrado como enemigos naturales de esta plaga en los Llanos Orientales, una mosca de la familia Sirphidae predatora de ninfas y un hongo que ataca preferencialmente los adultos y en menor grado las ninfas.

Las larvas de la mosca atacan sobre todo ninfas de los instares intermedios, pero el bajo número de ejemplares encontrados en el campo hace pensar que no es muy eficiente su control. Las larvas de la mosca penetran dentro de la cubierta espumosa

matando las ninfas y una sola larva puede matar varias ninfas.

En los adultos que se encontraron muertos en el campo y adheridos al follaje del pasto, se observaba a simple vista un sobrecrecimiento fungoso de color verde oliva. Al ser colocados en cajas de Petri con P. D. A. y luego en incubadora con temperatura de 30°C, se obtuvo un cultivo de micelio de color blanco-verdoso que crecía bien sobre el medio y tenía una consistencia harinosa. Muestras con estas características fueron enviadas al U. S. D. A. y el hongo fue identificado como perteneciente a la familia Entomophthoraceae, posiblemente: *Metarhizium anisopliae* (Match).

Este hongo ofrece características promisorias como agente de control biológico, ya que en los conteos preliminares para determinar su efectividad, se establecieron porcentajes de 80 y 90% de ejemplares muertos por su acción en el campo.

Tabla 4. Primer ensayo para el control de las "salivitas" mediante algunas prácticas culturales.

Tratamientos	Número promedio de insectos a los 6 días		Número promedio de insectos a los 28 días		Calificación de recuperación	
	Adultos/sitio	Ninfas m ²	Adultos/sitio	Ninfas / m ²	28 días	105 días
Rastrillo	3,8073 b*	7,4342 a	7,5472 a	97,5000 a	3,0 a	3,0 a
Guadaña - rastrillo	1,7320 a	9,3309 a	10,5304 b	69,0000 a	1,5 b	1,5 b
Rolo	2,1180 a	12,8351 a	9,1923 a	52,5000 a	1,5 b	2,0b
Detergente	5,0990 c	22,8751 b	14,5994 b	575,0000 b	1,5 b	2,0 b
Guadaña - rastrillo - detergente	1,3660, a	18,7421 a	17,4589 c	16,0000 a	1,5 b	1,5 b
Testigo	4,4008 b	16,8881 b	16,5248 c	807,0000 b	1,5 b	1,5 b

* Promedios seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas al nivel del 5% según la Prueba de Duncan.

Tabla 5. Segundo ensayo para el control de las "salivitas" mediante algunas prácticas culturales.

Tratamientos	Porcentaje de eficiencia* a los 8 días		Calificación de recuperación a los 60 días
	Adultos	Ninfas	
Rastrillo	100 a	91 b	3,0 a
Arado de cincel	77 b	89 b	1,5 c
Surcadora	83 b	90 b	1,5 c
Quema	100 a	100 a	3,0 a
Testigo			

* Calculado según la fórmula de Henderson y Tilton.

Control cultural de las "salivitas".- Los resultados de los dos ensayos realizados para evaluar el control ejercido por varias prácticas culturales se presentan en las Tablas 4 y 5. De acuerdo con el análisis estadístico, los mejores tratamientos en cuanto a control del insecto, tanto en su estado adulto como de ninfa, fueron el uso de Rastrillo y el de Rolo; pero en cuanto a recuperación del potrero, el que mostró mejores resultados fue el tratamiento: Rastrillo, ya que permitió una recuperación más rápida del potrero.

Por ello se escogió este tratamiento para compararlo en un segundo ensayo con otros diferentes.



Las bajas poblaciones del insecto encontradas en este segundo ensayo, no permitieron realizar un análisis estadístico válido. Sin embargo, al utilizar la fórmula de Henderson y Tilton, se encontró que el tratamiento que mostraba mayor eficiencia de control, tanto de ninfas como adultos, era la quema. La calificación de recuperación del potrero hecha al final del experimento, mostró este tratamiento igual en efectividad al "rastrillo".

DISCUSION

Acerca de la mecánica de daño de las "salivitas", los experimentos permiten establecer que el daño se inicia al comenzar las ninfas recién nacidas a succionar los jugos de las plantas en la parte baja del tallo y raíces superficiales, ocasionando un notable atraso en el crecimiento y vigor de la misma. Este daño, que puede dejar el potrero en malas condiciones, se ve complementado por los hábitos de alimentación del adulto que chupa la savia de las hojas y tallos superiores de las macollas, aumentando más el debilitamiento de las plantas y causando además un "envenenamiento" en las mismas, posiblemente al inyectar sustancias que les son tóxicas. Alrededor de cada sitio de punción hay amarillamiento del tejido y se desarrolla necrosis en la zona que se extiende longitudinalmente para formar una mancha café de tejido quemado (Figura 5).

El pasto en este punto del ataque se observa de color amarillo como consecuencia de la creciente clorosis y termina por tornarse de color café desteñido, lo cual le da al potrero un aspecto de quemazón, característico del estado de máximo daño. Los potreros en este aspecto no pueden ser utilizados para el pastoreo y pueden perderse totalmente.

La característica de ataque del adulto, de causar una intoxicación al pasto, es lo que lo hace más dañino que la ninfa y por ello se considera más importante su daño.

El estudio sobre la posible diapausa de los huevos se realizó a raíz de observar que el insecto permanecía en el campo durante casi todo el año, pero sólo se registraban altas poblaciones durante épocas definidas de éste, más exactamente durante los meses lluviosos. Al llegar la época de lluvias, el aumento de población no era paulatino, como cabría de esperarse en un insecto con un ciclo biológico de aproximadamente 2 meses, sino que la presencia de ninfas en el campo es repentina y en forma masiva, así como poco después la de los adultos. Esto hizo



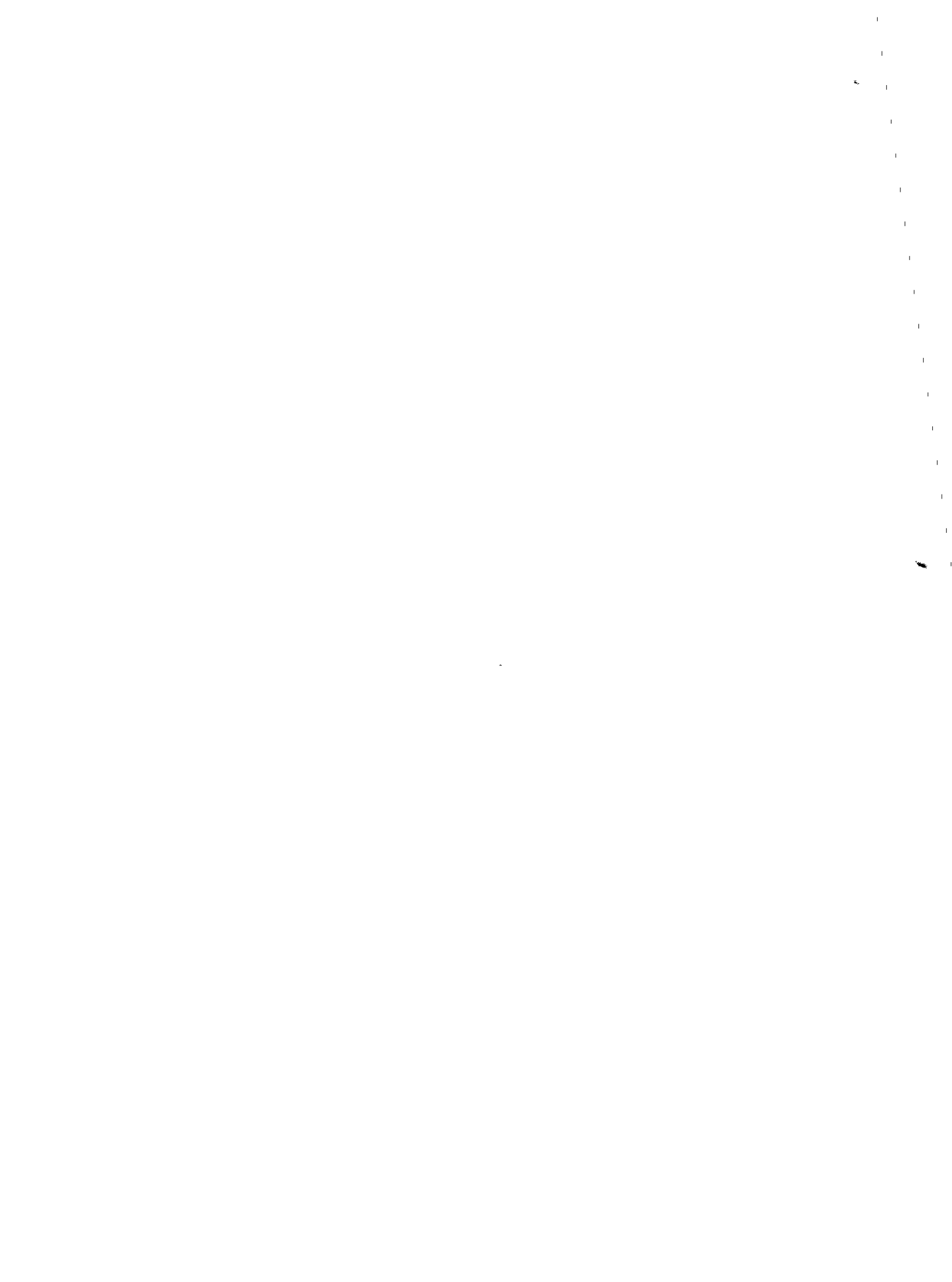
Figura 5. Daño de adulto de "salivita" en las primeras etapas. Posteriormente estas manchas longitudinales cubren totalmente el follaje dando el aspecto de quemazón característico.

suponer que las altas poblaciones debían de provenir de huevos que estaban en el campo en estado latente, y eclosionaban en masa, al obtener las condiciones ambientales adecuadas, produciendo repentinos aumentos en la población. Otro hecho que reforzaba esta hipótesis era que no se observaban migraciones del insecto.

Los resultados obtenidos en el estudio preliminar realizado durante 12 meses, indican que cierta cantidad de huevos de *A. varia* pueden permanecer durante algún tiempo en un estado que les permite sobrepasar las condiciones ambientales adversas, sobre todo la falta de humedad. Dicho estado de acuerdo con Borrór y Delong (1970) y Metcaif (1962), se ha denominado "diapausa". La diapausa mostrada por los huevos puede estar influenciada por diversos factores ambientales como: temperatura, fotoperíodo, etc., lo cual sería materia de estudios más profundos, pero el presente experimento no deja dudas de que en este caso, la humedad relativa es uno de los factores más importantes.

Teniendo en cuenta lo anterior, el haber obtenido cierto porcentaje de eclosión (15%) en huevos colocados en condiciones de sequía durante 7 meses, permite comprender por qué algunos huevos colocados por los adultos normalmente en el campo, pueden sobrepasar la estación seca del Llano (Noviembre - Marzo) hasta la llegada de la temporada de lluvia (Marzo - Abril), cuando obtienen condiciones adecuadas de humedad ambiental para eclosionar.

Se han realizado ensayos en otros países que demuestran que la humedad relativa influye direc-



tamente en la eclosión de los huevos de cercópodos, lo cual confirma los resultados obtenidos en el presente estudio.

Hardy y Urich (1927) trabajando con huevos de *A. varia saccharina*, encontraron que en un período de 3 meses, ningún huevo eclosionaba en condiciones de 25% de humedad relativa, muy pocos lo hicieron a un 50%, la mayoría a 90% y todos lo hicieron al 100%.

En Trinidad se han realizado estudios detallados sobre la diapausa en huevos de *A. varia saccharina* en caña de azúcar. Kershaw (1973) encontró que aunque esta especie permanece en bajas poblaciones a través de la estación seca (Enero a Mayo, en algunos pastos de potreros, también se encuentran huevos en estado de diapausa; Urich y Pickles (1930, 1931) estudiando la incubación de huevos de este insecto colocados en diferentes épocas del año y mantenidos en condiciones de humedad, encontraron que los huevos de la primera generación de adultos, colocados durante Junio y Julio eclosionaron en su totalidad dentro de un período de 50 días. En contraste la eclosión completa de huevos colocados por la segunda generación de adultos (Agosto - Septiembre) eclosionaron a tiempo para producir la tercera generación. Algunos de los restantes, así como algunos de los depositados por la tercera generación (Octubre - Noviembre) eclosionaron a su vez para producir una cuarta generación de baja población. Sin embargo, muchos de los huevos que permanecieron en estado de diapausa en el suelo a través de la estación seca (Enero - Mayo), no eclosionaron hasta después del comienzo de la estación lluviosa (Mayo - Junio) en el siguiente año.

Los factores que inducen diapausa en los huevos de diferentes especies de cercópodos no son totalmente conocidos. En *A. varia saccharina* la ocurrencia de huevos con diapausa y no diapausa, puede ser simultánea y el período de incubación varía de 2 a cerca de 40 semanas a través del año. Sin embargo, el promedio del período de incubación sigue un patrón definido creciendo de cerca de 3 semanas en Junio (estación húmeda en Trinidad) a 7 - 10 semanas en Noviembre, lo que les permite atravesar la estación seca, y disminuyendo a cerca de 5 semanas en Marzo. Hay alguna evidencia que la diapausa está relacionada con cambios en la longitud del día, días largos tienden a prevenirlo (Fewkes 1963 a 1964).

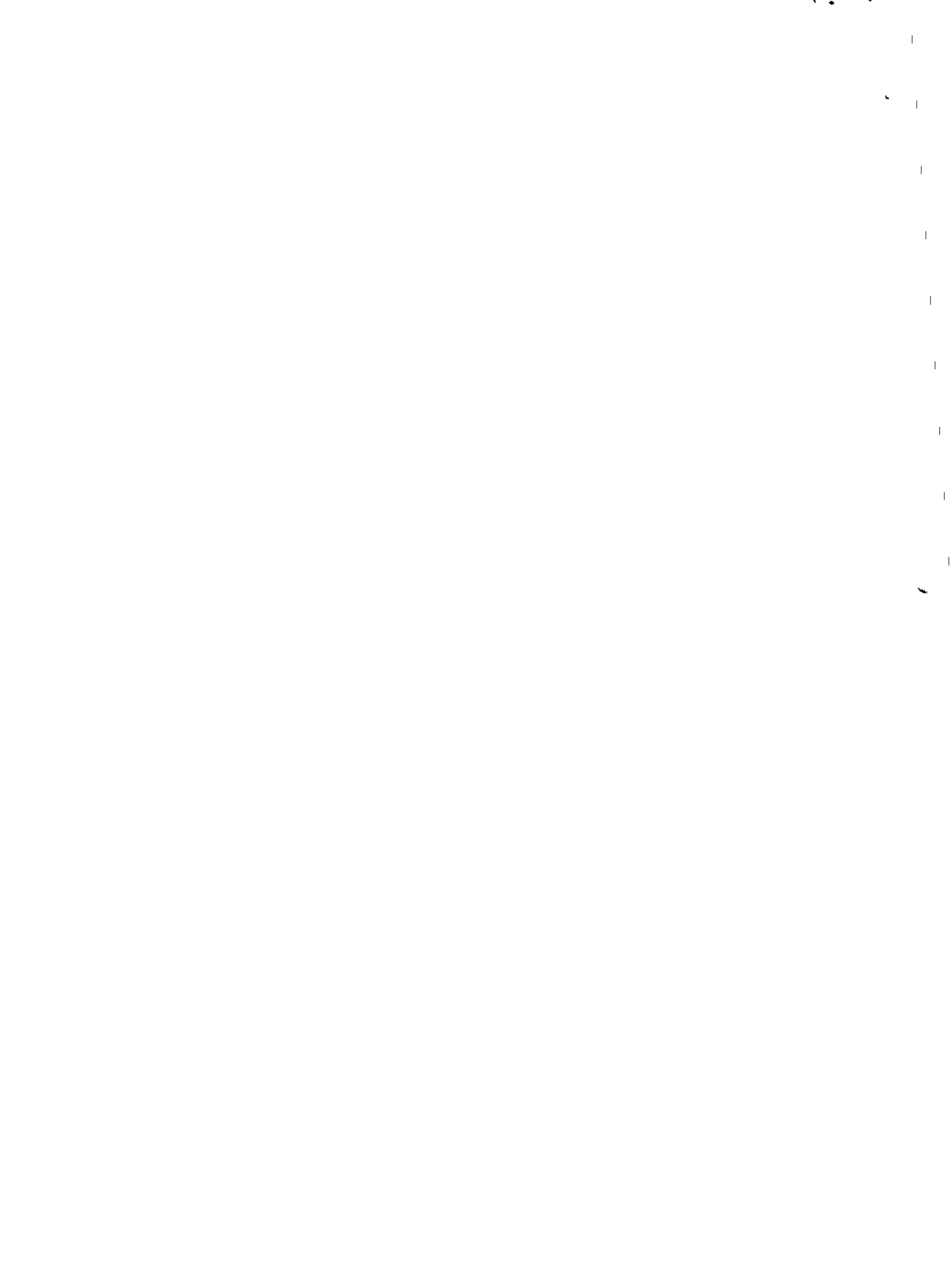
Aunque en el presente estudio se ha trabajado con una especie y una planta hospedante diferente a las citadas en la bibliografía, puede concluirse que existe diapausa al menos en algún porcentaje de los huevos de *A. varia* actuando sobre pasto braquiaria.

Los cambios observados en la morfología y coloración de los huevos colocados en el "banco" en condiciones de sequía total y luego colocados en condiciones de humedad máxima, pueden interpretarse como una consecuencia del estado de diapausa que sufrieron. Según Fewkes (1969), en huevos de *A. varia saccharina* con diapausa, el movimiento de la mancha del pigmento anaranjado cesa aproximadamente hacia la mitad del polo anterior y esto aparentemente indica el cese del desarrollo del embrión. La mancha negra aparece al mismo tiempo que en los huevos sin diapausa, pero también presenta diferencias en su crecimiento, así que la posición intermedia de la pequeña mancha anaranjada con la presencia de la cubierta negra debajo de un corión intacto, indica claramente un estado de diapausa. La reiniciación del movimiento de la mancha de pigmento anaranjado hacia la parte anterior marca la rotura de la diapausa; la llegada al polo anterior es seguida por un movimiento hacia atrás de la mancha anaranjada y al llegar al polo posterior se rompe simultáneamente el corión.

Fewkes (1963 b) encontró que la exposición de huevos de *A. varia saccharina* con diapausa a condiciones secas durante 10 a 20 días, acelera la finalización de la diapausa inmediatamente se proporcionan condiciones de alta humedad. Lo anterior, puede explicar la sincronización de la eclosión de los huevos colocados por diferentes generaciones cercópodos cuando llega la época de lluvias.

El estudio sobre fluctuación de poblaciones de la "salivita" realizado durante 2 años (Figura 4), permite observar una relación directa entre éstas y la distribución pluvial en los Llanos Orientales, la continuación de estos estudios por más tiempo permitió sacar conclusiones más completas.

En términos generales se observaron altas poblaciones de ninfas y adultos en los meses lluviosos y bajas poblaciones en los meses secos. Al comparar los resultados obtenidos en el período 1975 - 1978 con los de Jiménez Ochoa (1971), se observa que las poblaciones de este insecto han mantenido cierto patrón de comportamiento, registrándose casi siempre las mayores poblaciones durante los meses



de Abril, Mayo, Junio y Julio. Ocasionalmente puede haber aumentos en la población durante los meses de Agosto y Noviembre, ya que en algunos años estos meses se muestran bastante lluviosos, pero este aumento es mucho menor que en el primer semestre.

La curva de daño fluctúa de acuerdo a la de las poblaciones, encontrándose el máximo daño aproximadamente un mes después de registrarse las mayores poblaciones.

Una observación importante derivada de estos estudios es que en 1971 se encontró una menor cantidad de insectos por unidad de área, tanto de ninfas como de adultos, que en el período 1976-78. Esto lleva a pensar que las poblaciones de la plaga se han ido incrementando posiblemente debido a la ampliación del área sembrada con pasto braquiaria (su principal huésped en los Llanos), pero la distribución de las poblaciones a lo largo del año y su estrecha relación con los ciclos lluviosos y secos de la zona se han mantenido.

King (1975) estudiando los factores que influyen en la primera generación de "salivitas" de la caña de azúcar, *A. varia saccharina*, en Trinidad, encontró huevos con largo período de incubación y y otros de corto período, y que las condiciones secas del suelo influenciaban la eclosión de los huevos retardándola. El concluyó que existe una estrecha relación entre la primera lluvia de cerca de 1 pulgada en 48 horas y la emergencia masiva de adultos 27 a 34 días más tarde y que casi el 90% de las poblaciones de huevos existentes en el campo eclosionaban en la semana siguiente a las primeras lluvias.

Domen (1976) efectuó estudios de poblaciones de 2 cercópidos que causan daños similares a *A. varia*: *A. occidentalis* (Walker) y *Prosapia simulans* (Walker) en potreros de Pangola en México, concluyendo que la aparición de los insectos depende en primer término del comienzo de las lluvias: "una entrada abrupta de la estación lluviosa proporciona una fuerte sincronización en el desarrollo de la población, no permitiendo su crecimiento gradual". Esto confirma observaciones hechas por Fewkes (1963 b) en *A. varia saccharina*. La observación hecha por Flórez, Ramírez y Cortés (1965) en México, de que períodos secos en la primavera o un retardo en la llegada de la estación lluviosa, causaban grandes infestaciones de "salivitas", puede interpretarse como una sincronización en las poblaciones.

Aplicando lo anterior a lo encontrado en los Llanos Orientales, podría explicarse el porqué se observan unas altas infestaciones en Marzo - Junio, mientras en Septiembre - Octubre que hay otro corto período de lluvias, las poblaciones son menores, así como el nivel de daño (Figura 4). Tal vez los meses extremadamente secos de Noviembre - Febrero están influyendo directamente en la diapausa de los huevos colocados en diferentes épocas del año anterior, para producir una sincronización en la eclosión de los mismos, que origine una aparición abrupta de ninfas y adultos, produciéndose los fuertes daños observados al principio del año. En tanto que las lluvias de Octubre están precedidas por precipitaciones de nivel medio que no influencian drásticamente los huevos colocados en el campo, sino que permiten la eclosión escalonada de éstos para producir poblaciones medidas y a veces bastante bajas.

En cuanto al control del insecto, la utilización de enemigos naturales nativos o exóticos y el empleo de prácticas culturales que han mostrado ser efectivas, se pueden complementar con las medidas de control químico evaluadas por Jiménez-Ochoa (1971), para estructurar un plan de control integrado que puede ser efectivo contra esta plaga. Además los estudios sobre hábitos de daño, poblaciones, y diapausa de los huevos, permiten determinar las épocas óptimas de aplicación de estas medidas.

Quizás la producción masiva y la liberación del sírfido que se observó como predator de ninfas, pueda ser una práctica efectiva para el control biológico de esta plaga. En Brasil, Guagliumi (1971) menciona que las ninfas de *A. selecta* (Walker), que infestan el pasto pangola, son drásticamente diez-madas por larvas de *Salpingogaster nigra* Schiner (Diptera: Sirphidae) y recomienda la multiplicación y liberación de este predator como una posible medida de control.

El empleo del hongo *M. anisopliae*, del cual deben hacerse estudios más completos, puede ser la medida de control biológico más efectiva. Este hongo también es mencionado por Guagliumi como una medida promisoriosa en el control de cercópidos plagas de diferentes pastos en el Noroeste del Brasil. Hasta el momento, el hongo se ha empleado con éxito en Brasil para el control de *A. selecta* y otros cercópidos plagas de la caña de azúcar y los resultados obtenidos son muy promisorios (Guagliumi 1971).



El empleo de controles culturales o mecánicos tienden a reducir las condiciones favorables que ofrecen los potreros al insecto y al mismo tiempo a la recuperación más rápida de los pastizales atacados. Con anterioridad Jiménez-Ochoa (1973) evaluó varias prácticas con estos fines y encontró que el sobrepastoreo, confinando el ganado en pequeñas áreas, era muy efectivo; los fines buscados con esta práctica eran que el pisoteo prolongado destruyera las ninfas y disminuyera la humedad al airear y "ralear" el pasto, permitiendo una mejor acción de predadores como pájaros. Esta práctica se continuó utilizando por los ganaderos en los meses de mayor incidencia, pero el aumento de poblaciones del insecto y por ende, los daños cada vez mayores, crearon la necesidad de evaluar nuevas y más efectivas medidas.



Figura 6. Recuperación de un potrero atacado, 10 días después de ararse con rastrillo californiano. Obsérvese el crecimiento aislado de las macollas del pasto y la cubierta protectora de tejido muerto sobre el suelo.

La evaluación de diferentes prácticas culturales realizadas en el presente estudio, permitió encontrar que el empleo de rastrillo californiano (Figura 6) y la quema, son medidas muy efectivas para el control mecánico del insecto y la recuperación de pastizales con el máximo grado de daño. Estas dos prácticas pueden sumarse al sobrepastoreo en las épocas críticas de ataque e integrarse al plan de control general. Una ventaja de estas medidas es la facilidad con que las puede aplicar cualquier ganadero y la ausencia total de efectos indeseables sobre el insecto, como creación de resistencia. Sin embargo, es importante realizar mayores estudios sobre la quema que se ha mostrado como la práctica más efectiva y barata, ya que su acción bastante drástica sobre los pastizales y la capa superficial del suelo, pueden tener efectos imprevisibles a largo plazo

cuando se emplea reiteradamente. Es bien sabido que las quemas naturales son un factor ecológico de renovación de las praderas del Llano, que no causa efectos deletéreos en las gramíneas nativas de la región y constituye parte de su ciclo natural.

Velasco (1973) estudió el efecto de la quema sobre poblaciones de *A. postica* (Walker) en pasto pangola y encontró algunas características importantes, de las cuales las principales son:

- Las poblaciones de ninfas y adultos del insecto en lotes quemados siempre son significativamente menores que en lotes sin quemar.
- Después de 3 años de una quema, la población de la plaga vuelve a alcanzar el nivel de aquellos lotes que nunca han sido quemados.
- En las condiciones del campo agrícola experimental de Cotaxtla (México), el pasto pangola sólo puede quemarse por dos años consecutivos para no propiciar la disminución en el rendimiento de la pradera.
- Quemadas por 3 años consecutivos en pequeñas áreas (5 hectáreas) no alteraron la población de otros insectos como: Minadores, grillos y chinchos.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que el pasto braquiaria es una especie exótica que puede tener un comportamiento diferente a los fenómenos propios de la zona, se deben emplear cuidadosamente los métodos de manejo, de manera que se mantenga el pasto en su mejor estado para fines de explotación económica, y evitar hacer recomendaciones que lo afecten sin estar seguros de sus efectos, como sería el caso de la quema continua.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados permiten concluir:

El daño del adulto de *A. varia* es más importante que el de la ninfa y complementario de éste, por lo tanto las prácticas de control deben iniciarse cuando el insecto se encuentra en estado de ninfa para impedir una alta población de adultos.

Las "salivitas" muestran diapausa en estado de huevo, en la cual juega un papel importante la humedad relativa, esto explica las apariciones masivas del insecto en las épocas húmedas del año, así co-



mo la ausencia de ataques económicos en potreros recién establecidos que no han tenido tiempo de ser infestados con gran cantidad de huevos.

La mejor práctica cultural para el control de la "salivita" es la quema, que también es la más económica; pero al considerar que deben realizarse mayores estudios sobre el particular se decidió recomendar el empleo de rastrillo californiano con dos puntos de traba en dos pases cruzados, como el mejor tratamiento, y en segundo lugar la quema cuando el anterior no puede utilizarse.

La multiplicación y liberación masiva del hongo *Metarrhizium anisopliae* puede ser la práctica de control biológico más efectiva, por lo cual deben realizarse investigaciones sobre mecánica de acción del hongo, métodos de aplicación y otros que permitan emplear efectivamente esta alternativa de control.

Como se mencionó anteriormente, estos estudios son la base para establecer un programa de control integrado de las "salivitas" y "miones" de los pastos, que solucione de una vez por todas el problema de esta plaga. El hecho de contar con un programa de este tipo asegura la no dependencia de una sola forma de control que, especialmente en el caso del control químico podría causar desequilibrios ecológicos graves o niveles de resistencia en la plaga contribuyendo a aumentar el problema.

RESUMEN

La "salivita" de los pastos, *Aeneolamia varia* (F.) (Homoptera: Cercopidae), es una de las plagas que ha ido aumentando rápidamente su importancia económica en Colombia. En los Llanos Orientales donde las explotaciones pecuarias constituyen la base de la economía, es considerada como la principal plaga de los pastos, particularmente del *Brachiaria decumbens* Stapf.

La importancia de su daño ha obligado a realizar una serie de investigaciones básicas para establecer un programa de control integrado, que sea efectivo y ecológicamente seguro en la solución del problema.

Estos estudios se realizaron en la Estación Experimental "La Libertad" del ICA., situada en el municipio de Villavicencio (Meta) a una altura de 450 m.s.n.m. y temperatura diurna promedio de 28°C.

Los resultados indican que el daño del adulto de *A. varia* al pasto braquiaria, es más importante que el de la ninfa, ya que posiblemente al alimentarse inyecta substancias tóxicas que le causan daños fisiológicos graves a la planta. Los huevos de la planta muestran estado de diapausa, influido sobre todo por la falta de humedad ambiental, lo cual le permite al insecto sobrevivir a los largos períodos de sequía que se tiene en los Llanos, originando infestaciones masivas de ninfas y adultos que causan daños graves durante los meses más húmedos del año: Marzo, Abril, Mayo y Junio.

Se han reportado enemigos naturales de la plaga en diferentes países. En Colombia posiblemente el más efectivo sea el hongo entomófago: *Metarrhizium anisopliae* (Metch.) que ataca los adultos del insecto causando epizootias. El control cultural más efectivo es la quema del pasto atacado, pero deben tenerse cuidados en su aplicación; el empleo de rastrillo californiano también ha mostrado buenos resultados.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus sinceros agradecimientos al doctor Luis A. Gómez del Departamento de Entomología del CIAT., por sus informaciones sobre cultivo y envío para identificación, del hongo entomófago mencionado en el trabajo.

A los doctores Lázaro Posada e Ingeborg Z. de Polanía por sus valiosas críticas al manuscrito.

Al señor Noé Arias Castro por su apreciable colaboración en los trabajos de campo.

A las señoritas Silvia Ladino y Carmenza Martínez por su colaboración en los trabajos de mecanografía.

BIBLIOGRAFIA

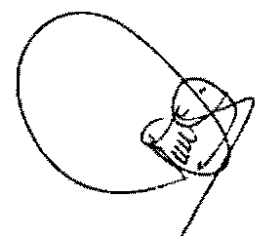
1. ANONIMO. 1974. Un nuevo método de control para la eliminación duradera de la "Candelilla" en caña de azúcar. Correo Fitosanitario. Bayer. Año IV, Vol. 2, p. 18.
2. BORROR, D.J. and D.M. DeLONG. 1970. An introduction to the study of insects. Columbus, Ohio. Holt, Rinehart and Wiston, Inc. p. 72.
3. COSTA LIMA, A. 1942. Insetos Do Brasil. 3 Tomo. Capítulo XXIII. Ecola Nacional de Agronomia, Série Didática - No. 4. pp. 65-79.

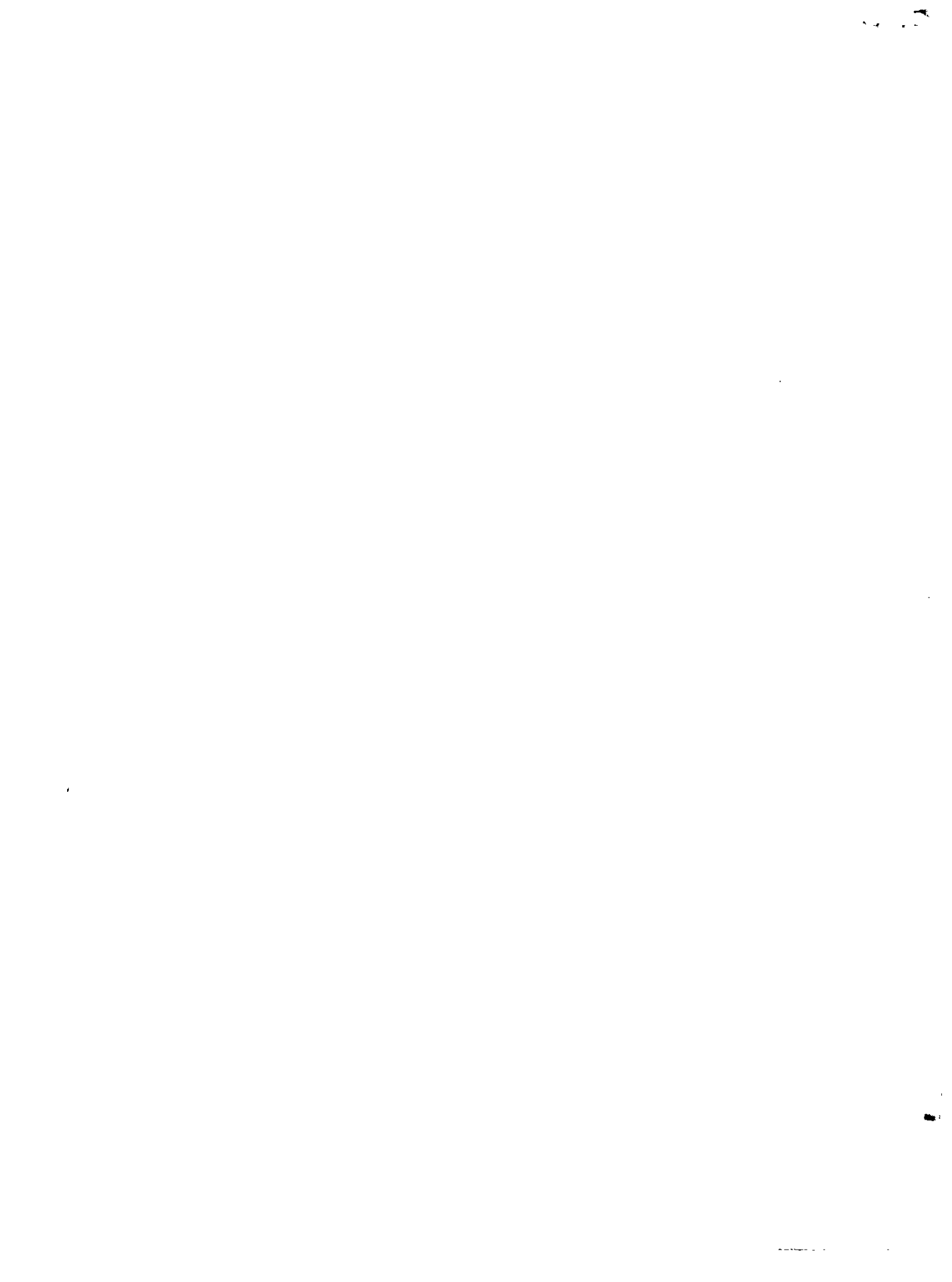


4. FEWKES, D.W. 1961. Rep. Caroni and Ste Madeleine sugar Co. Cent. Agric. Res. Stn. Trinidad, 1960-1961 (2): 5-48.
5. _____ 1963 a. Rep. Tate and Lyle Cent. Agric. Res. Stn. Trinidad 1961 - 1962. 170 - 199.
6. _____. 1963 b. The effect of exposure to dry conditions on the eggs of *Aeneolamia varia saccharina*. Ann. Entomol. Soc. Amer 56: 719-720.
7. _____. 1964. Some observations on egg diapause in the Trinidad sugar cane froghopper, *Aeneolamia varia saccharina*. Entomologist's Mon. Mag. 99: 224-228.
8. _____. 1966. Structure and development of the eggs of *Aeneolamia varia saccharina*. Rep. Tate and Lyle Cent. Agric. Res. Stn. Trinidad 1965: 429-435.
9. FEWKES, D.W. 1969. The biology of sugar Cane Froghoppers, in: Pest of sugar cane. Edited by Williams, Metcalfe, Mungomery and Mathes. Elsevier Publishing Company. New York. pp. 283-307.
10. FLOREZ, S.; A. RAMIREZ y A. CORTES. 1965. El "salivazo" de la caña de azúcar en México. Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar. Boletín de divulgación No. 5. México D.F.
11. FLOREZ, D. y M. VELASCO. 1974. Daños causados por adultos de mosca Pinta *Aeneolamia postica* (Wik) a diversas especies de zacates forrajeros. Folia Entomológica Mexicana. No. 28: 71-75.
12. GUAGLIUMI, P. 1962. Las plagas de la caña de azúcar en Venezuela, 1. Maracay, Venezuela, Minist. Agr. Cría. 482 p.
13. _____. 1971. Lucha integrada contra las "cigarrinhas" (Homoptera: Cercopidae) en el noroeste del Brasil. Revista peruana de Entomología Agrícola. 14 (2): 361-368.
14. HARDY, F. and F. W. URICH. 1927. Ibid. 1: 275-281.
15. HAGLEY, E.A.C. 1966. Site of feeding of the froghopper. Rep. Tate and Lyle Cent. Agric. Res. Stn. Trinidad 1965: 408-413.
16. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1975. Informe Anual de Labores del Servicio de Supervisión de Asistencia Técnica del ICA. Reg. No. 8. Mimeografiado. p. 30.
17. JIMÉNEZ OCHOA, O.D. 1971 a. Fluctuación de la población de *Aeneolamia varia*, en *Bracharia decumbens*. Programa de Entomología ICA., Regional No. 8. Exp. L-14. (Libro de campo - Datos no publicados).
18. _____. 1971 b. Ciclo de vida y hábitos de *Aeneolamia varia*. Programa de Entomología ICA., Regional No. 8. Exp. L-25. Libro de Campo. (Datos no publicados).
19. _____. 1973. Control químico y cultural de *Aeneolamia varia*. Programa de Entomología ICA., Regional No. 8. Exp. L-36. Libro de Campo. (Datos no publicados).
20. KERSAW, J.C. 1973. Froghopper notes. Bull. Dep. Agric. Trinidad Tobago. 12: 3-62.
21. KING, A.B.S. 1975. Factors affecting the phenology of the first brood of the sugar cane froghopper *Aeneolamia varia saccharina* (Dist.) in Trinidad. Bull. Ent. Res. 65: 359-372.
22. MARRUFO R.C. y S.D. ENKERLEIN. 1974. Cultivo del hongo entomófago *Metarrhizium aniscoliae* (Metch.) y ensayos preliminares de su efecto contra el complejo "mosca pinta" de los pastos y otros insectos. Folia Entomológica Mexicana No. 29: 45-46.
23. METCALF, S.P. 1951. Phylogeny of the Homoptera Auchenorrhyncha. Commentat. Biol. 12: 1-14.
24. METCALF, and W.P. FLINT. 1962. Destructive and useful insects, their habits and control. 4o. edition. McGraw-Hill book company, Inc. New York. p. 168.
25. OOMEN, P.A. 1975. A population study of the spittlebugs *Aeneolamia occidentalis* (Walk.) and *Prosapia simulans* (Walk.) in Mexican pangola pastures. Z. ang Ent. 70: 225-238.



26. URICH, F.W. 1915. Insects affecting the sugar cane in Trinidad. *Ibid.* 14: 156-161.
27. _____, and A. PICKLES. 1930. Studies in the incubation of the eggs of the sugar cane frog hopper, *Tomaspis saccharina* Dist. I. Eggs laid in blotting paper. *Ibid.* 3: 64-70.
28. _____ 1931, Studies in the incubation of the eggs of the sugar cane frog hopper, *Tomaspis saccharina* Dist. II. Eggs. laid in soil. *Ibid.* 3: 235-253.
29. VELASCO H. 1973. Influencia de la quema del pasto pangola sobre la población de "Mosca pinta" y otros insectos. *Agricultura Técnica en México*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México, D.F. pp. 357-360.
30. WILLIAMS, C.B. 1921. Report on the frog hopper-blight of sugar cane in Trinidad. *Mem. Dep. Agric. Trin.* 1, 179 pp.
31. WITHYCOMBE, C.L. 1926. Studies on the aetiology of sugar cane frog hopper blight in Trinidad. I. Introduction and general survey. *Ann. appl. Biol.* 13: 64-108.
32. ZIEGLER, H. and I. ZIEGLER. 1958. Über die Zusammensetzung des Zikadenschaumes. *Z. vergl. Physiol.* 40: 549-555.





CONTROL DE MALEZAS EN PRADERAS TROPICALES.

Por : D.R. Bailey

Tomado de : Tropical Forage

Legumes. P.J.S-

kerman. FAO 1977

Traducido por: C.Gómez de E.*

Usualmente se define una maleza como una planta que se encuentra creciendo donde no se quiere; así, una maleza nutritiva y comestible puede ser problema en un cultivo pero no ser una maleza de praderas. Un cultivo creciendo en otro cultivo puede ser clasificado como una maleza. También pueden ser malezas hierbas suculentas y especies leñosas.

Se podría pensar que la presencia de malezas en una pradera podría ser señal de disminución de la fertilidad, pero ahora es conocido que una serie diferente de malezas son estimuladas por el uso de fertilizantes y muchas de las peores malezas de praderas en suelos fértiles son aquellas que pueden prosperar sobre suelos con altos niveles de nitrógeno o como son llamadas malezas nitrofilicas. Moore, 1970, informa de las sucesiones ecológicas en las cuales puede primar la presencia de algunas malezas de praderas en una proyección mayor de manejo que de fertilidad de suelos. Las malezas ocasionan enormes pérdidas en la producción de cultivos alimenticios y fibras, así como en los productos animales.

En Queensland, se ha estimado que las pérdidas son del orden de los 4 millones anuales, aumentando la contaminación de lana de carnero merino con Xanthium pungens. También en Queensland, cerca de 5000 toneladas de mantequilla sometidas a clasificación anualmente son manchadas con malezas. La principal maleza causante de esto es Coronopus didymus; la mancha de la maleza no desaparece con la pasterización ordinaria y

* CIAT, Programa de Ganado de Carne. AA 6713 Cali, Colombia.

se debe utilizar un proceso especial de temperatura ultra elevada para removerla. También se ocasionan graves pérdidas por plantas venenosas ingeridas por el ganado; además algunas especies de leguminosas como Astragalus en los Estados Unidos y Acacia georginae y Gastrolobium glandiflorum en Queensland (McEwan, 1964, Everis 1970), las cuales contienen el ion tóxico fluoroacetato lo cual es costoso.

El rebrote de las malezas es una de las mayores causas de pérdidas económicas en los países en desarrollo. Grandes áreas de matorrales limpiados por métodos mecánicos o por quema y la regeneración a menudo causa problemas mas graves que el bosque original. Los matorrales de Acacia harpophylla constituyen un buen ejemplo (Skerman, 1953). El recrecimiento de las malezas es un problema en el Africa. Heady, 1960 dice: "Los matorrales son el mayor disuadidor de los altos forrajes y producción de ganado en las áreas semiaridas en el Africa Occidental". Cerca de la mitad de las 4000 hectareas originalmente limpiadas para la producción de maní en Kongwa, Tanzania se han revertido a matorrales, y es necesario volverlas a tratar. Cuando los bosques lluviosos tropicales son sometidos a limpieza, hay una retrocesión de la vegetación original bien definida; las malezas crecen, el primer estado es seguido por lianas y luego las especies forestales originales. Si se establece una pradera tropical mezclada, se debe mantener continuamente la pradera en la sucesión natural de malezas y matorrales.

Tipos de Malezas

Las malezas de las praderas tropicales se pueden clasificar en dos categorías: especies de vida corta y perennes persistentes.

Especies de Vida corta

Este grupo comprende las anuales, bianuales y especies perennes de vida corta. Como una regla, debido a su rápida germinación, ellas causan las mayores molestias durante el establecimiento de las praderas por impedir el crecimiento de las plantulas de la pradera. Ellas compiten con las especies que se siembran por humedad, luz, nutrimentos y espacio.

Solamente en algunos casos las plántulas se establecen satisfactoriamente sin que la cobertura haya sido destruida. La práctica general para obtener esto son las cultivadas, pero cada remoción del suelo estimula la germinación de mas semillas de malezas porque las cultivadas ocasionan cambios en la aireación del suelo, en la humedad y aumenta la producción de nitratos del suelo. La intensidad lumínica a la superficie del suelo, tambien se aumenta y esto puede ser importante para algunas especies de malezas. Aunque muchas de éstas malezas son de vida corta, ellas son a menudo numerosas y pueden atrazar el pastoreo de una pradera nueva por varios meses.

Las malezas anuales y bianuales usualmente ocurren en ciclos regulares; en praderas sobrepastoreadas y debilitadas por ej: Ageratum spp, con frecuencia crece vigorosamente en invierno en praderas de pasto y Hyptis suavedens es una plaga recurrente de Stylosanthes humilis en el norte de Queensland.

Perennes persistentes

Estas malezas viven por varios años y a menudo se reproducen tanto por medios vegetativos como sexuales. Las especies mas problemáticas en praderas son aquellas que forman matorrales

densos (ej: especies de Acacia) y aquellas que son venenosas al ganado . Menos espectacular, pero aún importantes son las malezas gramíneas perennes. El valor nutritivo de ellas es usualmente muy bajo y a menudo su dispersión es ayudada por hábitos de crecimiento rizomatosos o estoloníferos. Como ejemplos se pueden nombrar Imperata cylíndrica y Axonopus-afinís.

Prácticas de presiembra para ayudar al control de las malezas.

Hay varias maneras por medio de las cuales las malezas pueden ser reducidas antes de la siembra de una nueva pradera.

Preparación del semillero.

Se deben hacer cultivadas iniciales para destruir la cubierta existente y si las especies son persistentes como Imperata cilíndrica, las cultivadas se deben iniciar varios meses antes de la siembra; ésto asegura que los rizomas sean llevados a la superficie y durante los meses secos ellos se deshidratan y mueren. Cada cultivada debe ser mas superficial que la anterior, permitiendo así la formación de un semillero libre de malezas y con una inclinación razonable. La reducción progresiva de la profundidad de la cultivada, asegura que las semillas de las malezas no sean llevadas de las capas mas profundas. Una pasada de rodillo para afirmar el semillero, a menudo ayuda a los suelos livianos, limosos, pero puede ocasionar una superficie indeseable en los suelos pesados arcillosos.

En las areas tropicales húmedas, el inicio de la estación húmeda ocasiona la germinación de las semillas y al mismo tiempo impide la efectividad de la cultivada antes de la siembra de la pradera. En éstas circunstancias, las plántulas de las malezas pueden ser asperjadas antes de la siembra con un herbicida no residual como diquat. Por otra parte, el 2,4-D puede ser usado para el control de las malezas de hoja ancha, pero la siembra debe ser por lo menos una semana después, con el fin de que los residuos puedan ser destruidos por los mi-

Principios de control de malezas

1. Control de malezas en praderas tropicales. Bailey, D.R.
2. Manual sobre algunas plantas tóxicas para la ganadería bovina en la Costa Atlántica. Trheebilcock, E., León, J.R., Montaña, A.J., Villafañe, A.F. y Morales, T.L.



croorganismos del suelo. La dosis es de 2,2 a 4,4 kg/ha sobre suelo húmedo.

Siembras de cultivos anteriores a la siembra de las praderas son a menudo efectivas para controlar las malezas y producir beneficios al cultivador. Siembras de maiz, avena, caupi o Lablab purpureus son a menudo practicadas por varios cultivadores con el fin de reducir las malezas antes de la siembra de la pradera permanente.

Disponibilidad de especies: Uso de fertilizantes.

No solo muchas de las especies praderas son adaptadas a una región geográfica en particular sino que deben además ser seleccionadas, en base a las condiciones de la finca, de acuerdo al drenaje del suelo, fertilidad y topografía. Semillas de baja germinación y pureza, proporcionarían un mal establecimiento, suministrando condiciones favorables para el establecimiento de las malezas.

Muchos de los suelos tropicales son severamente deficientes en fósforo; por lo tanto debe usarse un fertilizante a base de fosforo. Debe estar seguros de establecer con éxito praderas. Aún cuando algunas semillas de pastos pueden germinar en la ausencia de fertilizante, el crecimiento de las plántulas es generalmente pobre y frecuentemente muchas plántulas mueren. En las costas tropicales húmedas, muchas veces el pasto guinea, Panicum maximum, es sembrado en suelos graníticos sin superfosfato.

Epoca de Siembra. Método de Siembra.

Una regla para el establecimiento satisfactorio de las praderas es la siembra durante la época caliente y húmeda. Aunque fuera de la estación, algunas veces se usa la siembra mecánica en áreas extensas; ésta práctica no es recomendable si la semilla se va a sembrar al voleo.

La siembra mecánica usualmente tiene más éxito en el establecimiento de praderas que la siembra al voleo, y cuando sea posible, se debe utilizar éste método. De la siembra al voleo

se obtendrá un establecimiento en parches, a menos que sea distribuida uniformemente. Esto es mas pronunciado cuando se mezclan semillas de diferentes especies y la siembra se hace por avión; las semillas ligeras de las gramíneas a menudo se dispersan mucho, mientras que las pesadas de las leguminosas caen en bandas estrechas.

Prácticas de control de malezas después de la siembra.

Control Mécanico.

Desyerbas manuales con azadones es una medida de control efectiva en algunas especies perennes que no son bien controladas con herbicidas como : Lantana camara, Psidium guava logicamente éste método se puede practicar solamente cuando las plantas están pequeñas y dispersas.

El macheteo de la parte superior fr las malezas perennes es inefectivo y usualmente a menos que sean macheteadas repetidamente, debido a que muchas especies rebrotan. El rebrote puede provenir de las yemas de la raiz o del tallo, por ejemplo especies de Acacia, rebrotan de la raiz, mientras que en Solanum torvum, son comunes los rebrotes del tallo.

Guadañada.

Por lo general se usan tractores con guadañas con el fin de eleiminar las malezas en las praderas tropicales.

La guadañada hace un control efectivo de las malezas y un daño mínimo a la pradera. Las praderas recién sembradas, deben ser cortadas no mas bajo de 20 centímetros, permitiendo suficiente entrada de la luz a las plantas de la pradera.

La guadaña rotativa da un control satisfactorio de las malezas anuales de hoja ancha werectas, pero no es benéfico para el control de gramíneas perennes como Cynodon dactylon o Paspalum conjugatum. Sin embargo, muchas malezas de hoja ancha perennes, como Solanum auriculatum y Hyptis capitata, rebrotan siendo necesario hacer cortes repetidos para su control

El costo de la guadañada varía de acuerdo con el tipo de crecimiento ; es menos por ejemplo para malezas amantes de la luz como Acacia harpophylla.

Rodillos con cuchillas son algunas veces usados en lugar de las guadañas rotativas en el control de arboles como Eucaliptus spp y Acacia spp. Estas máquinas constan de una base cilíndrica con cuchillas regularmente espaciadas, sobresaliendo la superficie . Las cuchillas cortan y rompen el rebrote a medida que el rodillo pasa sobre él, El éxito del control depende de que el rebrote no sea muy quebradizo y elástico. Sin embargo, la pradera debe estar muy bien establecida o si nó se ocasionará daño.

Buldozer.

El uso del buldozer es aplicado para el control de matorrales de Lantana camara. Generalmente se amontonan y se queman haciendo luego la preparación de la tierra para la resiembra.

Fuego.

El fuego es usado ampliamente para el control de especies de malezas en matorrales que rebrotan en áreas semiaridas. En áreas de alta precipitación el fuego rara vez es usado, y ocasiona efectos adversos sobre las leguminosas tropicales, usandolo lo menos posible. En algunos casos como el de Melinis minutiflora se ha sembrado inicialmente sobre una quema de malezas, siendo mas tarde removida por el fuego, estableciendo mejores praderas : Panicum maximum/Centrosema pubescens. En el control de matorrales en áreas semiaridas, el fuego ejerce un gran efecto. En las áreas de Acacia harpophylla de Queensland, el fuego generalmente estimula las plántulas y los rebrotes , pero el fuego usado estrategicamente en la primavera, quema las reservas de las gramíneas del verano anterior en una población de acacias jóvenes ejerciendo algun control efectivo.

Muchas praderas existentes en los tropicos ocupan una posición en un climax de fuego originario de lluvias densas o floresta monsonica; ejemplos de ésto son la Imperata cylindrica en Nueva Guinea y Pennisetum polystachya en Fiji. Algunas de las leguminosas nuevas como siratro, Macroptilium atropurpureum, pueden ser establecidas en praderas quemadas de I. cylindrica con siembra y fertilización adecuadas. Lamprey (comunicación personal) en Tanzania, encontró que una quema cada dos años elimina la regeneración de Acacia drepanolobium y Pratt en Kenia (1966, no publicado) encontró un mejor control de éstas especies con una combianción de tratmientos quimicos con fenuron, combinado con quema posterior.

Control Biologico.

Para mucha gente, el control biologico de malezas implica el control con insectos; pero los insectos no son el único medio biologico para controlar las malezas. El pastoreo, otras plantas y hongos son tambien agentes biologicos de control de malezas.

Manejo del Pastoreo.

Un pastoreo continuo fuerte usualmente elimina las malezas debido a que las plantas palatables son comidas y las plantas no palatables e indeseables tienen un mejor chance para prosperar. Por otra parte, el pastoreo algunas veces es usado para el control de algunas especies palatables perennes, por ejemplo los rebrotes jóvenes de Acacia harpophylla, que puede ser controlada con pastoreo fuerte con ovejas (Skerman, 1953). En Africa, las cabras son usadas con buen éxito en el control de matorrales (Van Rensburg y Hornby 1948). Bryan (1968), ha enfatizado en el pastoreo con ganado, el cual es necesario para controlar los matorrales en los primeros años del establecimiento de pastos/leguminosas en las areas de la costa suroeste de Queensland.

De acuerdo a la duración y a la intensidad del pastoreo a menudo es posible eliminar las especies deseables y llenar las praderas de especies de malezas.

Esto requiere un conocimiento detallado del ritmo de crecimiento de la pradera y de las especies de malezas. Restringiendo el pastoreo de praderas pobremente establecidas, a menudo se ayuda a un mejor establecimiento de las especies sembradas, ya que producen semillas y nuevas plántulas, llenando los espacios entre las plantas. Sin embargo, ésto dá a las plantas de la pradera una mejor oportunidad a llenarse de especies indeseables.

Control por otras plantas.

Algunas veces es posible usar plantas para suprimir otras menos deseables. Esto es así con las especies leguminosas tropicales y ha sido demostrado con cultivos de leguminosas de cobertura. En algunos casos, la leguminosa ha estado enmalezada en los estados iniciales de crecimiento pero mas tarde domina la pradera y las malezas son controladas por competencia con luz, nutrimentos y agua. En éste aspecto, Pueraria phaseoloides es la leguminosa mas efectiva por su hábito trepador y asfixiante a otras plantas. En Maracay, Venezuela se usa para suprimir Cyperus rotundus L. Con el manejo adecuado y estrategico, leguminosas como: siratro (M. atropurpureum), centro (Centrosema pubescens), soya (Glycine wightii) y Desmodium intortum, se usan para suprimir malezas indeseables y gramíneas como Cynodon dactylon.

Control por insectos.

Control biologico de especies de malezas por insectos, ha jugado un papel importante. Un ejemplo utilizado para aprovechar tierras para el desarrollo, especialmente en el caso de Opuntia spp, donde 24 millones de hectáreas fueron eliminadas por el Cactoblastis cactorum. Sin embargo, en el manejo de forrajes, las leguminosas tropicales, el control biologico por insectos no tendrá mayor utilidad en el control de malezas.

Control Químico.

Herbicidas.

Los herbicidas utilizados en el control químico de malezas son: 2,4-D, 2,4-DB, 2,4,5-T, mezclas de 2,4-D + 2,4,5-T, picloram y diquat.

A continuación se describe cada uno de ellos:

a- 2,4-D es un polvo cristalino casi insoluble en agua. Comercialmente está disponible como sal o ester. Las sales son solubles en agua y los ester son formulados en aceite, formando una emulsión lechosa en agua. Debido a que las plantas de hoja ancha son mas susceptibles al 2,4-D que las especies monocotiledoneas es ampliamente usado para el control selectivo de malezas de hoja ancha en cereales y praderas.

Cuando se describen las preparaciones comerciales de 2,4-D o se hacen recomendaciones para su uso, siempre se hace referencia a la cantidad de acido 2,4-D que tiene la sal o el ester, ésto es el equivalente ácido. Terminología similar es aplicada a otros herbicidas hormonales. La forma mas común de usar la sal amina, la cual usualmente contiene 0.5 kg de equivalente acido de 2,4-D por litro e incorpora agentes humectantes y separantes. Los agentes separantes estabilizan la mezcla de aspersión cuando se usan aguas duras. Las sales amina no son volátiles y mojan bien las hojas, pero se requieren varias horas de buen tiempo para asegurar la absorción completa por la planta.

Las formulaciones ester de 2,4-D son consideradas generalmente mas fitotoxicas que las aminas y son preparadas por la combinación del acido 2,4-D con un alcohol para formar un ester soluble en aceite. Por ejemplo, la forma mas común es el etil ester, el cual es derivado del alcohol etilico. Los ester son usualmente mas efectivos que las sales amina, cuando el crecimiento de la planta no es muy activo o cuando a las plantas se les dificulta humedecerse. Sin embargo, debido a que los ester penetran en las hojas lejanas rapidamente, ellas son menos afectadas por lluvias ligeras y cortas

después de la aspersión . Muchos son volátiles y pueden afectar a cultivos susceptibles cercanos . El daño es mayor en días calurosos y con viento. Para reducir éste riesgo, se han desarrollado esteres de baja volatilidad como el butoxietanol. Las formulaciones esteres comerciales contienen de 200 a 800 gramos de acido 2,4-D por litro y en base a equivalente ácido de 2,4-D el éster etílico es cerca de dos veces el precio del 2,4-D amina.

b- El 2,4-DB está estrechamente relacionado con el 2,4-D, pero es por sí mismo, ligeramente menos tóxico a las plantas. Esta acción fitotóxica se basa en un sistema enzimático en la planta, el cual convierte el 2,4-DB a cantidades letales de 2,4-D. Muchas plantas de hoja ancha, son capaces de hacer la conversión a 2,4-D rápidamente, mientras que en algunas leguminosas ésto es tan lento que la concentración de 2,4-D no es suficiente para causar daños serios a la planta. Estas características permiten un control selectivo de malezas de hoja ancha en praderas de leguminosas. Desafortunadamente, en muchos casos el 2,4-DB no es mas selectivo que el 2,4-D a las praderas y usualmente afecta mas lentamente las malezas a menos que sean pequeñas y estén creciendo vigorosamente. Sin embargo, éste producto es muy costoso, ya que cuesta cerca de 5 veces mas que el 2,4-D y actua mas rapidamente.

El 2,4-DB está disponible en formulaciones líquidas como sal de potasio o de sodio y no hay diferencias entre las dos.

c- El 2,4,5-T está tambien relacionado con el 2,4-D y es mas efectivo en plantas leñosas, pero es menos activo que el 2,4-D en especies herbáceas; además, las leguminosas tropicales son severamente afectadas por el 2,4,5-T y su uso se debe limitar a tratamientos en manchas de malezas individuales. Está disponible comercialmente como sales amina y ester que contiene entre 200 y 1070 de 2,4,5-T por litro. El ester butílico contiene 400 gramos de 2,4,5-T por litro y se usa mas frecuentemente.

d- Mezclas de 2,4,5-T y 2,4-D son usadas algunas veces. Usualmente, ellas contienen cantidades iguales de esterés de 2,4-D y 2,4,5-T formando una emulsión lechosa cuando se mezclan con agua. Las formulaciones de sales amina, están disponibles también, pero no son muy usadas.

El mérito del 2,4,5-T es el costo. Para muchas especies leñosas, solo es mas mas economico, pero para poblaciones varias, la mezcla puede ser mejor. También es efectivo en algunas malezas de hoja ancha perennes tales como Solanum torvum, el cual es difícilmente controlado con el 2,4-D en el estado de plántula. Operaciones con avioneta, a menudo proporcionan buenos resultados con la mezcla, en aquellas especies susceptibles a aspersiones terrestres de 2,4-D.

e- Picloram descubierto cerca de 1960 e introducido como un grupo químico completamente nuevo en el campo de los herbicidas que afectan el crecimiento de las plantas. Es un herbicida sistémico altamente activo que controla un amplio rango de especies de malezas tolerantes al 2,4-D o 2,4,5-T. Las gramíneas no son afectadas a dosis normales, pero las leguminosas tropicales son acabadas fácilmente. Consecuentemente el picloram no puede ser usado en aplicaciones totales en praderas de leguminosas y gramíneas. Esto es particularmente útil para la inyección de troncos y plantas leñosas como el Eucaliptus.

La respuesta inicial de las plantas de hoja ancha es a menudo en las hojas superiores que en las hojas inferiores. El picloram puede ser absorbido tanto por las raíces como por las hojas y es translocado dentro de la planta. Sin embargo, éste producto es el mas persistente de todos los herbicidas orgánicos y debe ser usado con gran precaución en áreas donde se encuentran cultivos susceptibles y plantas de praderas que crezcan después de la aplicación.

La formulación comercial mas frecuente contiene 50 gramos de picloram y 200 gramos de 2,4-D por litro. Esta mezcla es usualmente diluida en uno a cuatro litros de agua para la inyección y de 1 a 100 litros para aspersiones a alto volumen al follaje.

f- Diquat destruye el proceso fotosintético normal y causa una rápida desecación de las partes verdes de la planta. Aunque no es ampliamente usado en praderas tropicales, algunos agricultores lo están usando para controlar Ageratum spp. No es translocado dentro de la planta y generalmente no es activo contra plantas perennes. Como regla general el diquat afecta las gramíneas de la pradera pero éstas se recuperan rápidamente.

Otra propiedad muy importante del diquat es que cuando se pone en contacto con el suelo es inactivado rápidamente por las partículas de arcilla.

El producto es vendido como una sal de bromuro en solución acuosa. Tanto la actividad del herbicida como las reacciones químicas orgánicas del diquat dependen del catión del diquat y no están influenciadas por la naturaleza del anión asociado.

Para asegurar un adecuado moje del follaje se deben utilizar humectantes no aniónicos o catiónicos. No se deben utilizar jabones detergentes industriales, debido a que ellos generalmente son de tipo aniónico lo cual interfiere con la acción fitotóxica del herbicida. La concentración comercial contiene 200 gramos del catión diquat. Como una regla, se requieren 60 a 120 gramos del catión por hectárea para tener un control selectivo de malezas anuales en praderas tropicales.

Métodos de aplicación de herbicidas.

Aspersión Total.

Aspersoras con aguilones, bombas aspersoras, aspersoras montadas sobre tractores y aspersores aéreos son utilizados para las aspersiones totales. De éstos, las aspersoras de bomba son las más satisfactorias debido a que dan una aspersión uniforme.

Las aspersoras de bomba consisten de un aguilón con una a cinco boquillas soportadas en un soporte montado frente al tractor. La aspersión puede ser llevada a cabo en una dirección y cubrir de 6 a 13 metros dependiendo de la altura de la boquilla y la presión de aspersión.

Los vientos afectan seriamente el patrón de distribución de éstas aspersoras.

Las aspersoras aéreas y las montadas sobre tractores son utilizadas en campos donde el crecimiento de las malezas o su altura no permite la entrada. La rata de descarga de las aspersoras aéreas es usualmente mas baja de 55 litros por hectrea y la de las aspersoras de tractor está entre 55 y 110 litros por hectárea.; ambos métodos permiten tratar grandes areas rapidamente con un cubrimiento uniforme; en éstos metodos no son comunes los errores en las aspersoras o los traslapos.

Aspersión de parcheo.

Las aspersoras de espalda operadas manualmente y las maquinas de pulverización son utilizadas muchas veces para hacer aspersiones individuales sobre malezas, pero ambos métodos son laboriosos para utilizar en periodos largos. Las aspersoras de espalda requieren grandes cantidades de agua y para el caso de malezas con hojas grandes de 0.7 a 1 metro se necesitan 1650 litros de solución para cubrir una hectárea.

Aspersoras de alto volumen montadas sobre tractores o vehículos, son a menudo usadas para hacer aplicaciones de parcheo permitiendo grandes volúmenes de mezcla. Una aspersora muy utilizada es la que consiste en un pistón doble con una bomba. Un remolque, permite al operador moverse en areas relativamente grandes y lo permiten movilizarse en situaciones que podrian ser inaccesibles.

Tratamiento de los tallos basales.

Cuando las malezas son grandes, es mas útil y económico aplicar mezclas de herbicidas concentradas a la base de la planta que asperjar el follaje. Sin embargo, las mezclas de herbicidas son suficientes para varias horas de trabajo y pueden ser llevadas por un hombre.

Las plantas se pueden cortar a 30.5 cm de la base y exponerse a una pintura, en algunas especies el control efectivo puede ser hecho por una banda de pintura de herbicida a 30-40 cm al rededor de la base. Usualmente una formulación ester es usada mezclandola con aceite diesel para permitir la penetración a través del tallo. Otras veces se inyectan herbicidas a través del tallo de los arboles. La base o el tronco es circundado por el eje del traslape o inyecciones individuales las cuales son hechas en circunferencias cada 8 a 15 centímetros.

Efecto de los herbicidas sobre especies de praderas tropicales y Malezas comunes en praderas;

Si se usan herbicidas en las praderas, es esencial que se haga el minimo daño sobre las especies sembradas y al mismo tiempo haya un control satisfactorio de las malezas seleccionadas. Grandes pérdidas de leguminosas sembradas en praderas nuevas, podrian ser severamente reducidas si su potencial de productividad es afectado. Mientras que, pérdidas ligeras o supresiones temporales en praderas nuevas o recién establecidas podrían no ser dañinas. Sin embargo, el uso correcto de los herbicidas a veces permite un pastoreo temprano en praderas nuevas.

El efecto mas comun de los herbicidas sobre praderas con especies tropicales, es descrito en otro capítulo del presente libro bajo cada especie individual.

Hasta el presente solo tres herbicidas están disponibles para aspersiones totales: 2,4-D, 2,4-DB y diquat. El picloram 2,4,5-T y las mezclas de 2,4-D/2,4,5-T son muy dañinas para las leguminosas tropicales y deben ser utilizadas unicamente en tratamientos de parcheo.

8

REFERENCES

1. Altieri, M. A., A. van Schoonhoven, and J. Doll. 1977. The ecological role of weeds in insect pest management systems: a review illustrated by bean (Phalaris vulgaris) cropping systems. PANS: 23:195-205.
2. Argel, P. and J. Doll. 1976. Control de arbustos en potreros: Resumen de cuatro años de investigación. Revista Comalfi 3:30-58.
3. Argel, P., J. Doll, and W. Piedrahita. 1975. Control de malezas en las leguminosas forajeras. Revista Comalfi 2:212-221.
4. Bailey, D. R. 1970. Weedkillers for tropical pastures. PANS. 16:348-353.
5. Blohm, H. 1962. Poisonous Plants of Venezuela. Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass. 136 p.
6. Blydenstein, J. 1967. Tropical savanna vegetation of the Llanos of Colombia. Ecology 48:1-15.
7. Bornemisza, E. and A. Alvarado, Eds. 1974. Manejo de Suelos en la America Tropical. North Carolina State Univ., Raleigh, NC. 582 p.
8. Bovey, R. 1977. Response of selected woody plants in the United States to herbicides. USDA Agric. Handbk. No. 493. 101 p.
9. Camacho, A. J., P. Argel, and J. Doll. 1974. Control de gramalote (Paspalum fasciculatum) con dalapon y glifosato y establecimiento del pasto Pará (Brachiaria mutica). Revista Comalfi 1:176-184.
10. Campbell, R. S. 1960. Use of fire in grassland management. IN Working Party on Pasture and Fodder Development in Tropical America. FAO.
11. CIAT. 1975. Annual Report. Cali, Colombia. p.A-19.
12. Costle, D. 1978. Regulations for the enforcement of the federal insecticide, fungicide, and rodenticide act: Pesticide Use Restrictions. Federal Register 43(23):5788-5791.
13. Doll, J. D. and P. Argel. 1976. Guía práctica para el control de malezas en potreros. CIAT Pub. ES-22. Cali, Colombia. 30 p.
14. Eiten, George. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Bot. Rev. 38:201-341.
15. Gómez, C. and G. Riveros. 1975. Residualidad de picloram en suelos del Valle del Rio Sinú. Revista Comalfi 2:110-120.
16. Humphreys, L. R. 1975. Tropical pasture seed production. FAO pub. AGP/PFC/3 Rome. 116 p.
17. Jennings, V. and R. Fawcett. 1976. Weed control in small grains, pastures, and legume forages. Iowa State Univ. Bull. PH-601-A. 4 p.
18. Lemon, P. C. 1968. Effects of fire on an African plateau grassland. Ecology 49:316-322.

19. Lowe, K. F. 1972. Methods of establishment of legumes into native pastures. Proc. Tropical Grasslands Soc. of Aust. 6:246-249.
20. Michael, P. W. 1970. Weeds of grasslands. IN: Australian Grasslands, Ed. R. M. Moore. Australian Nat. Univ. Press. 455 p.
- 21. Morales, L. and E. Polo. 1973. Susceptibilidad de leguminosas tropicales a herbicidas. Resúmenes V Seminario Comalí. Bogota, Colombia. pp.60-62.
- 22. Morales, L., D. Vargas, and C. Romero. 1973. Control de malezas de hoja angosta en potreros de clima cálido. ICA Informa. Bogota, Colombia. 4 p.
23. Nicholls, D. F., D. L. Plucknett, and L. C. Durrill. 1973. Effect of herbicides on improved tropical pasture legumes and grasses. Proceedings Fourth Asian Pacific Weed Science Society. pp.55-65.
- ✓ 24. Norman, K. J. T. 1963. The short-term effects of time and frequency of burning on native pastures at Katherine, NT. Aust. J. of Exp. Agri. and An. Hus. 3:26-29.
- 25. Ramos, N. A. 1971. Informe anual de labores. Regional 8, ICA. Prog. de Fisiología Vegetal. 26 p.
- 26. Ramos, N. A. 1972. Informe anual de labores. Regional 8, ICA. Prog. de Fisiología Vegetal. 53 p.
27. Roberts, C. R. 1974. Some problems of establishment and management of legume-based tropical pastures. Trop. Grasslands 8:61-67.
28. San José, J. J. and E. Medina. 1975. Effects of fire on organic matter production and water balance in a tropical savanna. pp. 251-263. IN: Tropical Ecological Systems. Springer-Verlag, New York.
29. Santhirasegaram, K. 1974. Manejo de praderas de leguminosas y gramíneas en un ecosistema de selva lluviosa tropical en Perú. pp. 445-464. IN: Manejo de Suelos en la América Tropical. Eds. E. Bornemisza y Alvarado. N. Carolina State Univ. Raleigh, NC.
30. Teitzel, J. K. and R. A. Abbott. 1974. Beef cattle pastures in the wet tropics IV Management of established pastures. Queensland Agri. J. 100:204-210.
31. Vicente-Chandler, J., L. Rivera-Brenes, H. R. Caro-Costas, J. Pastor Rodríguez, E. Boneta, and J. Gracia. 1953. The management and utilization of the forage crops of Puerto Rico. Agr. Exp. Sta. Bull. 116. 90 p.
32. Vicente-Chandler, J., R. Caro-Costas, R. W. Pearson, F. Abruna, J. Figarella, and S. Silva. 1961. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico. Agr. Exp. Sta. Bull. 167. 152 p.
33. Whyte, R. O. 1974. Tropical Grazing Lands: Communities and Constituent Species. Dr. J. Junk, Publishers, The Hague, Netherlands. 222 p.

TRATAMIENTOS

A. Herbicidas

PRODUCTOS	DOSIS kg ia/ha	EPOCA APLICACION
1. Alaclor	1.0	Pre
2. Linuron	1.0	Pre
3. Fluometuron	2.0	Pre
4. Fluorodifen	3.0	Pre
5. Orizalina	1.0	Pre
6. Cloramben	1.0	Pre
7. Trifluralina	0.4	Pre
8. DNBP	3.0	Pre
9. Alaclor + linuron	1.0+0.8	Pre
10. DNBP + fluorodifen	1.5+1.5	Pre
11. DNBP + nitrofen	1.5+3.0	Pre
12. Carbofluorfen	0.22	Post*
13. Bentazon	1.0	Post*
14. Linuron	1.5	Post*
15. 2,4-Damina	1.0	Post*
16. Testigo mecánico	-	-

* Los tratamientos post-emergentes se aplicaran cuando las leguminosas tengan de 2-3 hojas.

Tratamiento Previo

Aplicación de Paraquat a la dosis de 1.0 kg/ha a las parcelas existentes, quema y ligera pasada del rototiller.

B. Leguminosas

1. Stylosanthes capitata 1019
2. Stylosanthes capitata 1078
3. Stylosanthes capitata 1405
4. Stylosanthes guianensis 136
5. Stylosanthes hamata 147
6. Desmodium ovalifolium 350
7. Centrosema hibrido 438
8. Pueraria phaseoloides 9900
9. Zornia sp.

C. Epoca de siembra Andropogon gayanus

1. 15 días después de la aplicación de los tratamientos post-emergentes
2. 30 días después de la aplicación de los tratamientos post-emergentes

Nota: El pastoreo se iniciará a los seis meses y se realizará cada 30 días.

DATOS DE APLICACION DE HERBICIDAS

Título del Experimento _____ Código: _____

Fecha _____

EQUIPO DE ASPERSION: Aplicado por: _____

Tipo de aspersora _____ Tipo de Boquilla _____

Presión _____ Velocidad _____

Vol. Agua/Parcela _____ Vol. Agua/Ha. _____

METODO DE APLICACION:

PRIMERAS LLUVIAS

	<u>Tiempo después</u>	<u>mm.</u>
<u>PSI</u> ()		
Método _____	_____	_____
Profundidad _____	_____	_____
Tiempo después de aplicar _____	_____	_____
<u>PRE</u> ()	_____	_____
<u>POST</u> ()	_____	_____

Estado del Cultivo _____ Hora _____

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura Aire (60 cm.) _____ Temperatura suelo (2 cm.) _____

Humedad relativa _____ Humedad del suelo: Seco: () Húmedo: ()
Muy húmedo: ()

VIENTO: Dirección _____ Velocidad _____

DIA: Claro: () Nublado () Lluvioso ()

MALEZAS PREDOMINANTES

	<u>Nombre Científico</u>	<u>Nombre Común</u>	<u>Estado de Crecimi</u>
1.	_____	_____	_____
2.	_____	_____	_____
3.	_____	_____	_____
4.	_____	_____	_____
5.	_____	_____	_____

MALEZAS SECUNDARIAS

1.	_____	_____	_____
2.	_____	_____	_____
3.	_____	_____	_____

OBSERVACIONES

ENSAYO MODELO PARA APLICACIONES FOLIARES EN ARBUSTOS

Y MALEZAS DE HOJA ANCHA EN POTREROS *

No. del Tratamiento	Nombre técnico	Concentración % PC	Nombre Comercial	g./l./L PC
1	2,4-D ester	0.5	Esteron 10-10	480
2	2,4-D ester	1.0	Esteron 10-10	480
3	2,4,5-T	0.5	Tormona 3.34	400
4	2,4,5-T	1.0	Tormona 3.34	400
5	2,4-D + 2,4,5-T	0.5	Esteron Mata-arbustos 50-25	240 + 120
6	2,4-D + 2,4,5-T	1.0	Esteron Mata-arbustos 50-25	240 + 120
7	2,4-D + 2,4,5-T	0.5	Mata-arbustos 2-2	240 + 240
8	2,4-D + 2,4,5-T	1.0	Mata-arbustos 2-2	240 + 240
9	picloram + 2,4-D	0.5	Tordon 101	64 + 240
10	picloram + 2,4-D	1.0	Tordon 101	64 + 240
11	picloram + 2,4,5-T	0.25	Tordon 225	120 + 120
12	picloram + 2,4,5-T	0.50	Tordon 225	120 + 120
13	dicamba + 2,4-D	0.5	Banvel-D	88 + 352
14	dicamba + 2,4-D	1.0	Banvel-D	88 + 352
15	T.M.	-		

* Se mezcla cada botella con 10 L de agua para obtener la concentración deseada.

MANUAL SOBRE ALGUNAS PLANTAS TOXICAS PARA
LA GANADERIA BOVINA EN LA COSTA ATLANTICA

Enrique Trheebilcock P. MV. MS. L.I.V.E.T.
Jorge R. León V. MVZ. L. I.V.E.T.
José A. Montaña A. MVZ. L.I.V.E.T.
Fernando Villafañe A. MV. MS. PhD. L.I.M.V.
Leopoldo Morales T. IA. MS. Turipana.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION.....	
Consideraciones Generales sobre Principios Tóxicos Vegetales.....	
Nitratos.....	
Acido Cianhídrico.....	
Alcaloides.....	
<u>Amaranthus dubius</u> Mart. (Bledo liso).....	
<u>Asclepias curasávica</u> L. (Matacaballo, bencenuco).....	
<u>Rauvolfia termifolia</u> H.B.K. (Venenito, solita).....	
<u>Calotropis procera</u> (Rit.) R. Br. (Algodoncillo, falso algodón).....	
<u>Sarcostemma glaucum</u> H.B.K. (Bejuco del diablo).....	
<u>Anemopaegma orbiculatum</u> (Jacq.) DC. (Bejuco de bacota)	
<u>Heliotropium indicum</u> L. (Rabo de alacrán).....	
<u>Cassia</u> spp L. (Bicho, chilinchil).....	
<u>Melampodium divaricatum</u> (Rich.) DC. (Botón de oro)...	
<u>Melanthera nivea</u> (L.) Small. (Botoncillo).....	
<u>Ipomoea carnea</u> Jacq. (Bejuco pupú, campanilla).....	
<u>Sorghum halepense</u> (L.) Pers. (Pasto johnson).....	
<u>Crotalaria spectabilis</u> Roth. (Cascabelito, paja grande)	
<u>Mascagnia concinna</u> Marton. (Cansaviejo).....	
<u>Wissadula fadvenii</u> Plauch. (Escobilla blanca, suapi suapi).....	
<u>Pétiveria alliacea</u> L. (Anamú).....	
<u>Paullinia macrophylla</u> H.B.K. (Raspa chucha, bejuco de San Pedro).....	
<u>Datura stramonium</u> L. (tapa, chamico, estramonio).....	

INTRODUCCION

El mal manejo de potreros en algunas ganaderías de la región ha traído como consecuencia la proliferación de especies vegetales, que en ningún momento contribuyen a incrementar el desarrollo orgánico de los bovinos que las consumen. Por el contrario, muchas de estas plantas son de efecto nocivo y, de acuerdo con la cantidad ingerida, producen trastornos en los animales afectados.

Los perjuicios directos de estas plantas (arbustos, matojos, bejucos, etc.) sobre la productividad potencial ganadera son numerosos y se traducen en la mayoría de los casos por asfixias, convulsiones, abortos, hipotiroidismo, lesiones en la piel y alteraciones neuromusculares. Algunas de las entidades patológicas citadas anteriormente ocasionan mortalidad, dependiendo de la intensidad con que actúe cada causa.

En las ganaderías de la Costa Atlántica no se conocen con exactitud las pérdidas económicas anuales en las explotaciones de cría, levante y ceba, causadas por la acción de plantas tóxicas, pero se presume que sean elevadas. La anterior afirmación se basa en el hecho de que la riqueza en nutrimentos de los suelos de esta región, así como sus condiciones edáficas, favorecen el crecimiento y propagación de diversidad de plantas indeseables. Por otra parte, la falta adecuada de control de malezas en potreros ayuda a incrementar la presentación del problema.

Este estudio ha sido hecho con el exclusivo fin de mostrar tanto a los Médicos Veterinarios, como a los ganaderos, algunas de las principales plantas potencialmente tóxicas de estas zonas. Además de indicar las diferentes alteraciones causadas por cada una de ellas.

La presente publicación se ha fundamentado tanto en investigaciones hechas al respecto por profesionales del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), como en referencias tomadas de textos donde se han conseguido conceptos comprobados mediante trabajos hechos en otros países.

El objetivo fundamental de esta publicación es crear conciencia de la imperiosa necesidad de erradicar las malezas en las áreas de pastoreo mediante la utilización de planes de control integrado, lo cual redundará significativamente en beneficio de la industria pecuaria del país.

LOS AUTORES

Consideraciones Generales sobre Principios Tóxicos Vegetales

Investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo han mostrado evidencia de la diversidad de compuestos presentes en muchas plantas y que algunas veces son capaces de ocasionar efecto letal a los bovinos que las ingieran. Sin embargo, parece que de todos estos compuestos, tres son los que con mayor frecuencia tienen efecto acumulativo en el vegetal, debido tanto a procesos metabólicos llevados a cabo por la planta en sí, como a condiciones edáficas y ambientales propicias para que tales acumulaciones se sucedan. Al respecto se ha demostrado que el período más propenso para que este fenómeno ocurra es cuando empiezan a caer las primeras lluvias después de un intenso verano.

Los compuestos enunciados anteriormente hacen referencia a los nitratos, alcaloides y ácido cianhídrico, y el modo de acción de cada uno de ellos se explica seguidamente de manera sencilla.

Nitratos:

Los bovinos al ingerir plantas que contengan niveles de nitratos en grado tóxico reducen estos nitratos por intermedio de su microflora ruminal, a nitritos, los que al ser absorbidos por la corriente sanguínea transforman la hemoglobina en metahemoglobina. Esta última sustancia no lleva oxígeno a los tejidos. El grado de intoxicación resultante es directamente proporcional al nivel de metahemoglobina formada. Los síntomas en este caso son los que

ca, pero la coloración de la sangre es rojo brillante, signo que en algunos casos es de mucha utilidad para el diagnóstico de la enfermedad. El conocimiento previo y los antecedentes del caso respecto a algunas plantas potencialmente acumuladoras de ácido cianhídrico permiten establecer un buen diagnóstico presuntivo.

Cuando el grado de intoxicación permite un margen de tratamiento debe aplicarse vía venosa nitrato de sodio al 1% en solución acuosa y a la dosis de 3 ml. por cada 100 kilos de peso vivo. Posteriormente, debe inyectarse vía venosa azul de metileno al 2%, en solución acuosa a la dosis de 10 ml. por cada 100 kilos de peso vivo.

Alcaloides:

Son numerosas las plantas que acumulan estas sustancias en mayor o menor grado. Su efecto patológico, específico sobre el organismo del bovino es difícil determinarlo, debido a que éste varía de acuerdo a la cantidad de sustancia ingerida y al tipo de alcaloide. De esta manera, se ha observado que en algunos casos hay depresión y en otros excitabilidad, en tanto que otros animales presentan diarreas sanguinolentas debido a la fuerte irritación causada por el compuesto sobre la mucosa intestinal. Por otra parte, hay bovinos que muestran trastornos locomotores por parálisis de uno o varios haces nerviosos. También se ha implicado a plantas que contienen alcaloides como responsables de causar fotosensibilización o "quema".

En este tipo de intoxicación es difícil establecer un patrón básico de tratamiento, debido a la diversidad de efectos enunciados anteriormente. La aplicación parenteral de protectores hepáticos ha dado, en muchos casos, buenos resultados. Es conveniente también la administración tanto de suero a base de dextrosa o glucosa, ojalá en concentraciones del 10%, y tónicos cardíacos. Animales en fases comatosas de este tipo de intoxicación difícilmente se recuperan.

El tratamiento para la fotosensibilización o "quemadura", consiste en la aplicación intravenosa de una sustancia anti-histamínica, protectores hepáticos vía muscular, suero dextrosado vía venosa y pomadas desinfectantes y cicatrizantes en las áreas de piel afectadas por el proceso. Es conveniente llevar a los ganados que están padeciendo esta enfermedad a sitios con buen sombrero.

De todo lo anterior es muy importante tener presente que los animales que padezcan cualquiera de las intoxicaciones descritas, deben ser retirados de las malezas presentes y que pueden corresponder a una o varias de las que a continuación se describen.

FIGURAS

Página

<u>Amaranthus dubius</u> Mart. (bledo liso).....	
<u>Asclepias curasávida</u> L. (Matacaballo, bencenuco).....	
<u>Rauvolfia termifolia</u> H.B.K. (Venenito, solita).....	
<u>Calotropis procera</u> (Rit.) R. Br. (Algodoncillo, falso algodón).....	
<u>Sarcostemma glaucum</u> H.B.K. (Bejuco del diablo, yerba de pajarito).....	
<u>Anemopaegma orbiculatum</u> (Jacq.) DC. (Bejuco de bacota)	
<u>Heliotropium indicum</u> L. (Rabo de alacrán).....	
<u>Cassia</u> spp L. (Bicho, chilinchil).....	
<u>Melampodium divaricatum</u> (Botón de oro).....	
<u>Melanthera nivea</u> (L.) Small. (Botoncillo).....	
<u>Ipomoea carnea</u> Jacq. (Bejuco pupú, campanilla).....	
<u>Sorghum halepense</u> (L.) Pers. (Pasto johnson).....	
<u>Crotalaria spectabilis</u> Roth. (Cascabelito, paja grande)	
<u>Mascagnia concinna</u> Marton. (Cansaviejo).....	
<u>Wissadula fadyenii</u> Plauch. (Escobilla blanca, suapi suapi).....	
<u>Petiveria alliacea</u> L. (Anamú).....	
<u>Paullinia macrophylla</u> H.B.K. (Raspa chucha, bejuco de San Pedro).....	
<u>Datura stramonium</u> L. (tapa, chamico, estramonio).....	7
<u>Lantana cámara</u> L. (Venturosa, verbena).....	
<u>Lippia nodiflora</u> (L.) Mimchx. (Orozú).....	
<u>Julocroton argenteus</u> (Cotorrera).....	55

Lantana cámara L. (Venturosa, verbena).....

Lippia nodiflora (L.) Mimchx. (Orozú).....

Julocroton argenteus (Cotorrera).....

APENDICE.....

Otras Plantas Cianogenéticas.....

Control de Algunas Especies Vegetales Tóxicas.....

Control mecánico.....

Control químico.....

Control de malezas de hoja ancha.....

Control de malezas de hoja angosta.....

FAMILIA: AMARANTHACEAE

Amaranthus dubius Mart.

Nombre vulgar: Bledo liso

Descripción taxonómica

Planta herbácea anual, común en potreros, bordes de carreteras y de canales. La raíz es pivotante. El tallo es erecto, carnososo, ramificado, de coloración morada, sin espinas, y con una altura que oscila entre 50 a 200 centímetros. Las hojas son ovaladas, pecioladas, alternas, simples y de 5 a 10 centímetros de longitud. La inflorescencia está compuesta por espigas terminales y axilares de 2 a 20 centímetros de longitud. Las flores son de color crema blanquecino. El fruto es una pequeña cápsula ovoide y la semilla es orbicular de color negro brillante. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

Se ha encontrado que esta planta especialmente durante el tiempo de iniciación de lluvias y bajo ciertas condiciones tanto del suelo como del medio ambiente, es capaz de acumular concentraciones de nitratos en grado tóxico para los bovinos que la ingieran.

FAMILIA: APOCINACEAE

Rauvolfia termifolia H.B.K.

Nombre vulgar: Venenito, solita

Descripción taxonómica

Arbusto perenne de 50 a 200 centímetros de altura. Es frecuente en tierras planas y onduladas secas. Su raíz es pivotante y su tallo es cilíndrico, leñoso y ramificado. Las hojas son de forma ovadoelíptica con la nervadura central de consistencia leñosa. La inflorescencia es terminal y axilar. Las flores son de color blanco, presentando también algunos estambres amarillos. El fruto es de color rojo con una semilla piramidal leñosa y carmelita. Se propaga por semillas.

Acción tóxica

Este vegetal contiene un latex lechoso en el que se han encontrado concentraciones de alcaloides. A pesar de que la planta no es apetecida por los ganados para su consumo, se corre el riesgo de que en etapas de sequía y debido a la escasez de pastos, sea consumida por estos animales, produciéndoles los disturbios orgánicos del caso.

FAMILIA: ASCLEPIADACEAE .

Asclepias curassávica L.

Nombre vulgar: Matacaballo, bencenuco

Descripción taxonómica

Planta erecta perenne de 50 a 200 centímetros de altura y común en potreros, matorrales y orillas de ríos. Su tallo es cilíndrico, frecuentemente leñoso hacia la base, especialmente al madurar y presenta escasas ramificaciones. Las hojas son lanceoladas, opuestas, lampiñas o pelosas cuando jóvenes y de una longitud comprendida entre 6 a 12 centímetros. Las flores son rojas o amarillas. El fruto es un folículo verde, angostamente ahusado que contiene numerosas semillas ovalo-aplanadas y con un papus sedoso que facilita su transporte por el viento. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

Este vegetal produce un latex lechoso que contiene un alcaloide llamado "asclepiadina", el cual es muy tóxico al ganado. La planta además de ocasionar abortos, causa parálisis respiratoria, fermentación intestinal, diarrea y muchas veces pérdida del control muscular. La intensidad de esta sintomatología está de acuerdo con el contenido del tóxico en la planta y el kilaje de ésta consumido

FAMILIA: ASCLEPIADACEAE

Calotropis procera (Rit.) R. Br.

Nombre vulgar: Algodoncillo, falso algodón

Descripción taxonómica

Planta leñosa perenne común en potreros y bordes de carreteras. La raíz es pivotante y el tallo es erecto, leñoso y ramificado con una altura comprendida entre 75 y 300 centímetros. Las hojas son grandes, ovaladas y con nervaduras prominentes. La florescencia es una cima con flores blancas, o rosadas. El fruto es un folículo de aproximadamente 10 centímetros de longitud y las semillas tienen un papus sedoso. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

El efecto tóxico causado por esta planta está en directa relación con un alcaloide contenido en el jugo lechoso que proviene de las diferentes partes del vegetal especialmente de su tallo y de sus hojas. La mencionada sustancia ocasiona, cuando es ingerida en gran cantidad, disturbios cardiovasculares con hipotensión e insuficiencia

FAMILIA: ASCLEPIADACEAE

Sarcostemma glaucum H.B.K.

Nombre vulgar: Bejuco del diablo

Descripción taxonómica

Bejuco anual frecuente en potreros, cercas y bordes de carreteras. La raíz es pivotante. El tallo es un bejuco trepador, cilíndrico y ramificado. Las hojas son opuestas, ovado-lanceoladas y de 15 a 25 centímetros de largo. Las flores son pequeñas, numerosas y blancas. El fruto es un folículo ovoide de color verde con manchas moradas. Las semillas son ovoides aplanadas y sedosas.

Acción tóxica

La toxicidad de esta planta radica esencialmente en la cantidad de alcaloide que, en un momento dado, puede contener el látex lechoso propio de ella. En caso de una ingestión continua del vegetal, se pueden observar en los bovinos alteraciones motoras, trastornos gastroentéricos con timpanismo y diarrea. Algunas veces los temblores musculares y la hipersensibilidad de la piel son frecuentes.

También se ha encontrado que la planta acumula en algunas épocas del año elevadas concentraciones de nitratos. En este caso la sintomatología de los animales afectados por su consumo será netamente asfíctica

FAMILIA: BIGNONIACEAE

Anemopaegma orbiculatum (Jacq.) DC.

Nombre vulgar: Bejuco de bacota

Descripción taxonómica

Es un arbusto perenne de 150 a 300 centímetros de altura, común en tierras planas y onduladas secas. Su raíz es pivotante y su tallo cilíndrico y leñoso, mostrando una coloración gris clara cuando se encuentra en pleno estado de madurez. Sus hojas tienen una disposición opuesta y compuesta cada una de ellas por cinco folíolos; la nervadura principal es saliente en el envés. La inflorescencia es un racimo axilar con flores dispuestas en cruz y de color verde amarillento. El fruto es una cápsula orbicular de consistencia dura que contiene en su interior numerosas semillas con una membrana circular y transparente.

Acción tóxica

Repetidas pruebas de laboratorio han demostrado que la planta en mención acumula durante su fase de crecimiento o rebrote altas concentraciones de nitratos. Así mismo se ha podido comprobar la presencia en sus hojas de niveles de alcaloides. Esta última sustancia ha sido encontrada cuando el mencionado vegetal se encuentra completamente maduro. Las hojas de la planta tienen aceptable palatabilidad a los bovinos, especialmente en épocas de escasez de pastos debido a prolongadas sequías. Los animales afectados muestran sintomatología de tipo respiratorio y locomotor .

FAMILIA: BORAGINACEAE

Heliotropium indicum L.

Nombre vulgar: Rabo de alacrán

Descripción taxonómica

Planta herbácea anual común en potreros y bordes de carreteras. Su raíz es pivotante. El tallo es cilíndrico, erecto, semileñoso y con ramificaciones alternas. Tiene una longitud de 20 a 100 centímetros. Las hojas son alternas anchamente ovadas u ovado triangulares de 4 a 12 centímetros de largo y de 2 a 4 de ancho, son pelosas. La inflorescencia es una espiga escorpióidea de 15 a 20 centímetros de longitud con flores blancas o de color violeta. El fruto consta de dos lóbulos y se separa en dos porciones, cada una de las cuales consta de dos nuececillas angulares unidas, propagándose por una semilla en cada nuececilla.

Acción tóxica

Esta planta que contiene principios hepatotóxicos, al ser ingerida durante largos períodos es causa de reacciones en la piel consistentes en engrosamiento de ésta, dermatitis y fotosensibilización.

En la parte superior del tallo se han encontrado niveles de nitratos en grado potencialmente letal para los bovinos

FAMILIA: CAESALPINACEAE

Cassia spp L .

Nombre vulgar: Bicho, chilinchil

Descripción taxonómica

Planta erecta anual de aproximadamente 100 centímetros de altura. Es frecuente hallarla en tierras planas y onduladas. La raíz pivotante. El tallo es erecto, leñoso, cilíndrico y ramificado. Las hojas alternas con folíolos opuestos y en número par. Las flores son amarillentas con 5 pétalos. La inflorescencia está compuesta de racimos terminales o axilares. El fruto es una legumbre aplanada de 10 a 15 centímetros de largo. Las semillas son ovadas y numerosas de color café oscuro. Se reproduce por semillas.

Acción Tóxica

Esta planta tiene la característica de poseer en su tallo y en sus frutos una sustancia que ocasiona irritación intestinal. El grado de afección está de acuerdo a la cantidad de planta ingerida. Se ha observado que la sintomatología en la mayoría de los casos corresponde a una severa diarrea que algunas veces puede estar acompañada de estrías sanguinolentas. El hallazgo de la planta en sitios donde se observen animales presentando este tipo de sintomatología puede ser un buen indicio para relacionarla con la causa específica de la entidad patológica presentada.

FAMILIA: COMPOSITAE

Melanpodium divaricatum (Rich.) DC.

Nombre vulgar: Botón de oro

Descripción taxonómica

Planta herbácea anual, común en potreros, bordes de carreteras y taludes. La raíz es pivotante, algunas veces con raíces secundarias que nacen de los nudos de los tallos sobre el suelo. El tallo es erecto, cilíndrico y semileñoso. Las hojas son opuestas, algunas veces lanceoladas u oblongas y uniformemente cubiertas con pelos ásperos. La cabeza floral es de color amarillo anaranjado y compuesta de varias florecillas linguiformes. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

La planta contiene alcaloides y su efecto nocivo sobre el ganado varía de acuerdo con la concentración de esta sustancia y el kilaje de vegetal consumido. El vegetal no resiste períodos de sequía prolongados, pero una vez empiezan a caer las primeras lluvias, "rebrotan", y es en este estado cuando acumula mayores niveles del tóxico.

La sintomatología presente en este caso incluye diarreas que pueden tener hilos de sangre, incoordinación motora, trastornos musculares, etc. La intoxicación con esta planta es de tipo crónico y se ha observado con poca frecuencia.

FAMILIA: COMPOSITAE

Melanthera nivea (L.) Small.

Nombre vulgar: Botoncillo

Descripción taxonómica

Planta anual común en potreros planos y ondulados. Tiene una altura que oscila entre 100 y 200 centímetros. Su raíz es pivotante y el tallo es angular, duro, áspero al tacto y de color morado en la base. Las hojas son opuestas, dentadas y ásperas al tacto en ambas caras. La inflorescencia es un capítulo pendunculado, largo, axilar y terminal. Las flores son tubulares y blancas. El fruto es un aquenio piramidal de color café oscuro cuando está maduro. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

Esta planta puede llegar a contener dos tipos de sustancias en grado tóxico. En fase de crecimiento y bajo condiciones adecuadas del suelo acumula concentraciones elevadas de nitratos. En fase de madurez acumula alcaloides. Se ha llegado a comprobar la presencia simultánea de las dos sustancias en el vegetal.

FAMILIA: LEGUMINOSAE

Crotalaria spectabilis Roth

Nombre vulgar: Cascabelito, paja grande

Descripción taxonómica

Es una planta anual, herbácea, frecuente en bordes de carreteras, caminos y canales. Está presente en varias regiones del Valle del Sind y Sabanas de Bolivar y Sucre. Su tallo es erecto, ramificado y semileñoso, alcanzando alturas que oscilan entre 50 y 200 centímetros.

Sus hojas son alternas, oblanceoladas y de bordes lisos. Sus flores son de color amarillo. El fruto es una vaina cilíndrica de 3 a 5 centímetros de largo. La planta se propaga por semillas de color café oscuro, las cuales se desprenden al madurar.

Acción tóxica

De todas las partes de esta planta se ha aislado un alcaloide llamado monocrotalina, el cual se encuentra en máxima concentración en la semilla. Los bovinos intoxicados agudamente con esta planta se caracterizan por padecer depresión, pérdida del apetito, heces sanguinolentas, ptialismo y una coloración amarillenta de la conjuntiva ocular. Sin embargo parece ser que la forma más común de intoxicación por Crotalaria es de tipo crónico, y los animales pueden morir al cabo de varios meses de haber consumido la planta en forma continua, y sin exhibir síntoma alguno de intoxicación hasta una o dos semanas antes de la muerte. En estos casos se observa erizamiento del pelo, diarrea sanguinolenta, ictericia, prolapso rectal y debilidad progresiva

FAMILIA: MALPIGHIACEAE

Mascagnia concinna Morton.

Nombre vulgar: Cansaviejo

Descripción taxonómica

Bejuco perenne y trepador, común en potreros y cercas. La raíz es pivotante y el tallo cilíndrico de 100 a 200 centímetros de largo. Las hojas son enteras, ovadas, sencillas, de color verde oscuro brillante y de 10 a 20 centímetros de largo por 5 a 8 centímetros de ancho. La inflorescencia es un pseudo-racimo axilar compuesto por 12 a 34 flores amarillas. El fruto es una sámara y la semilla es una nuez ovoide. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

El efecto nocivo de esta planta para los bovinos radica en su contenido tanto de ácido cianhídrico como de nitratos. Investigaciones hechas a este último respecto han demostrado que el período de máxima acumulación ocurre durante la iniciación de las lluvias después de un intenso verano.

La sintomatología de este tipo de intoxicación consiste en esfuerzos respiratorios violentos y temblores musculares, pudiendo morir los animales en el término de pocas horas después de haber ingerido la planta. Esta planta es una de las varias responsables de acusar el síndrome denominado "Caída del ganado"

FAMILIA: MALVACEAE

Wissadula fadyenii Planch.

Nombre vulgar: Escobilla blanca, suapi suapi

Descripción taxonómica

Planta erecta, perenne de 100 a 200 centímetros de altura frecuente en potreros planos, ondulados y secos. Su raíz es pivotante y el tallo cilíndrico, semileñoso y de color amarillo. Las hojas son opuestas de forma lanceolada y bordes aserrados. La inflorescencia es en panícula axilar y terminal mostrando flores de color amarillo. El fruto consiste en una pequeña cápsula que tiene cuatro cavidades, conteniendo cada una de ellas dos semillas negras de forma triangular. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

Se ha encontrado que esta planta contiene, tanto en su tallo como en sus hojas y frutos, concentraciones de alcaloides en grado potencialmente tóxico para los bovinos que la ingieren. La época de iniciación de las lluvias es para ésta, como para otras plantas, la más indicada para la acumulación de la mencionada sustancia nociva.

La sintomatología presentada corresponde a alteraciones de tipo intestinal, locomotor y respiratorio.

FAMILIA: PHYTOLACACEAE

Petiveria alliacea L.

Nombre vulgar: Anamó

Descripción taxonómica

Planta perenne, herbácea común en potreros, rastrojos y matorrales secos a húmedos. Prefiere áreas sombreadas. Su raíz es pivotante, profunda y su tallo es delgado, erecto, ramificado y angulado con una altura comprendida entre 50 y 150 centímetros. Las hojas son alternas, de forma elíptica a ovada o lanceolada y con una longitud promedio de 10 centímetros. Son esencialmente lampiñas. La inflorescencia terminal o axilar es un racimo delgado semejante a una espiga hasta de 40 centímetros de largo. Tiene flores color crema, pequeñas e incompletas que forman un aquenio aplanado con cerdas y pegado a la espiga. El fruto es una pequeña nuez verde en forma de cuña angosta y con cuatro ganchos en la punta. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

La ingestión de esta planta en terneros es causa de alteraciones motoras en el tren posterior y de dificultad respiratoria debido a la parálisis de los músculos encargados de ayudar a realizar dicha función. El grado de estas afecciones varía de acuerdo con la cantidad de planta consumida. El jugo acre del vegetal es un abortivo enérgico para las vacas. Este vegetal tiene un olor desagradable que es transmitido a la leche.

FAMILIA: SAPINDACEAE

Paullinia macrophylla H.B.K.

Nombre vulgar: Raspa chucha, bejuco de San Pedro)

Descripción taxonómica

Bejuco anual frecuente en potreros planos y ondulados. Su raíz es pivotante. El tallo es semileñoso, cuadrangular con estrías bastante prominentes. Las hojas son alternas, multilobuladas y con un raquis alado. Las flores son blancas o blanquecino amarillentas y dispuestas en racimos axilares. Los frutos son cápsulas, conteniendo cada una de ellas dos o tres semillas negras. Estos frutos al madurar se rompen dando lugar a la salida de las semillas y a la propagación de la planta.

Acción tóxica

Este bejuco en estado de madurez contiene en el jugo de su tallo, alcaloides, que de acuerdo con el grado de consumo, ocasionan efectos de letalidad o de morbilidad. Las manifestaciones clínicas en este caso corresponden a alteraciones respiratorias, motoras y digestivas

Otras Plantas Cianogénicas

Cynodon dactylon L. Pers.

Nombre vulgar: Pasto Argentina

Es potencialmente acumulador de glucósidos cianogénicos especialmente en estado de madurez.

Manihot esculenta L.

Nombre vulgar: Yuca

En fase de crecimiento contiene apreciables niveles de ácido cianhídrico en tallo y hojas.

Panicum maximum Jack.

Nombre vulgar: Pasto Guinea.

Algunas veces, especialmente en estado de crecimiento este pasto acumula concentraciones de ácido cianhídrico.

Phyllanthus gastroemif L.

Nombre vulgar: Barbasco

En estado de inmadurez puede llegar a contener altos niveles del glucósido cianogénico.

Control de Algunas Especies Vegetales Tóxicas

En una ganadería progresista el aspecto de control de malezas está muy ligado a otras actividades de la producción pecuaria y es solamente un eslabón dentro de todas las actividades del manejo de potreros. Desafortunadamente, aunque este control en praderas se ha practicado desde hace muchos años, es tal vez el más deficiente en nuestro medio, puesto que no es planificado ni dirigido de una manera lógica y racional. No se puede conseguir una alta producción si no se hace una adecuada planificación y dirección del uso del potrero. Esto resulta la necesidad de hacer un inventario exhaustivo de los recursos disponibles, conocer las especies tóxicas, su biología, incluyendo la época más frecuente de intoxicaciones, evitar el sobrepastoreo (causa principal de la infestación de malezas en los potreros) sembrar pastos adaptados a la región, fertilizar, drenar las zonas inundadas, irrigar, y controlar plagas y enfermedades. Los métodos que se emplean para el control de malezas se fundamentan en el buen manejo de potreros. Entre estos métodos se pueden citar:

A.- Control mecánico

Hay varias técnicas de control mecánico las cuales bajo ciertas condiciones, pueden ser preferibles a otros métodos. Los sistemas generalmente usados son: Arado, rastrillo, guadañadora, machete y arranque manual.

En esta forma se pueden controlar las siguientes especies:

(Se incluyen plantas que no han sido relacionadas en el presente manual)

<u>Especie</u>	<u>Sistema mecánico</u>
1. <u>Panicum maximum</u> (Pasto guinea)	Arranque manual, macheteo
2. <u>Cynodon dactylon</u> (Pasto Argentina)	Arranque manual, macheteo
3. <u>Sorghum halepense</u> (Pasto Johnson)	Arranque manual
4. <u>Lantana camara</u> (Verbena)	Arranque manual
5. <u>Lippia nodiflora</u> (Orozó)	Guadaña, macheteo
6. <u>Amaranthus</u> spp (Bledo)	Guadaña, macheteo
7. <u>Asclepia curassavica</u> (Bencenuco)	Guadaña, macheteo
8. <u>Rauvolfia</u> spp (Solita)	Guadaña, macheteo
9. <u>Jatropha urens</u> (Pringamosa)	Guadaña, macheteo
10. <u>Cassia occidentalis</u> (Bicho)	Guadaña, macheteo
11. <u>Solanum</u> spp (Uña de gato)	Guadaña, macheteo
12. <u>Tanaecium exitiosum</u> (Mataganado)	Arranque manual, macheteo
13. <u>Packyptera kerere</u>	Arranque manual, macheteo
14. <u>Martinella obovata</u>	Arranque manual, macheteo
15. <u>Datura stramonium</u> (tapa)	Guadaña, macheteo

B.- Control químico.

El control químico en algunos casos es más efectivo que otros métodos porque es más selectivo. Además éste método de control es también rápido y económico.

1.- Control de malezas de hoja ancha: Existe una serie de productos químicos, conocidos con el nombre de herbicidas hormonales y son selectivos a los pastos. Estos productos pueden ser utilizados en arbustos en la siguiente forma de aplicación:

- a. Tratamientos foliares: Se emplea para arbustos de menos de 1.5 metros de altura. Los herbicidas hormonales se emplean en concentraciones de 0.5 al 2% en agua.
- b. Tratamiento basal: Se utiliza para arbustos de menos de 10 centímetros de diámetro, haciendo una mezcla de 4 a 5 litros del producto hormonal (éster) en 100 litros de ACPM.
- c. Tratamiento de tocones: Este tratamiento implica pintar con una brocha o asperjar totalmente un tocon de unos 20 centímetros de alto y con un diámetro menor a 5 centímetros. Una solución de 4 litros del producto hormonal en 100 litros de ACPM después del corte es muy efectiva.

2.- Control de malezas de hoja angosta: Existen varios herbicidas para el control de estas malezas y sus aplicaciones se recomiendan cuando las especies están en estado de rebrote. A este respecto se citan los siguientes:

- a. Dowpon (Dalapon) en dosis de 10 kg. (producto comercial) por hectárea ó dos aplicaciones de 5 kg. de Dowpon en 300 a 400 litros de agua. En forma localizada (parches) en concentración del 3 % del producto comercial.

RECONOCIMIENTO

Se deja constancia de agradecimiento al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), que con su apoyo contribuyó significativamente para que éste trabajo pudiera llevarse a cabo.

Igualmente se agradece la eficaz y valiosa colaboración prestada en todo momento, por los señores Radí Valderrama J., y Mario De La Ossa C., ayudantes de técnica en el LIVET.

Por último un reconocimiento sincero a todas las personas que en una u otra forma intervinieron en la elaboración de este manual.

. KLEGMAN, G. C. Industry contribution and responsibilities in weed control; 1-17 1970.

LAMPE, K. L; FAGERSTROM, R. 1968. Plant toxicity and Dermatitis. Williams and Wilkins Company. Baltimore.

LYNCH, P. B. Pasture management factors affecting weed Control in graseed pastures in New Zealand. Proc. 4 th Asian- Pactic. Weed Sci. Sec. Conf. I: 24-31 1973.

MORALES, L. Malezas tóxicas y sus principios tóxicos. Revista COMALFI (Colombia) 2 (2); 52-75. 1975.

_____ ; SOLANO, F; DOLL, J. D; OTAVO, J; VARGAS, D. 1974.

Algunas malezas de potreros tropicales. Manual de asistencia técnica No. 19. ICA - CIAT - UNAL . Bogotá, Colombia.

_____ ; VARGAS, D. y ROMERO, C. Control de malezas de hoja angosta en potreros de clima cálido. Bogotá, ICA. 4 p. 1973. (Hoja divulgativa No. 4).

_____ ; RAMOS, N; FULLERTON, T. y CARMONA, C. Control de malezas en potreros. Temas de orientación agropecuario (Colombia) N/. 84-85; 182-201. 1973.

PAEZ, J. A. Métodos de aplicación de herbicidas en potreros. TOA (Colombia) No. 84-85; 202-204. 1973.

FAMILIA: VERBENACEAE

Lantana camara L.

Nombre vulgar: Venturosa, verbena

Descripción Taxonómica

Arbusto aromático, perenne común en potreros y matorrales secos o húmedos. La raíz es pivotante y el tallo es erecto, leñoso y ramificado, algunas veces trepador, con una altura que oscila entre 1 y 3 metros. Las hojas son opuestas, pecioladas, anchamente ovadas y con bordes aserrados, con una longitud de 5 a 9 centímetros y una anchura de 3 a 7 centímetros. Las flores son rojas, amarillas o anaranjadas y están agrupadas densamente en una cabezuela redonda. Los frutos son agrupados, siendo cada uno de ellos redondo, carnoso y jugoso, de color azulado, llegando a ser morado al madurar. Cada fruto contiene dos semillas. Se propaga partiéndose en dos nuececillas con una semilla en cada fruto.

Acción tóxica

Esta planta contiene una sustancia llamada lantadene la cual es causa de fotosensibilización o "quemadura". Esta condición patológica se presenta cuando la ingestión de la planta es hecha en forma continua y la intensidad de los rayos solares es la adecuada para activar los productos fotodinámicos originados por el metabolismo de la planta. Se ha encontrado además, que este vegetal acumula, tanto en su tallo como en sus hojas, elevadas concentraciones de nitratos, especialmente cuando se encuentra en crecimiento o rebrote (5, 6, 16, 19).

FAMILIA: SOLANACEAE

Datura stramonium L.

Nombre vulgar: Tapa, chamico, estramonio

Descripción taxonómica

Es una maleza anual herbácea de olor desagradable, frecuente en suelos cultivados, bordes de carreteras y canales. Es propia de climas cálido y templado. La raíz de esta planta es pivotante y muy ramificada. El tallo puede alcanzar una longitud comprendida entre 50 y 200 centímetros, es hueco, erecto, a veces peloso o lampiño y frecuentemente de color purpurino. Las hojas son alternas, ovadas o elíptico-lanceoladas con bordes onduladodentados a ondulados, y pelosas. Las flores son grandes, situadas en la bifurcación de las ramas, solitarias y de color blanco a purpurino. El fruto es una cápsula erecta, ovada o redonda generalmente cubierta con espinas fornidas. Este fruto consta de cuatro arpelos que se abren al madurar derramando muchas semillas arrugadas y de color negro o café oscuro. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

Los frutos, las semillas y las plántulas son altamente tóxicas debido a que contienen alcaloides tales como hiosciamina, atropina y escopolamina.

Los signos clínicos de intoxicación causados por esta planta consisten en sequedad de la cavidad bucal, dilatación pupilar, pulso y respiración rápidos, contracciones convulsivas en los músculos de todo el cuerpo. Finalmente la respiración se hace lenta y el pulso débil, apareciendo la muerte como resultado de la asfixia (11, 12, 16).

FAMILIA: CONVULVULACEAE

Ipomoea carnea Jacq.

Nombre vulgar: Bejuco pupó, campanilla

Descripción taxonómica

Bejuco anual de 100 a 300 centímetros de longitud. Su raíz es pivotante y el tallo cilíndrico y leñoso. Las hojas son alternas, pecioladas, enteras, acorazonadas y suaves al tacto. La inflorescencia es axilar y las flores son lilas tubuloso-campanuladas. El fruto es una pequeña cápsula de color pardo que contiene varias semillas. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

Al partir el tallo de esta planta se observa la salida de un latex lechoso, el cual contiene alcaloides. Las máximas concentraciones de esta sustancia han sido encontradas cuando la planta llega a su estado de madurez. En potreros donde existe gran cantidad de esta maleza se ha observado que algunos terneros que la consumen por algún tiempo presentan trastornos locomotores, convulsiones, diarreas y dificultad respiratoria, muriendo algunos unas horas después de haberse iniciado la sintomatología.

cabe esperar en una enfermedad asfixiante. El color rojo oscuro o achocolatado de la sangre es un signo que constituye perfectamente a nivel de campo una ayuda diagnóstica. Este tipo de alteración puede ser tratada mediante la utilización de azul de metileno al 2% en solución acuosa a dosis aproximada de 10 ml. por cada 100 kilos de peso vivo, vía venosa. En lo posible el tratamiento debe acompañarse de la aplicación vía intrarruminal de 30 a 40 ml. de un antibiótico de amplio espectro. El mencionado tratamiento no necesita repetición; sin embargo, en casos severos, es conveniente aplicar a las 6 horas una segunda dosis equivalente a la mitad de la cantidad de ambas drogas utilizadas en el primer tratamiento.

Acido Cianhídrico:

Tiene la característica de que es muy volátil y por ende, cuando se encuentra en concentración, desaparece rápidamente al cortar el vegetal que lo contiene. De ahí que la posibilidad de producir intoxicación por este tipo de compuesto en relación con los nitratos es menor. Por otra parte, es significativamente inferior la cantidad de plantas que contienen este tipo de compuesto.

Cuando los ganados consumen material vegetal con altos niveles de ácido cianhídrico, el compuesto es absorbido por la corriente sanguínea y llevado a los diferentes tejidos orgánicos, donde produce bloqueo de las enzimas necesarias para la respiración celular, debido a que al combinarse con la hemoglobina forma cianometahemoglobina que es la sustancia creadora del problema. La sintomatología es también asfixi-

(Sin clasificación taxonómica hasta el momento. Posiblemente su nombre científico sea Julocroton argenteus)

Nombre vulgar: Cotorrera

Descripción taxonómica

Planta herbácea anual frecuente en tierras planas, bajas y cenagosas. La raíz es pivotante y el tallo es cilíndrico y semileñoso, con una altura aproximada a 150 centímetros. Sus hojas son elíptico lanceoladas de bordes lisos. Se reproduce por semillas.

Acción tóxica

Este vegetal acumula tanto en su tallo como en sus hojas, altas concentraciones de nitratos, especialmente durante la época de iniciación de lluvias

Las manifestaciones clínicas en los bovinos que consumen gran cantidad de la planta en fase de rebrote, corresponden a trastornos respiratorios de tipo asfíctico

FAMILIA: GRAMINEAE

Sorghum halepense (L.) Pers

Nombre vulgar: Pasto johnson

Descripción taxonómica

Pasto perenne frecuente en terrenos cultivados, potreros y bordes de caminos. Es una planta basta, considerada como "mala hierba", de 60 a 180 centímetros de altura que tiene numerosos estolones y rizomas gruesos y rugosos. El rallo tiene manchas rojas o moradas, se extiende en varias direcciones y produce raíces adventicias en los nudos inferiores. Las hojas son largas y estrechas, de forma linear-lanceoladas, de color verde oscuro brillante y con una prominente nervadura central. La longitud aproximada de estas hojas oscila entre 25 y 75 centímetros y su anchura es de 2.5 centímetros. El panículo floral es terminal, situado en el extremo libre del tallo y mide de 20 a 40 centímetros, portando numerosas semillas diminutas de color morado brillante o amarillo. Esta planta se reproduce por semillas, rizomas y estolones.

Acción tóxica

El pasto johnson puede adquirir una toxicidad extrema. En fase de crecimiento acumula glucósidos cianogenéticos cuyas concentraciones son causa de efectos letales en el ganado. La sintomatología en este tipo de intoxicación es preponderantemente de tipo respiratorio

FAMILIA: VERBENACEAE

Lippia nodiflora L. Minchx

Nombre vulgar: Orozd

Descripción taxonómica

Planta herbácea anual común en áreas no cultivadas y de suelos húmedos. Su raíz es pivotante y el tallo es erecto, cilíndrico y con una altura aproximada de 50 a 75 centímetros. Las hojas son opuestas con peciolo cortos y tienen forma ovalada con márgenes aserrados. Las flores pequeñas, son blancas o rosadas y se encuentran localizadas en cabezuelas cilíndricas de 1 a 2,5 centímetros de longitud, sostenidas por un pedúnculo axilar. El fruto, situado dentro de un cáliz diminuto, es lampiño y se separa en dos nuececillas. Se propaga por una semilla localizada en cada nuececilla.

Acción tóxica

Esta planta contiene principios hepatotóxicos que, de acuerdo con el grado de consumo y la intensidad con que actuen sobre el mencionado órgano, provocarán reacciones a nivel de piel que puede ir desde una simple dermatitis focal hasta una severa fotosensibilización o "quema"

Utilización de forrajes

1. Utilización del recurso forrajero para producción de ganado de carne. Lascano, C.
2. Programa de Pastos Tropicales - CIAT - Sección Utilización de Pastos. Informe de Actividades 1979. Carimagua. Hoyos, G.P. y Kleinheisterkamp, I.
3. El método de rendimiento comparativo para estimar rendimiento de materia seca en praderas. Haydock, K.P. y Shaw, N.H.



Nutrición animal con pastos Tropicales

1. Calidad de pasturas y nutrición. Lascano, C.
2. Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Harris, L.E.
3. Análisis del tejido de las plantas: Errores costosos que hay que evitar. Bowen, E.J.

CALIDAD DE PASTURAS Y NUTRICION

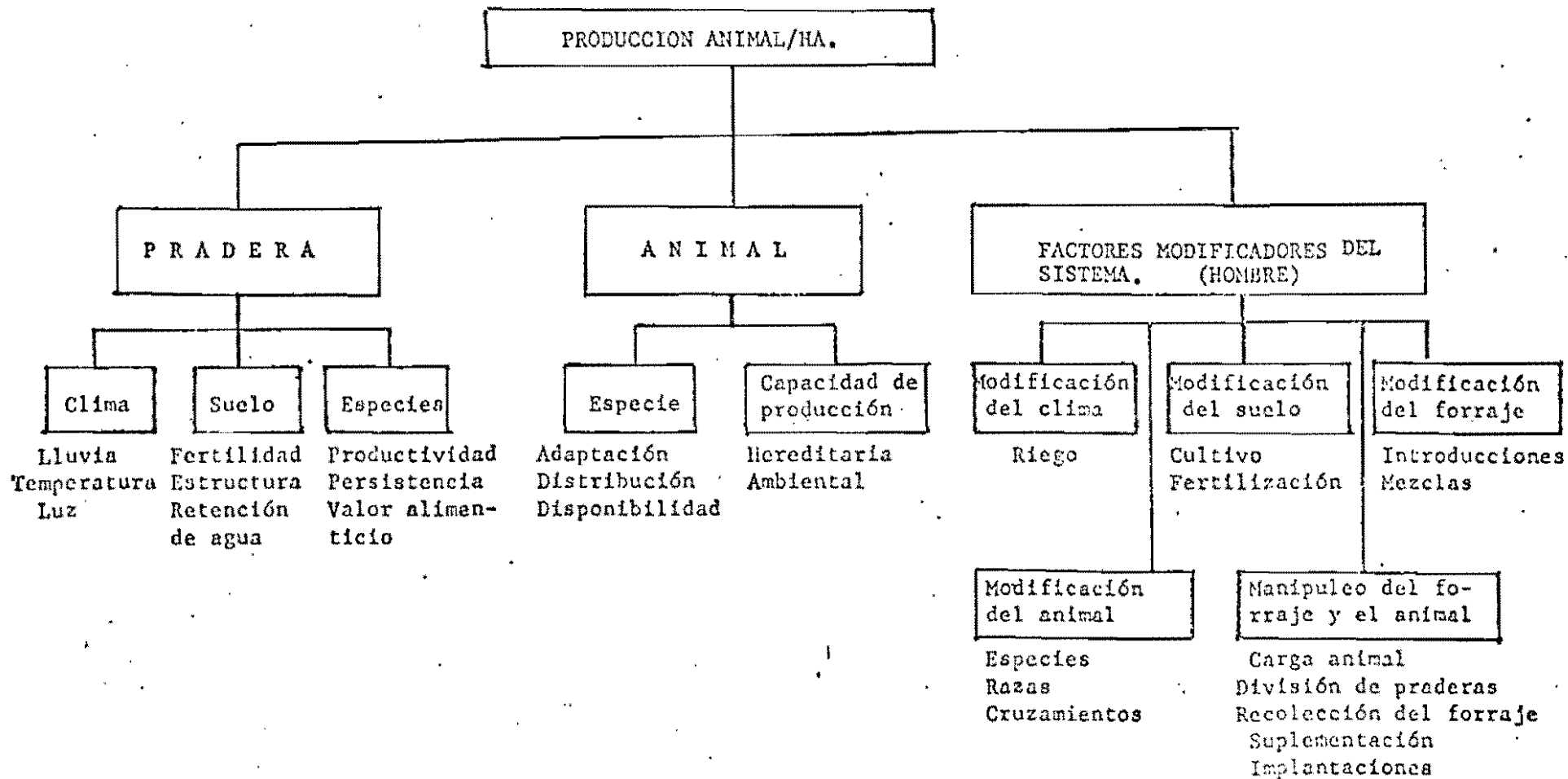
CIAT

Cuadros y Gráficos presentados en el IV Programa
De Adiestramiento Posgrado en Producción y Utili
zación de Pastos Tropicales

Febrero, 1981

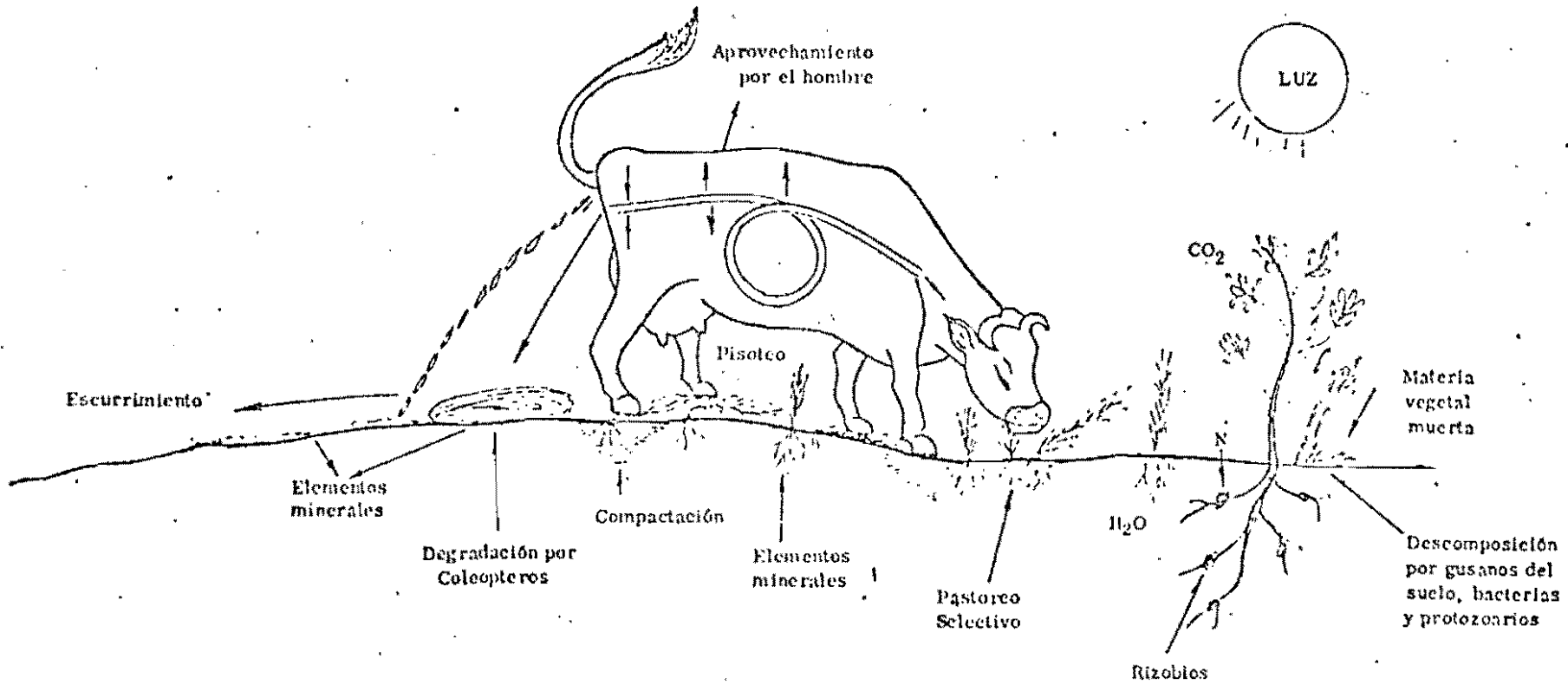
Carlos Lascano, Ph.D.

DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES QUE ACTÚAN SOBRE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ANIMAL EN PRADERAS



Sección 20 repaso

RELACIONES FUNDAMENTALES ENTRE EL AMBIENTE, EL SUELO, LAS PLANTAS Y LOS ANIMALES EN PASTOREO



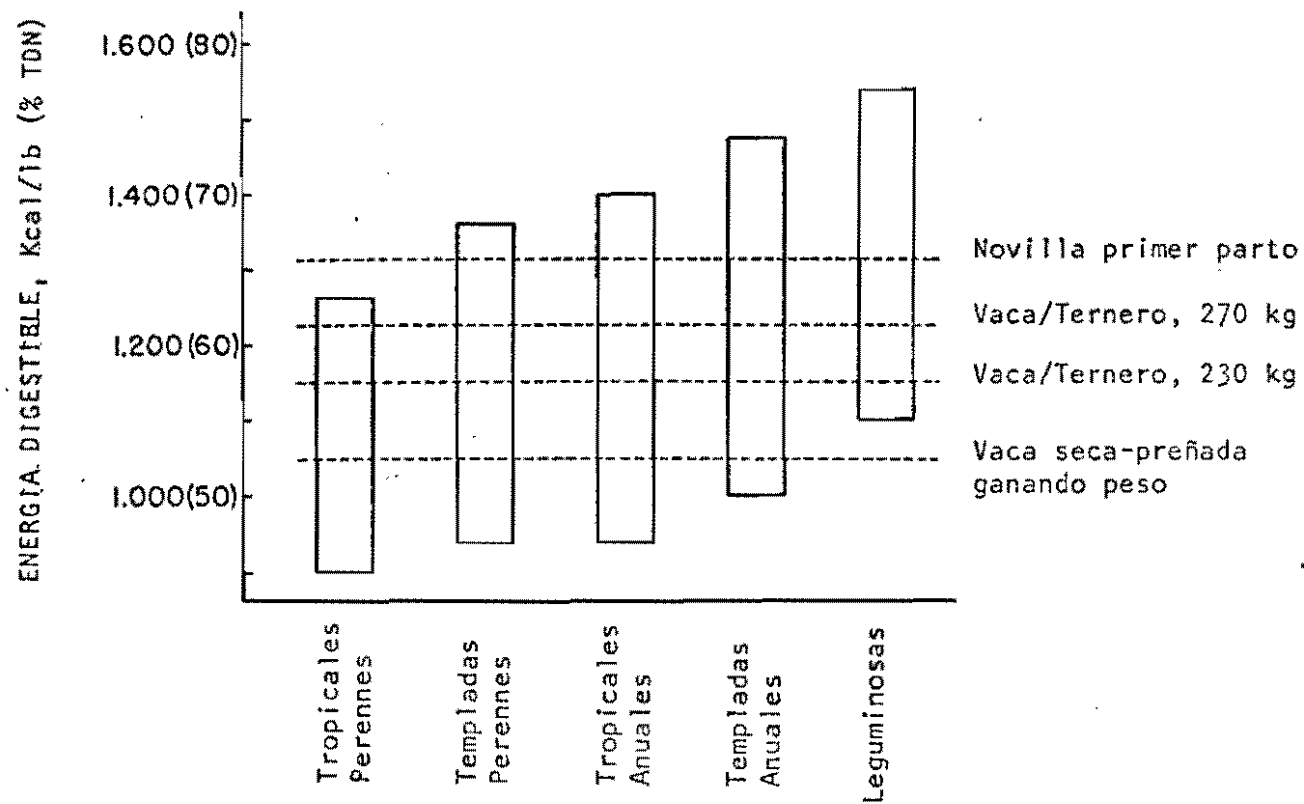


Figura: Rangos en energía digestible de varias clases de forraje para cubrir requerimiento de vacas.

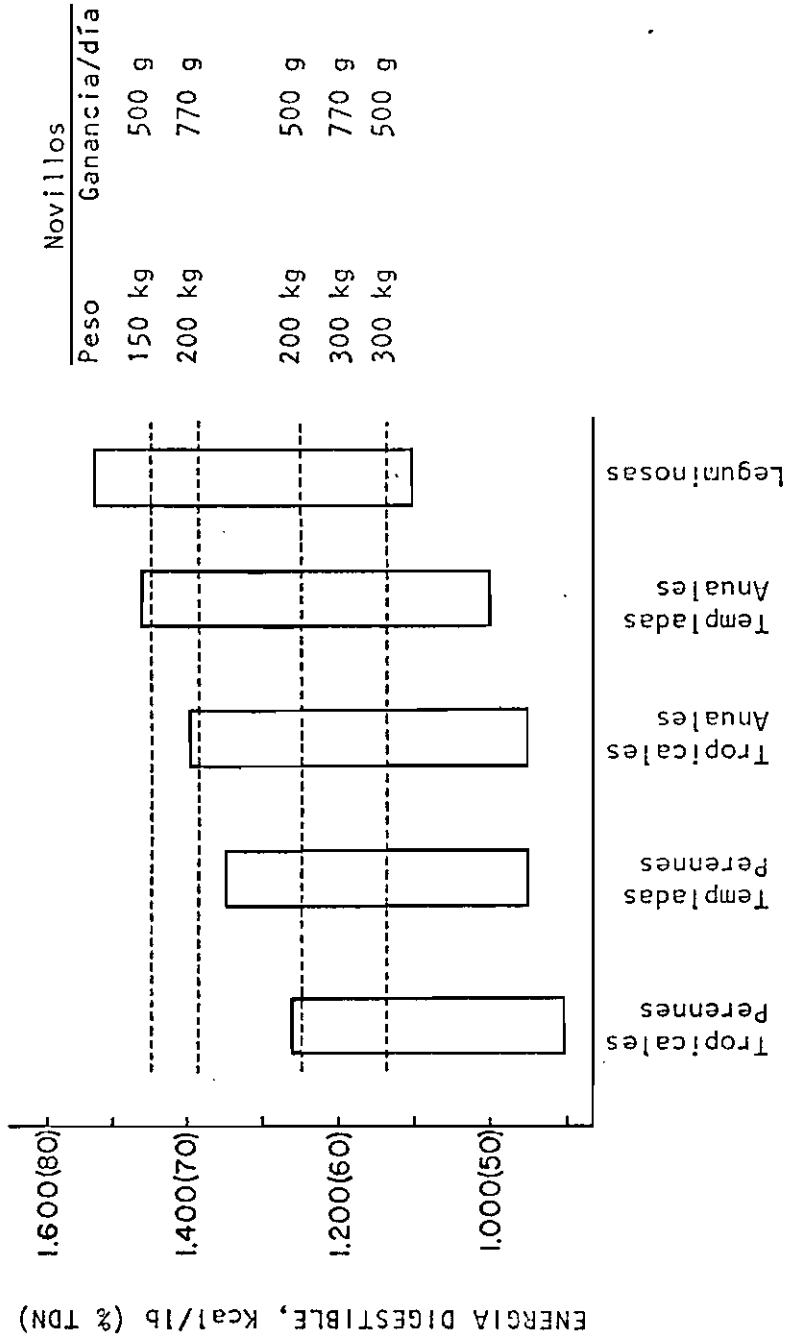
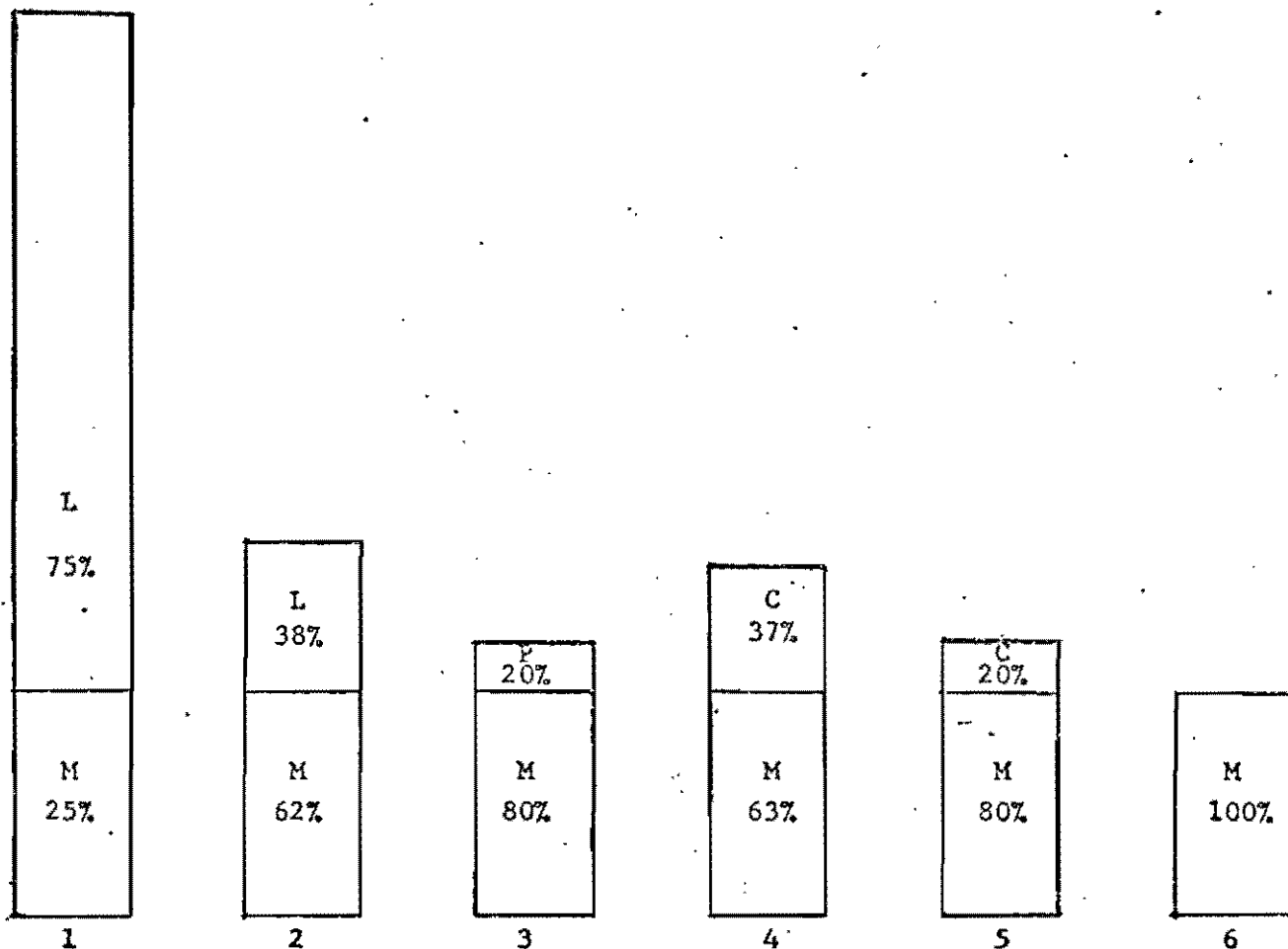


Figura: Rangos en energía digestible de varias clases de forraje para cubrir requerimiento de novillos.



Distribución del requisito de energía entre mantenimiento (M), preñez P, producción de leche (L) y crecimiento (C).

1 y 2 vacas lecheras produciendo 20 y 4 lts. de leche.

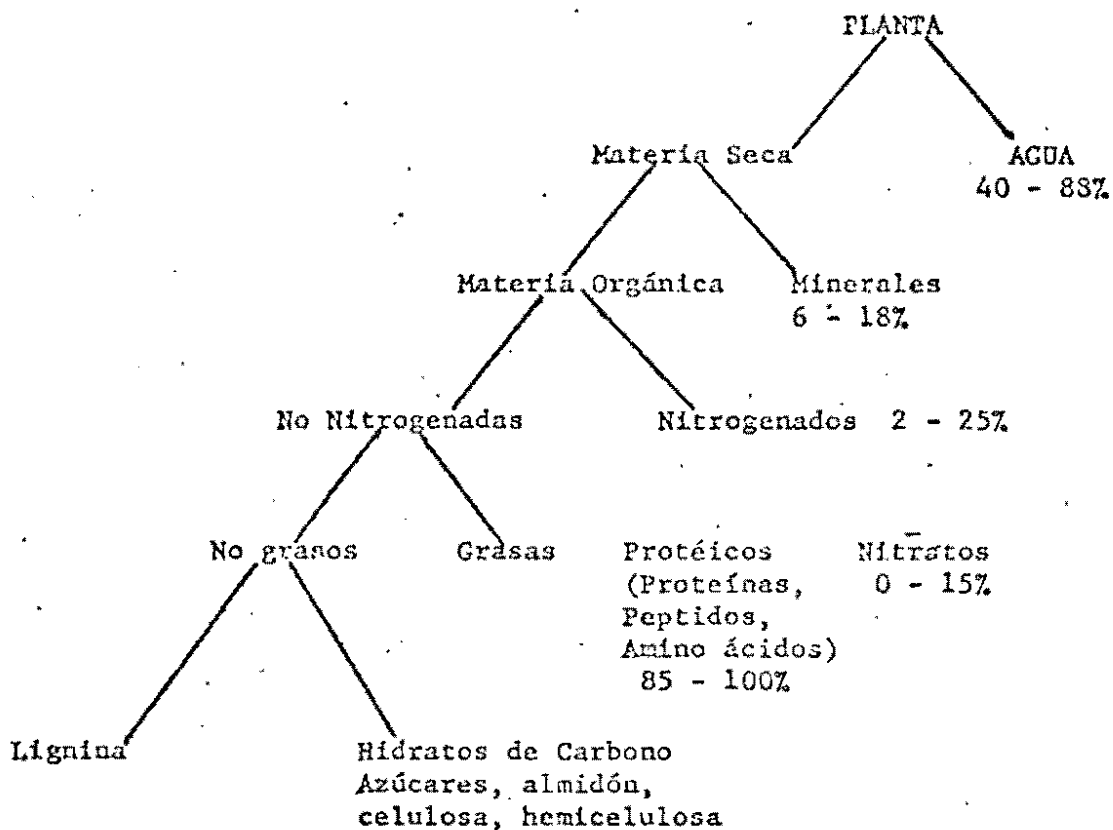
3 vaca seca en el último mes de gestación.

4 - 5 - 6 novillos ganando 700 - 300 y 0 g. de peso diarios.

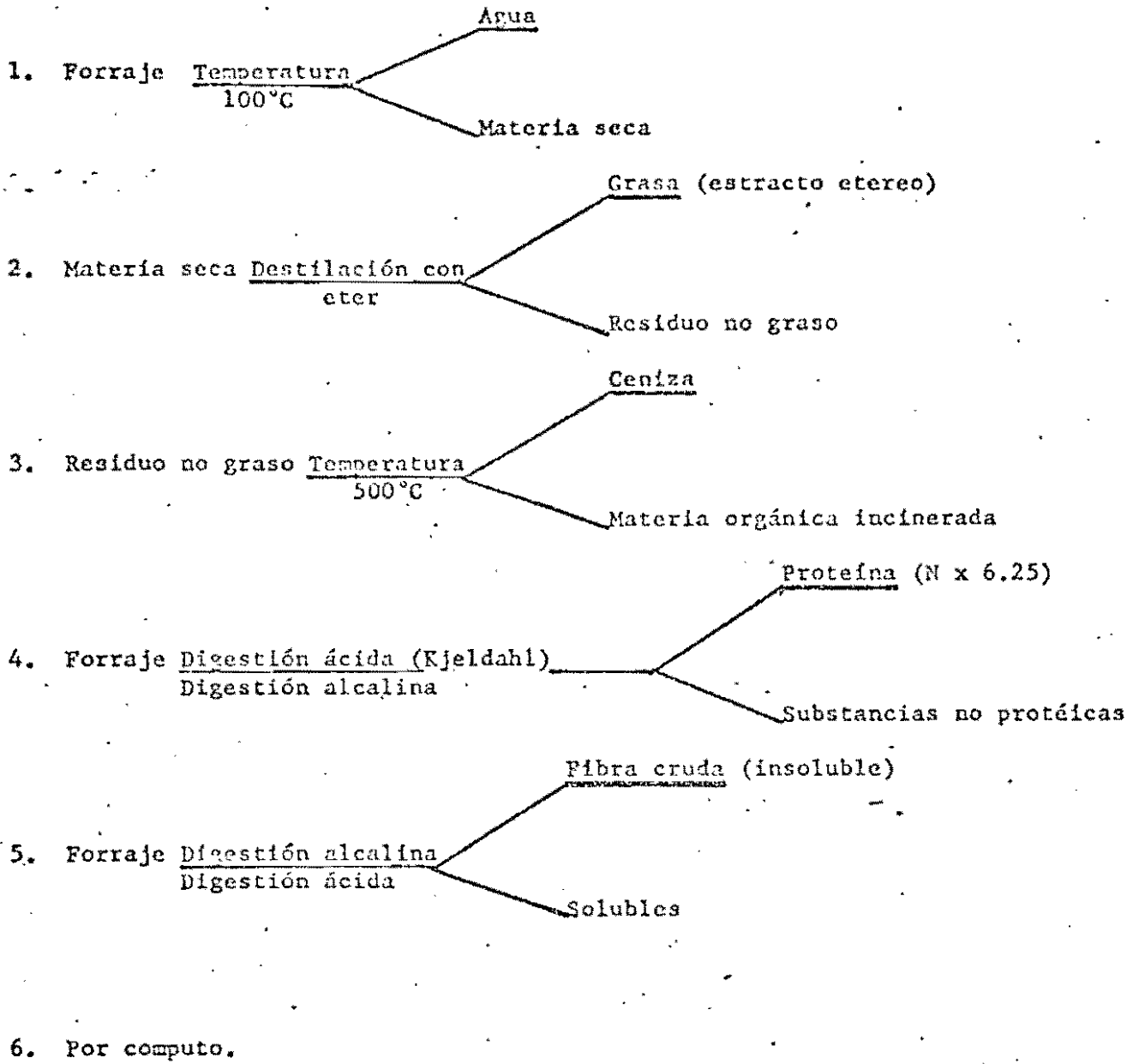
VALOR NUTRITIVO DE PASTOS

TROPICALES

COMPONENTES QUÍMICOS DE LOS FORRAJES



ESQUEMA DE ANALISIS DE WENDEE



Extracto no

$$= \text{Forraje} - (\text{agua} + \text{ceniza} + \text{proteína} + \text{fibra cruda})$$

nitrogenado

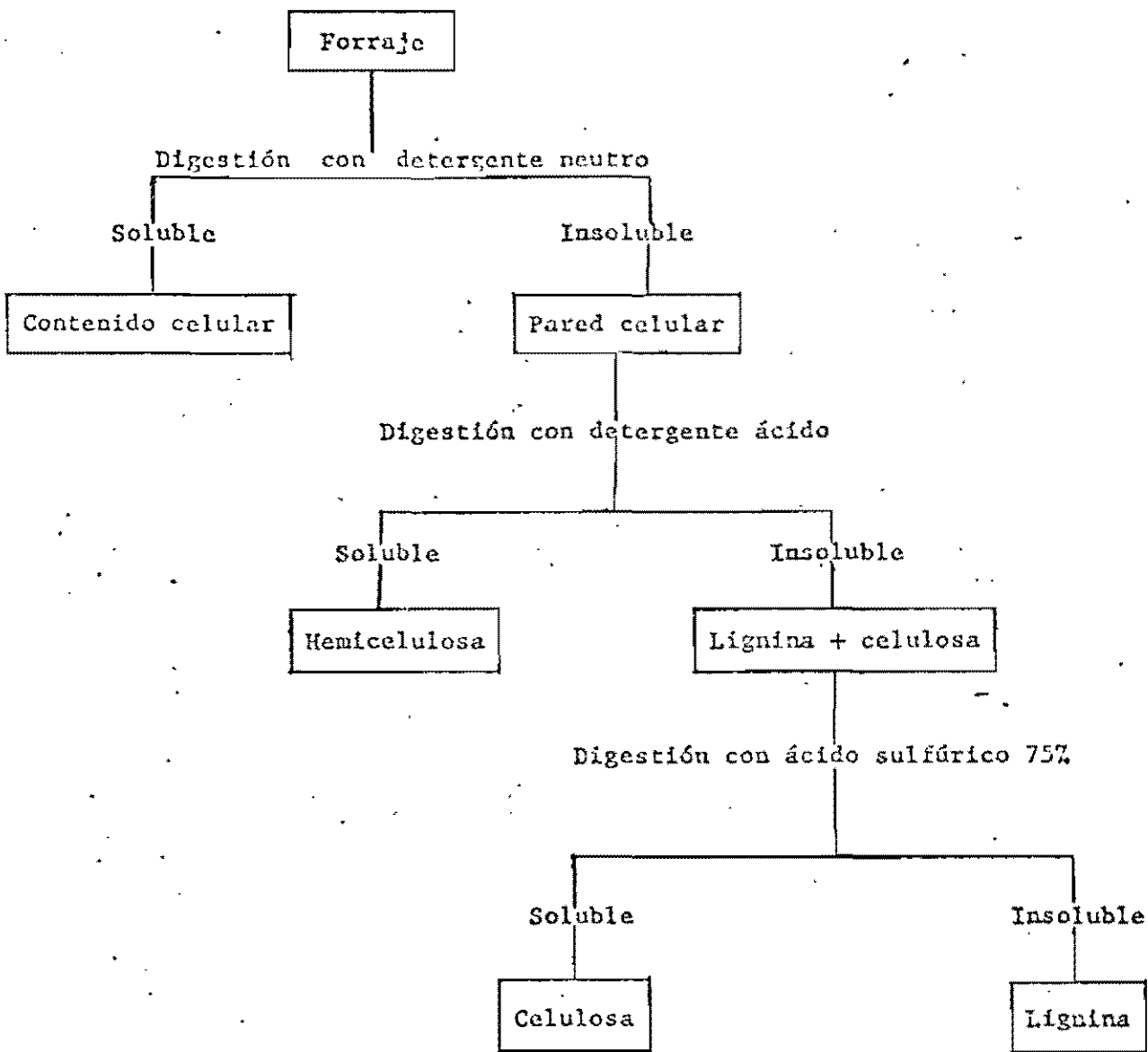
luego:

$\text{Forraje} = \text{agua} + \text{grasa} + \text{ceniza} + \text{proteína} + \text{fibra cruda} + \text{extracto no nitrogenado.}$
--

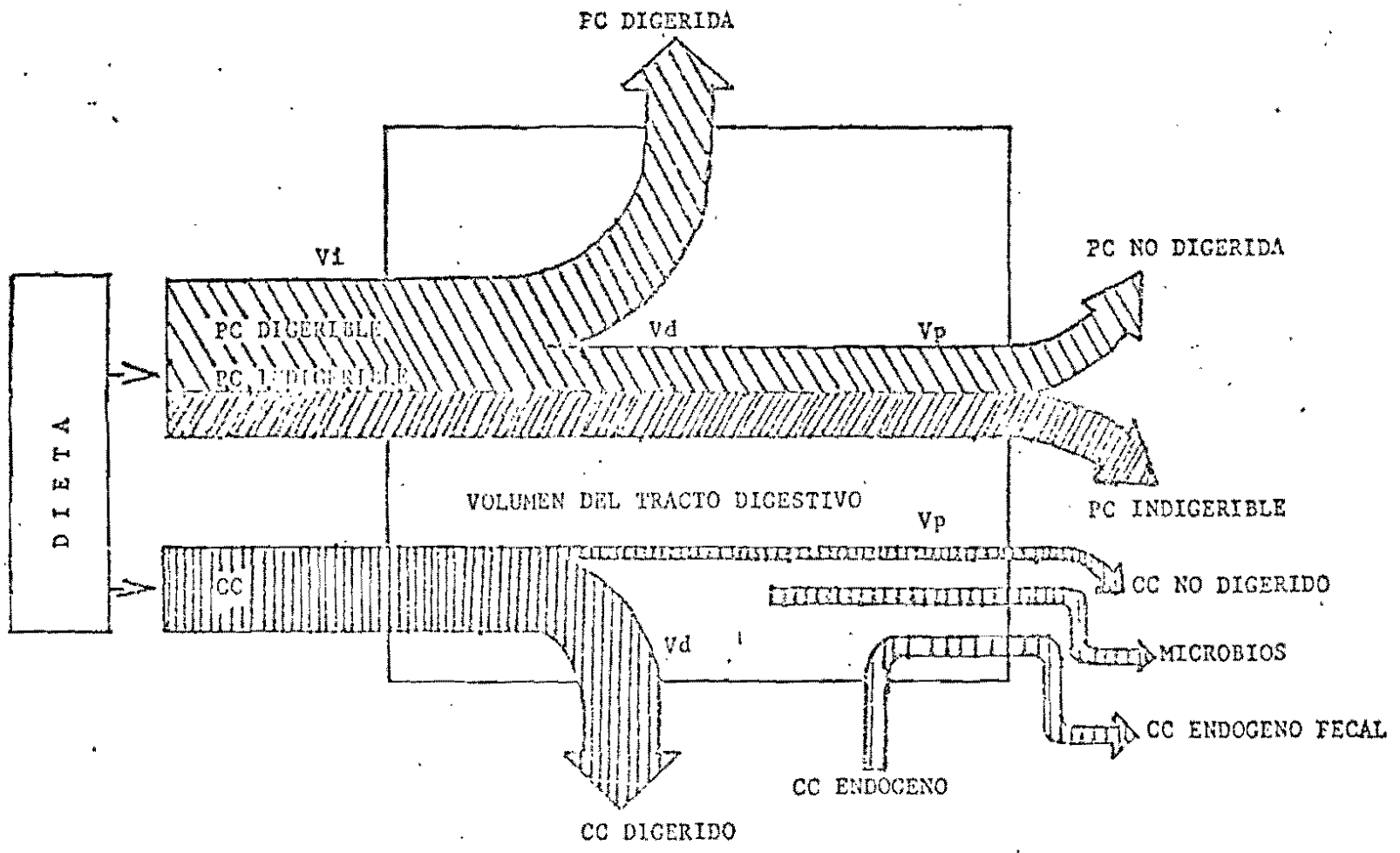
Tabla Efecto del método de fibra cruda en un alimento libre de grasa.-

Constituyente	Tratamiento con 1.25% H ₂ SO ₄	Tratamiento con 1.25% NaOH
Proteína	Extracción parcial	Extracción extensa
Azúcares y almidones	Extracción completa	-
Celulosa	Insignificante	Insignificante
Hemicelulosa	Extracción variable	Extracción extensa pero variable
Lignina	Insignificante	Extracción extensi- va pero altamente variable

ESQUEMA DE ANALISIS DE VAN SOEST



Adaptado de Crampton y Harris (1969) (Applied Animal Nutrition).



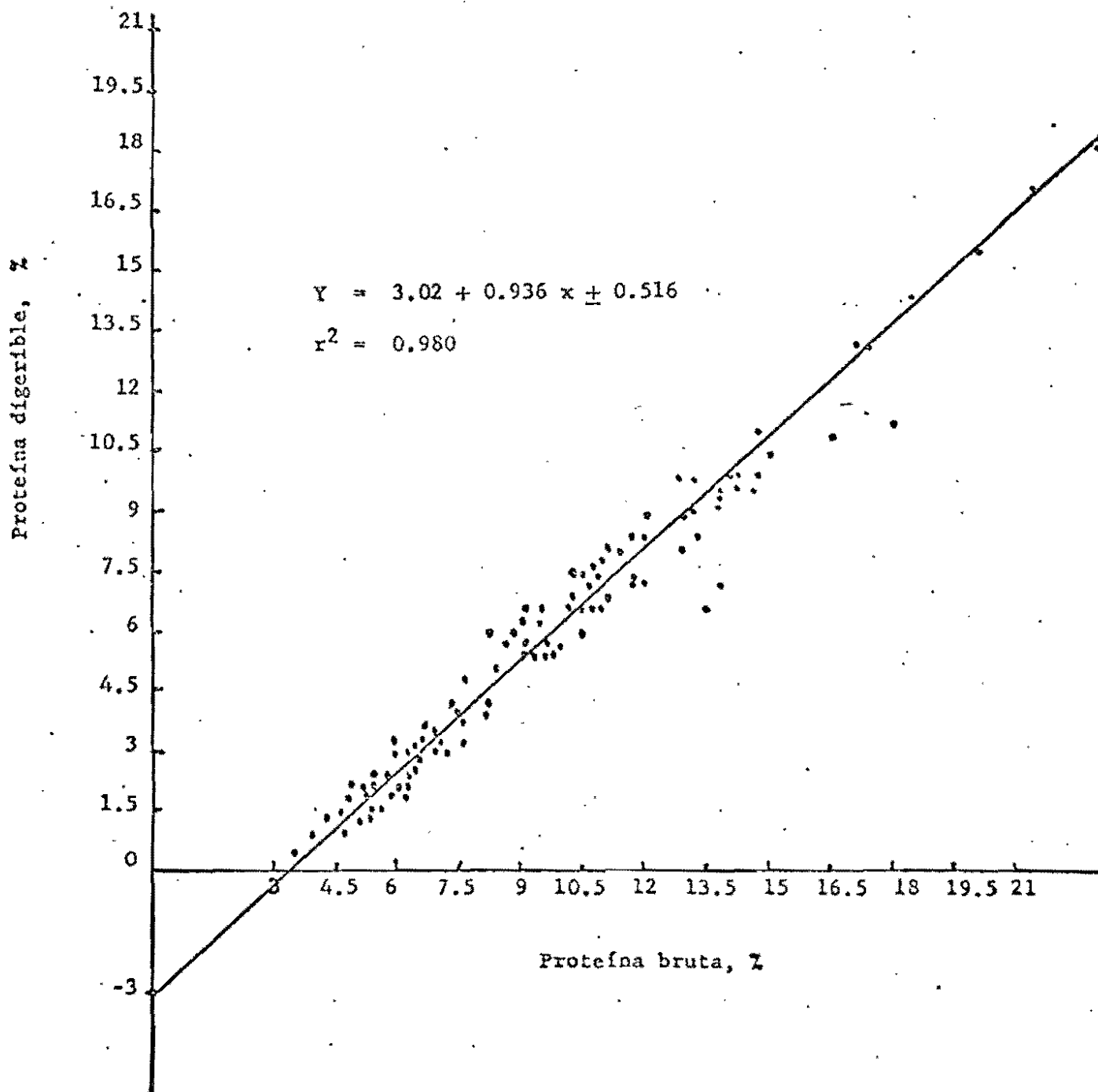
MOVIMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL FORRAJE EN EL TRACTO DIGESTIVO

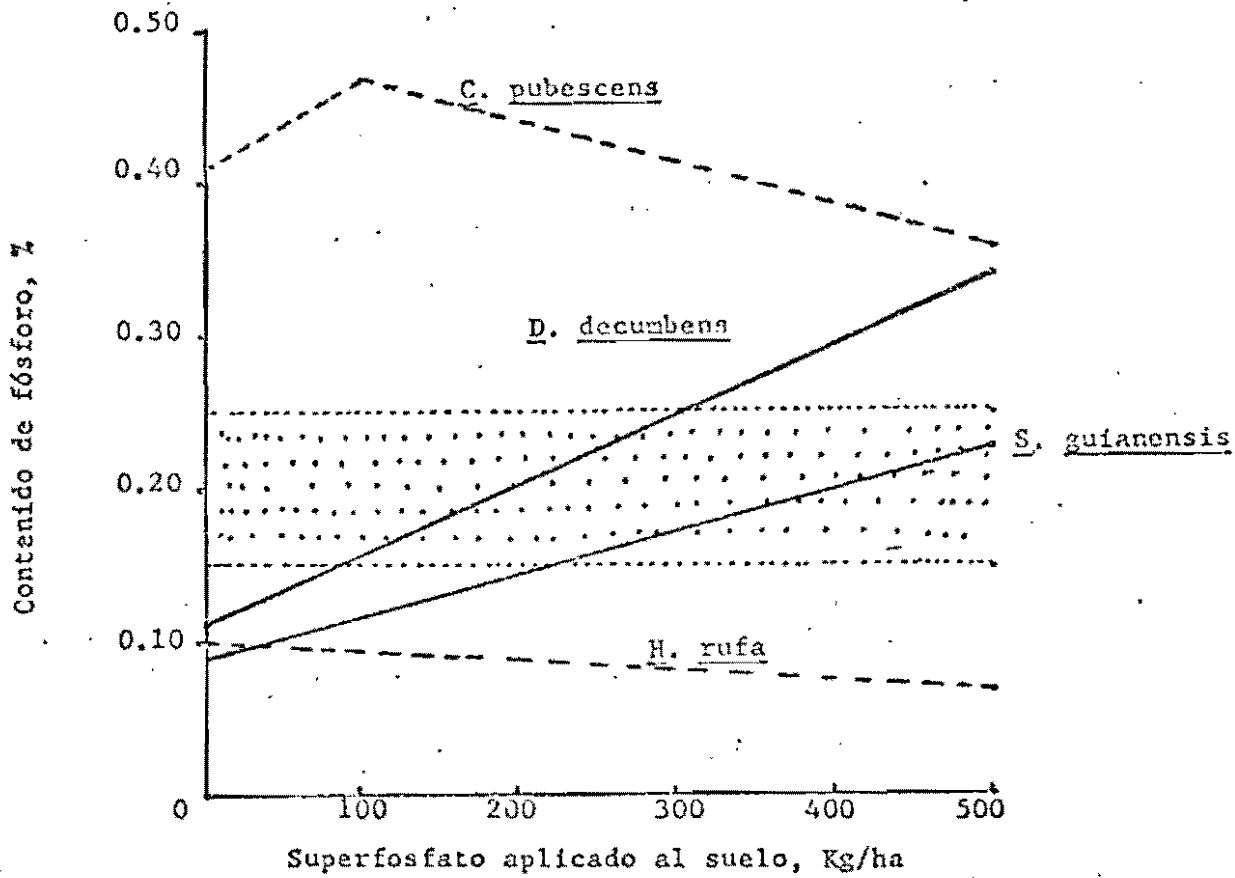
In vitro DM digestibility of plant parts of Desmodium distortum
(%)

Digestibilidad in vitro del Desmodium distortum

<u>Plant parts</u>	Porcentaje de la MS			
	Altura de la planta al corte, m			
	Height of the plant at cutting, m			
	<u>0.60</u>	<u>0.90</u>	<u>1.20</u>	<u>1.50</u>
Leaf Hoja	71.2	73.4	72.6	72.0
Petiole Pecíolo	64.6	65.1	62.8	61.5
Internodes 0-6 Entrenudos	73.6	69.8	68.9	59.4
Internodes 7-11	56.8	57.0	55.5	51.1
Basal internodes Entrenudos basales	45.8	44.4	44.5	42.6
Inflorescens Inflorescencia	-	-	69.7	60.4

Relación entre el contenido de proteína bruta y el contenido de proteína digerible en los forrajes de América Latina.





Contenido de fósforo de especies forrajeras en la selva peruana. La zona en puntos corresponde a los niveles necesarios para el crecimiento y reproducción del ganado (Adaptado de Santhirasegaram, 1976).

Efecto de la localización de la hoja sobre el contenido de N en P. maxima (adaptado de Wilson. Aust. J. Agric. Res. 27:343-354. 1976).

Días después de la expansión	Nivel de inserción (de abajo hacia arriba)				
	B	5	7	10	13
0	4.7	4.0	3.7	3.2	2.5
5	4.6	3.7	3.6	2.9	2.4
10	3.0	2.9	2.7	2.6	2.2
20	1.5	1.9	1.8	1.7	1.7

CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE CINCO GRAMINEAS
TROPICALES, SEPARADAS ENTRE HOJAS Y TALLOS.

(Adaptado de Laredo y Minson, Aust. J. Agric.
Res. 24: 875-888. 1973).

DIAS DE CRE- CIMIENTO.	HOJA	TALLO	DIFERENCIA
	CONSUMO, g M.S./ P. ⁷⁵		
47	69.4	48.9	- 20.5
74	50.9	34.8	- 16.1
89	53.0	26.3	- 26.7
	DIGESTIBILIDAD M.S., %		
47	59.6	61.1	1.5
74	50.8	54.0	3.2
89	47.5	52.2	4.7

Tabla Efecto de fertilización con nitrógeno en el contenido de proteína y digestibilidad de forrajes^a

Nivel de fertilizante kg/ha	Panicum coloratum		Cynodon dactylon var.Coastal	
	% PC	% dig	% PC	% dig
25	5.9	56.1	6.7	53.8
100	6.6	57.1	7.6	54.8
200	9.8	55.8	10.6	53.4
300	10.8	57.4	10.8	55.1

^a

Estación Experimental de Texas

✓

DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO DE TRES FORRAJES TROPICALES
 FERTILIZADOS CON 125 y 500 Kg N/ha DESPUES DE CADA CORTE
 (Adaptado de Minson, Aust. J. Exp. Agric. An. Hus.13:153-
 157 . 1973)

<u>Especie</u>	<u>125 Kg N</u>	<u>500 Kg N</u>	<u>Diferencia</u>
<u>Digestibilidad de la M.S. %</u>			
C. gayana	58.8	62.1	3.3 ns
D. decumbens	60.2	62.2	2.0 ns
P. clandestinum	58.3	59.4	1.1 ns
<u>Consumo de M.S. , g / P⁷⁵</u>			
C. gayana	63.0	66.3	3.3 ns
D. decumbens	61.3	65.4	4.1 ns
P. clandestinum	60.7	60.5	- 0.2 ns

Tabla Efecto de secamiento en la composición y digestibilidad de Rye grass inmaduro.

COMPONENTE	CONGELADO	SECO
	%	%
Pared celular	50.5	59.9
Contenido celular	49.5	40.1
Dig M S	74.0	69.0

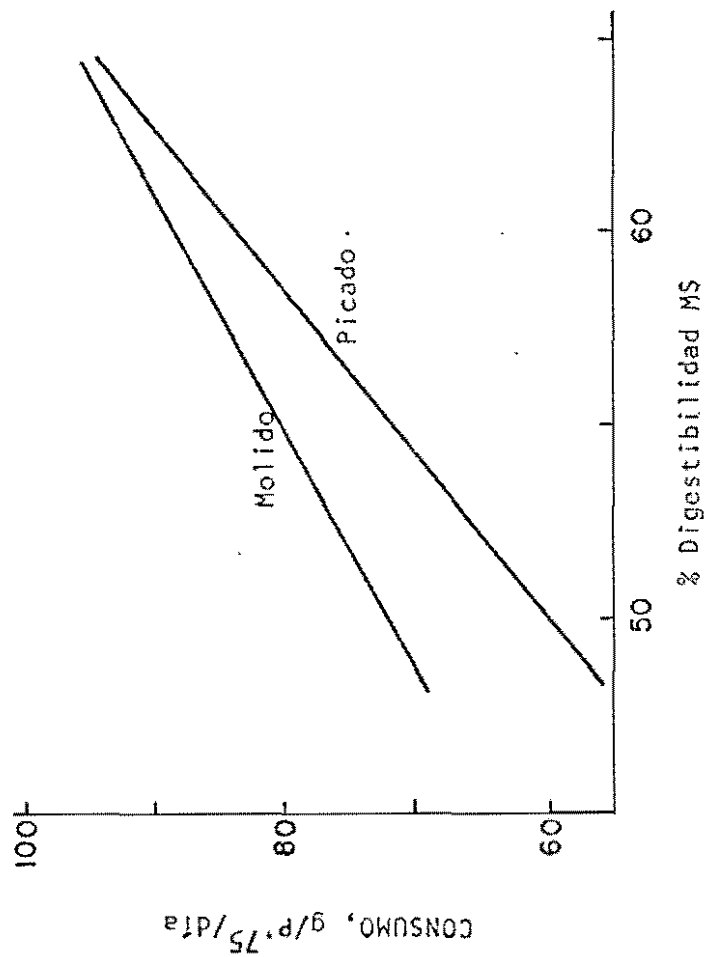
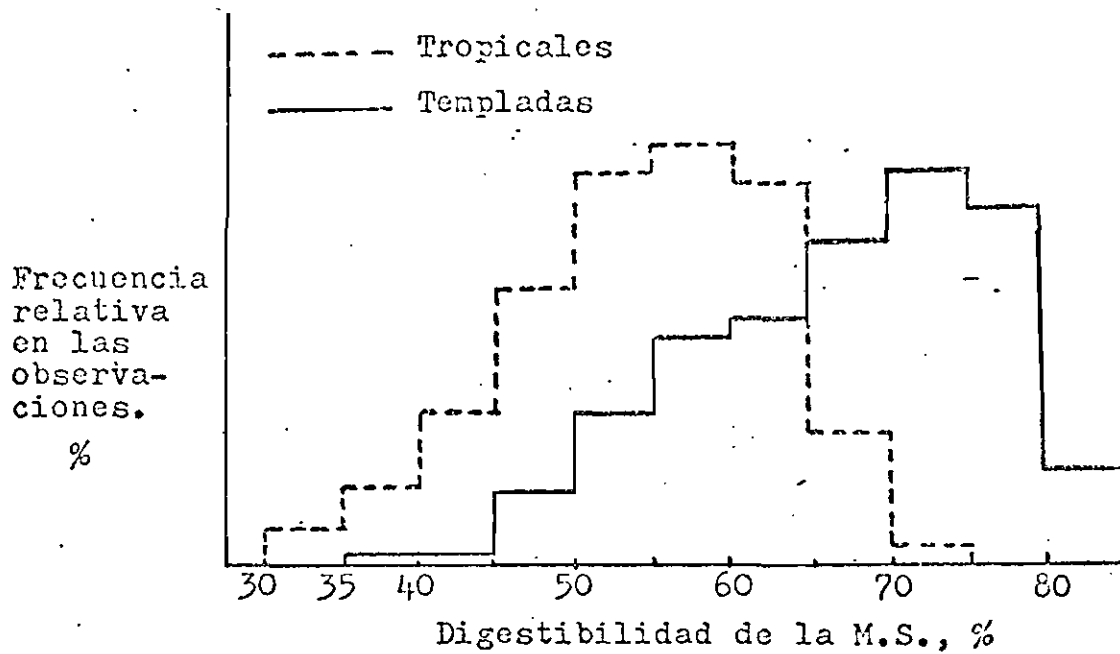


Figura: Efecto de forma física del forraje en relación consumo-digestibilidad.



Diferencias en digestibilidad entre forrajes de clima
 tropical y templado

(Tomado de Minson y McLeod. Proc. Int. Grass. Congress
 XI : 719-722. 1970)

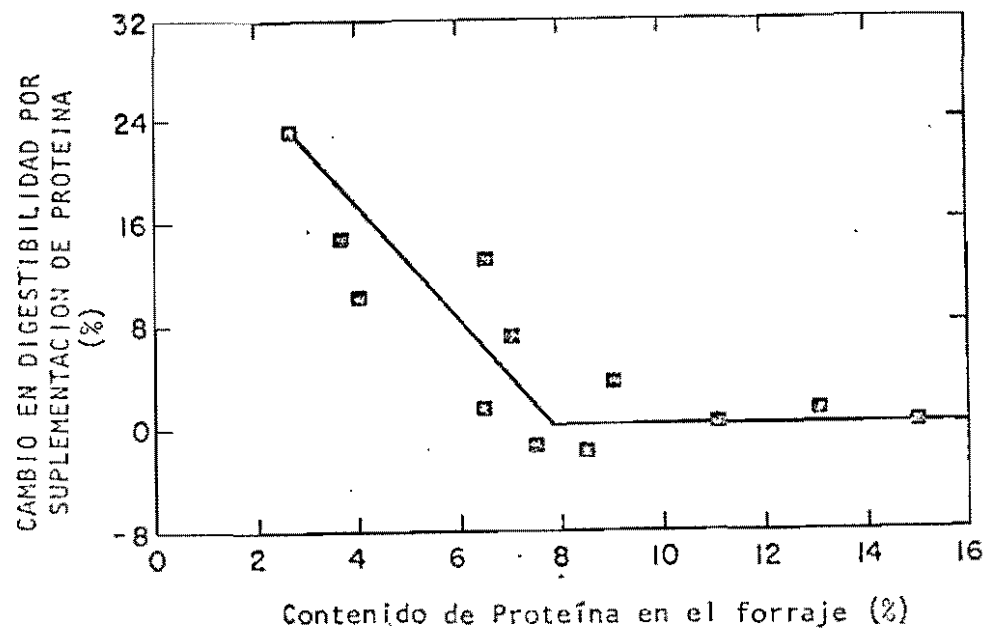
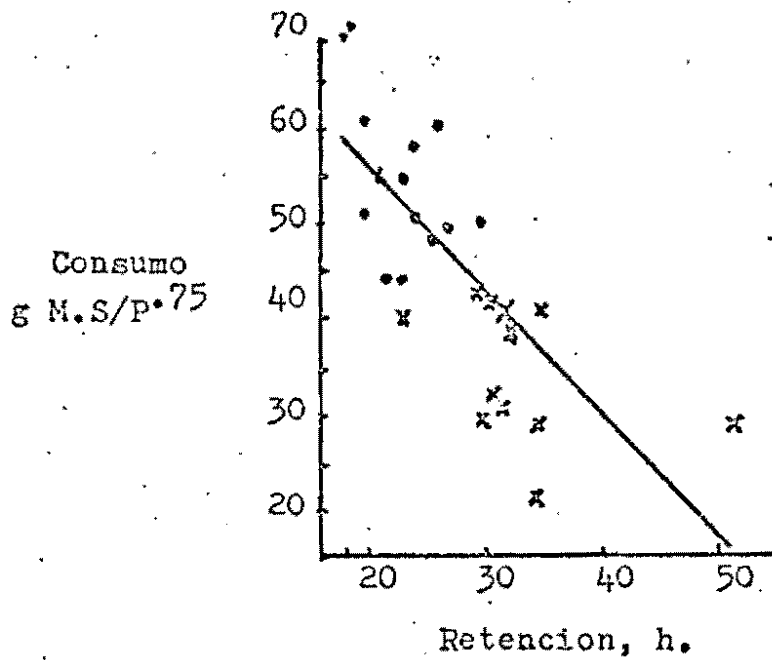
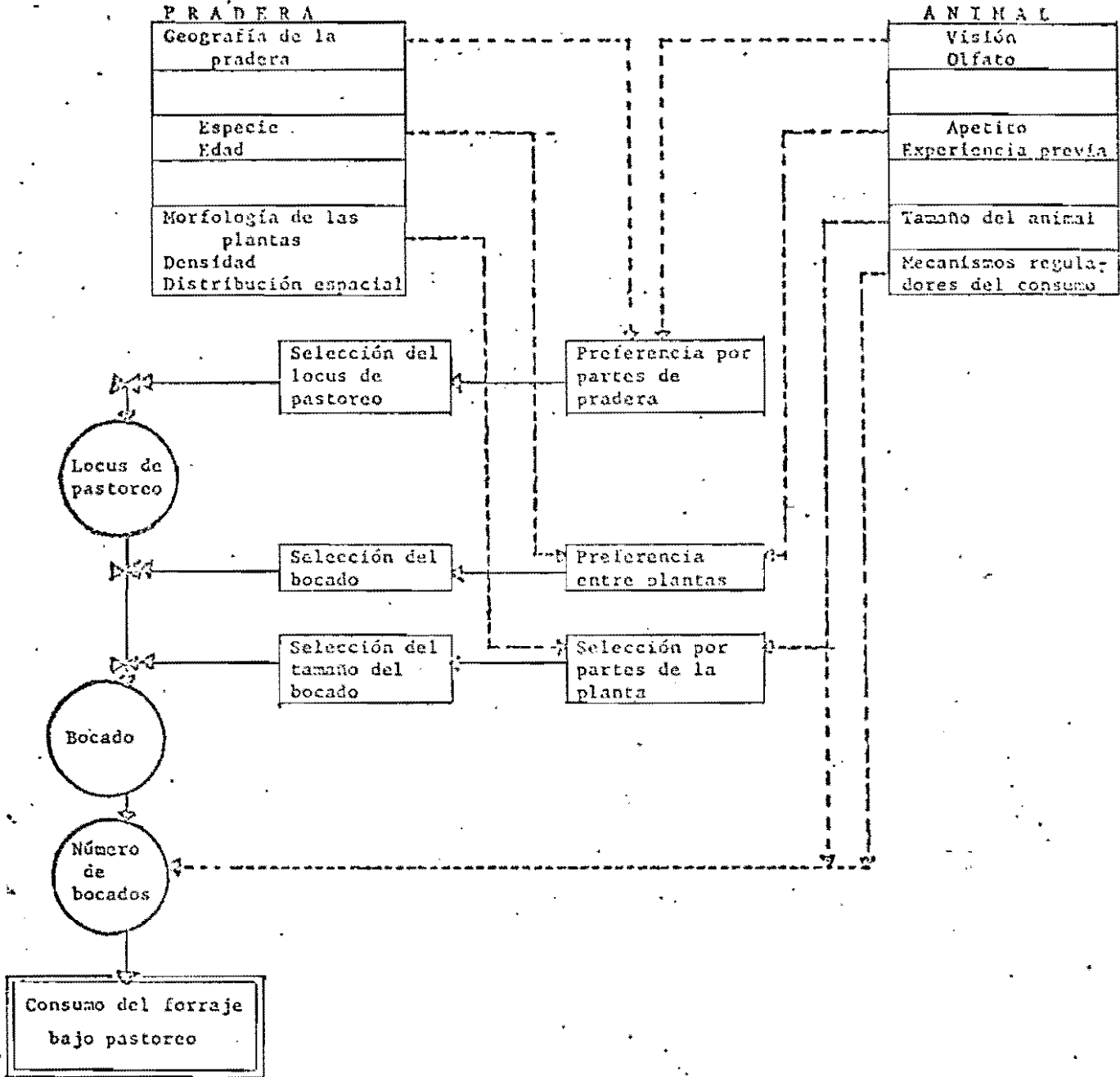


Figura: Nivel de proteína en el forraje necesario para que haya respuesta de suplementación de Nitrógeno en términos de digestibilidad.



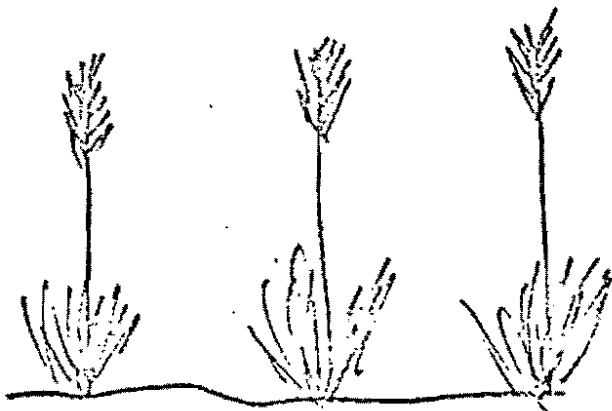
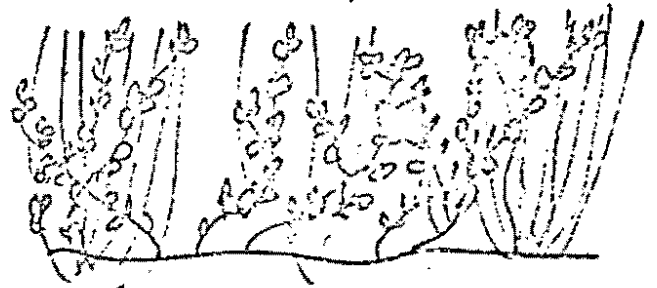
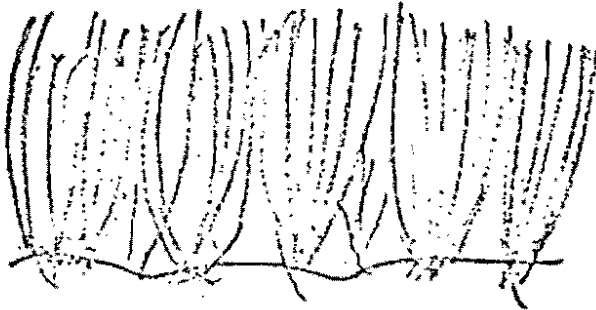
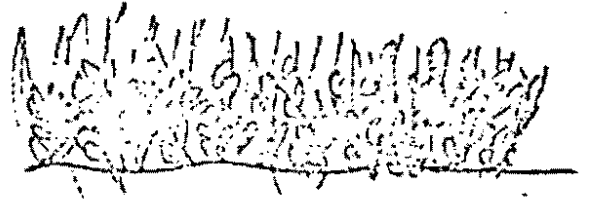
Relacion entre consumo de M.S. y tiempo de retencion de la M.S. ingerida, en el reticulo-rumen. Tomado de Laredo y Minson 1973.

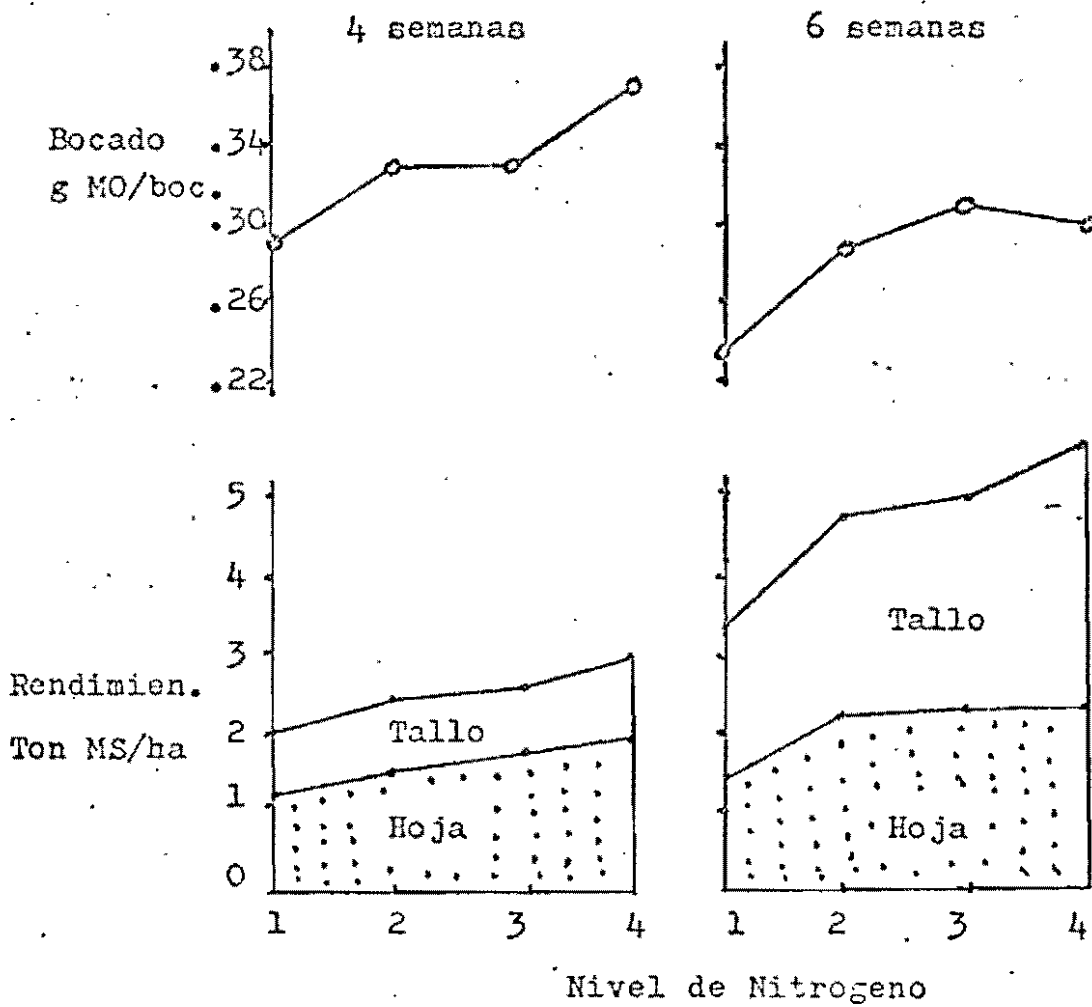
RELACIONES ENTRE LA PRADERA Y EL ANIMAL QUE
REGULAN EL CONSUMO BAJO PASTOREO



DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRADERA Y CONSUMO DE

FORRAJE POR EL GANADO





Tamaño de bocado y rendimiento de hoja y tallo del pasto *Setaria anceps*, Kazungula, fertilizado con Nitrogeno. Adaptado de Stobbs . 1973.

Densidad de hojas (DH) en pastos tropicales y templados

	IAP	Altura cm	DH/cm (LAF/cm)
<i>Setaria anceps</i>	8.5	80	0.121
<i>Pennisetum typhoides</i>	9.5	120	0.079
<i>Desmodium intortum</i>	5.5	50	0.110
<i>S. anceps/D. intortum</i>	4.2	38	0.114
<i>Lolium</i> spp.	8.0	24	0.333

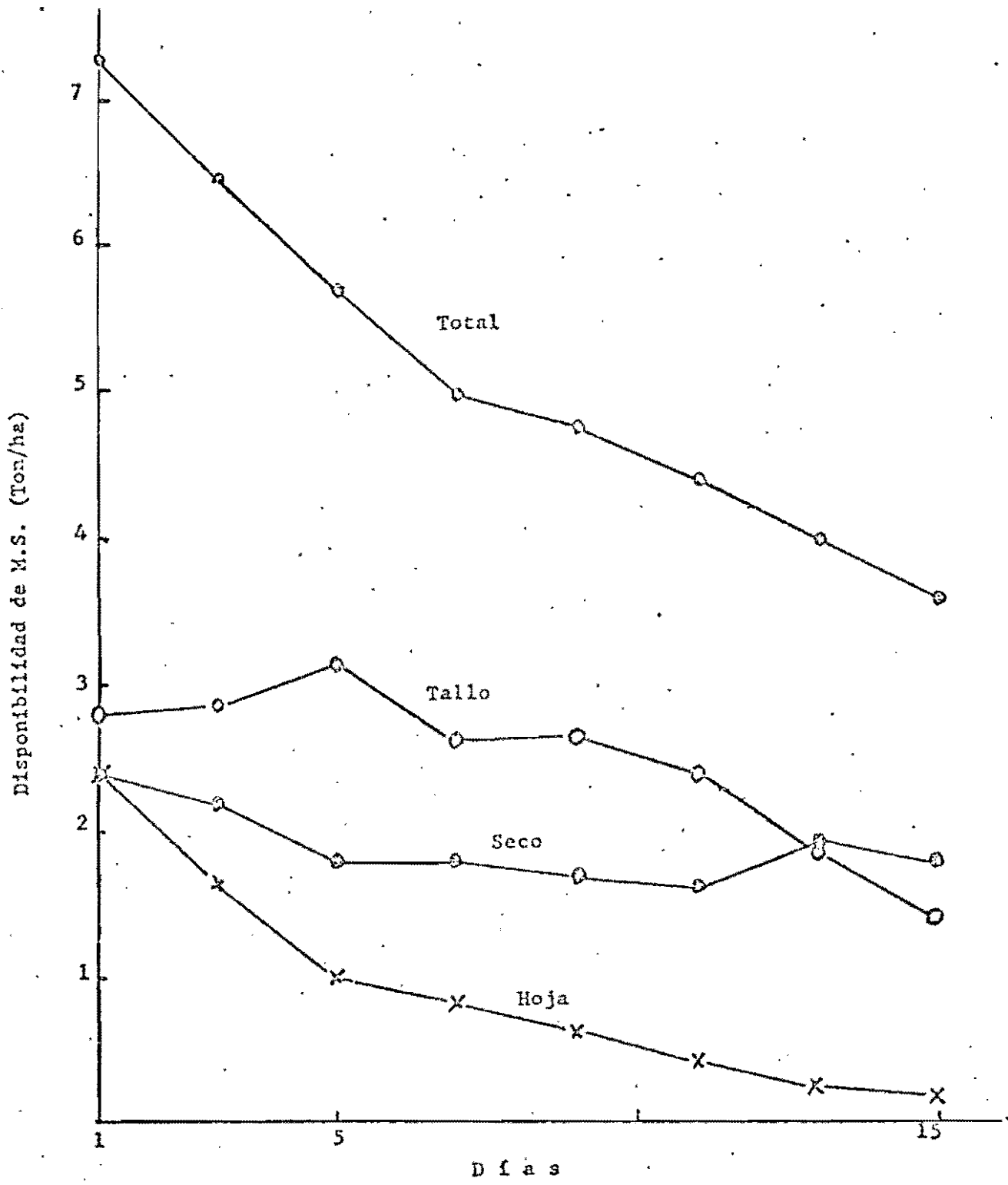
Adaptado de Stobbs 1973

✓
Tiempo de pastoreo y consumo de forrajes en pastoreo

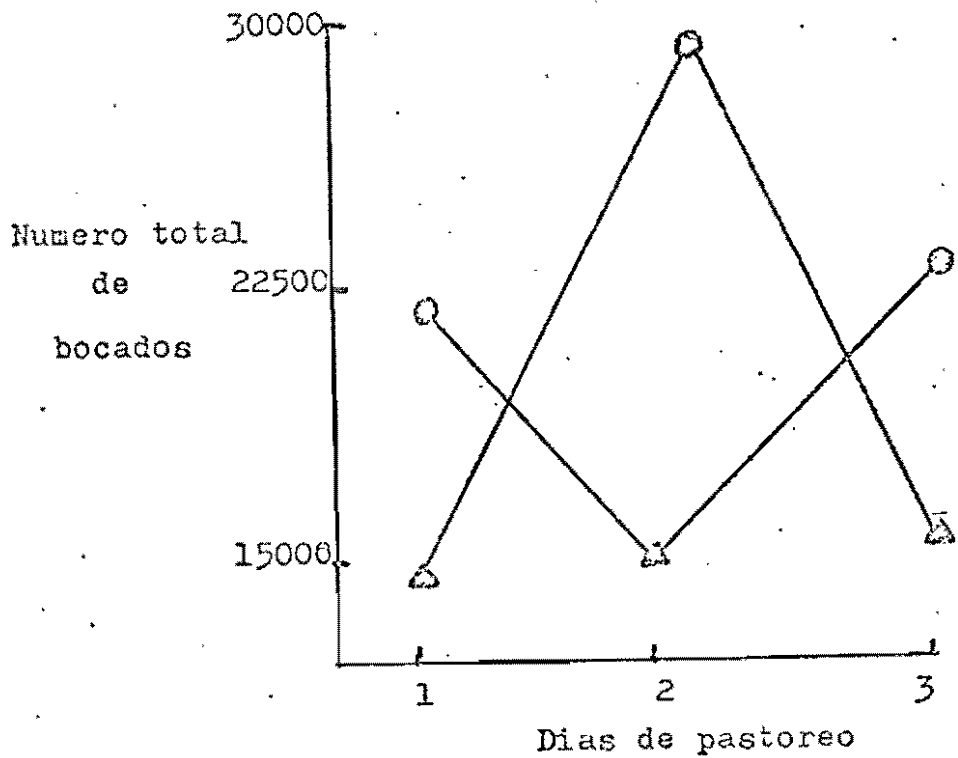
Adaptado de Stobbs 1974

Pradera	Tiempo de pas- toreo horas/día	Número de bocados* bocados/día	Tamaño de bocado g.MC/bocado
Templada, joven	7.7	28.800	0.43
Tropical, joven	9.4	44.530	0.34
Tropical, madura	11.2	61.700	0.17

* Número total de bocados (de consumo y rumia). Entre 50 y 50% de los bocados son de consumo



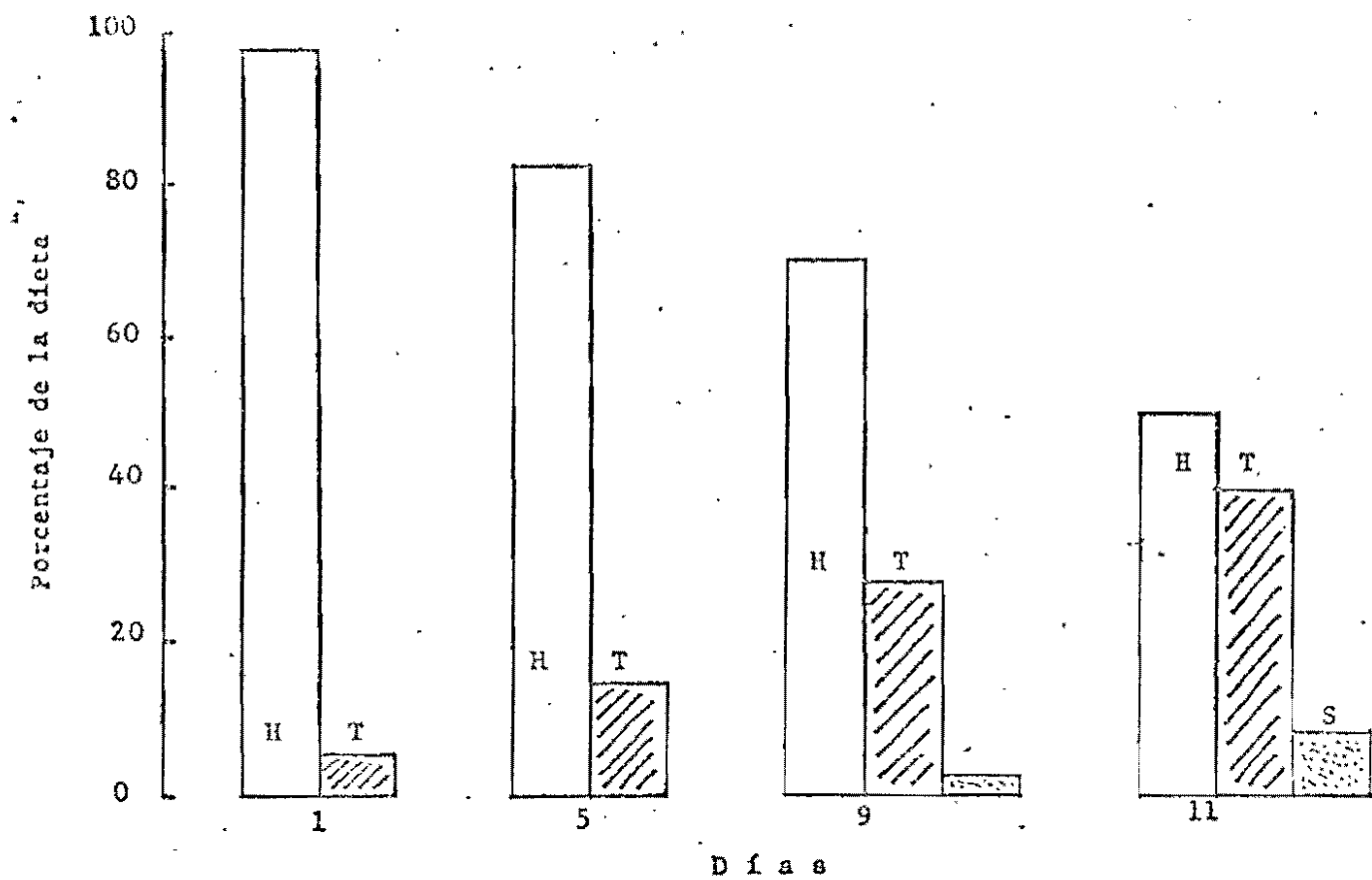
Disponibilidad de M.S. en una pradera de Setaria en varios estados de defoliación. (Adaptado de Chacón y Stobbs. 1976).



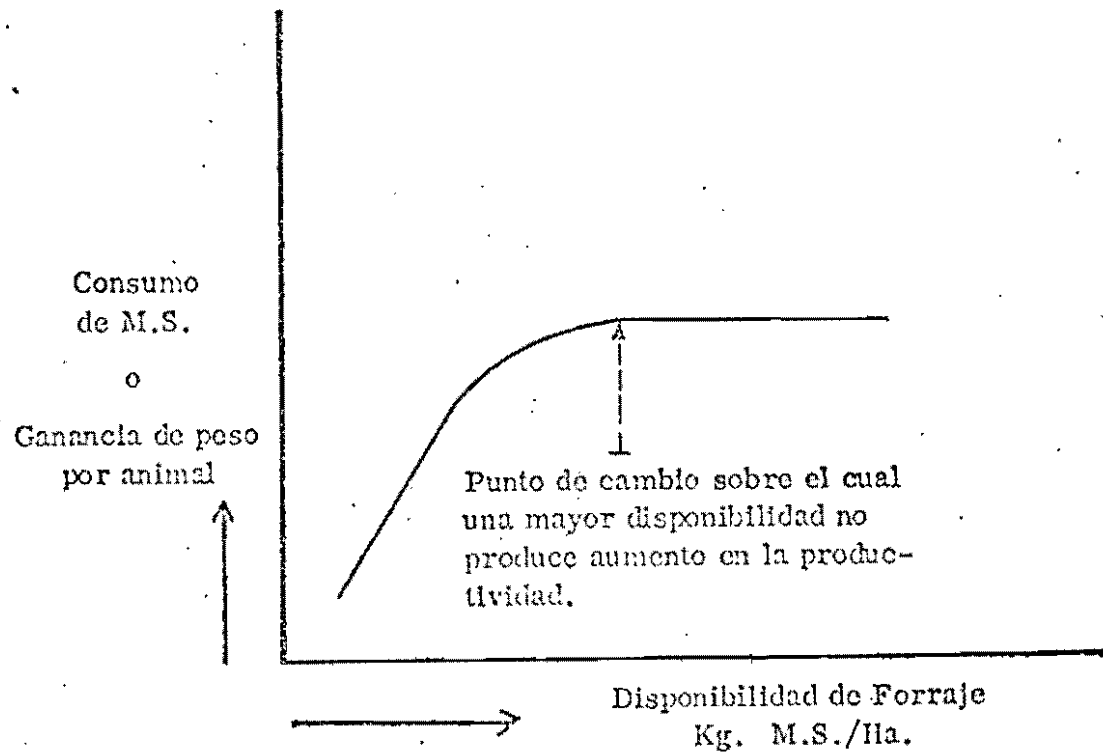
● . ● Setaria, madura

▲ . ▲ Cebada, tierna

Numero total de bocados por vacas secas en 380 minutos de pastoreo. Tomado de Stobbs 1974.



Composición porcentual de la dieta de vacas en una pradera de Setaria, defoliada continuamente. (Adaptado de Chacón y Stobbs. 1976.)



Relación General entre Disponibilidad de Forraje y Producción por Animal.

Handwritten note:
 10000-10000

Cuadro Caracterización química del suelo y tejido foliar de *Desmodium ovalifolium* 350 consumido y no consumido bajo pastoreo en Carimagua

Componente	Suelo		Tejido foliar ^a		
	Area de consumo	Area de no consumo	Componente	Consumido	No consumido
	\bar{X}	\bar{X}		\bar{X}	\bar{X}
pH	3.7	3.7	Taninos ^b (%)	20.2	31.3
Al (meq/100 g)	3.0	3.2	P (%)	.20	.11
P (ppm) Bray II	1.4	.7	K (%)	.89	.52
S (ppm)	16.0	11.7	Ca (%)	.91	.92
Ca (meq/100 g)	.28	.10	Mg (%)	.20	.26
Mg (meq/100 g)	.06	.04	S (%)	.17	.09
K (meq/100 g)	.09	.06	Proteína (%)	16.4	10.2
			DIVMS (%)	51.6	45.4

a/ Promedio de dos muestreos realizados 3 y 5 meses después de iniciado el pastoreo (Febrero, 1980)

b/ Catequinas equivalentes

Cuadro Efecto de época del año en la digestibilidad *in vitro* de gramíneas bajo pastoreo continuo en Carimagua

Gramínea	Parte planta	Epoca del año		
		Inicio ^a 1 lluvia	Final ^b 1 lluvia	Inicio ^a 1 sequía
-----% DIVMS-----				
<i>B. decumbens</i>	Hoja	71.0 ± 4.9	69.0 ± 3.1	60.9 ± 4.6
	Tallo	60.0 ± 6.4	54.0 ± 3.9	49.3 ± 3.3
<i>B. humidicola</i>	Hoja	76.5 ± 1.9	63.9 ± 2.1	54.6 ± 3.7
	Tallo	60.0 ± 2.0	56.9 ± 1.8	47.2 ± 1.2
<i>A. gayanus</i>	Hoja	57.3 ± 3.6	53.2 ± 3.9	44.2 ± 2.8
	Tallo	62.2 ± 3.4	48.8 ± 4.6	33.8 ± 3.8
<i>P. maximum</i>	Hoja	-	51.7 ± 4.3	40.4 ± .7
	Tallo	-	43.9 ± 3.3	25.2 ± 2.0

- a Muestreo Mayo 1980
- b Muestreo Octubre 1979
- c Muestreo Enero 1980

Cuadro . Proporción de leguminosa y contenido de proteína del forraje disponible, caracterización de lo consumido por animales fistulados del esófago y cambios de peso de novillos en diferentes pasturas durante la época seca en Carimagua*.

Pastura	F o r r a j e					Cambio de peso
	Disponible		Consumido		g/an/d	
	Leguminosa	Proteína	Leguminosa**	DIVMS		
	-----%					
<i>A. gayanus</i>	—	2,4	—	49,1	4,2	- 21
<i>A. gayanus</i> + <i>S. capitata</i> 1405	34	5,1	26	47,2	6,3	+224
<i>A. gayanus</i> + <i>S. capitata</i> 1019 + 1315	67	6,5	31	41,7	6,6	+173
<i>A. gayanus</i> + Kudzu	58	6,7	73	45,9	9,8	+209
<i>A. gayanus</i> + <i>Z. latifolia</i> 728	4	2,7	1	43,2	4,6	+ 9

* Período 12 de Diciembre a 8 de Abril (117 días de pastoreo con 1 an/ha)

** Presencia en extrusa esofágica.

Cuadro . Digestibilidad *in vitro* de partes de planta en asociaciones gramíneas y leguminosas en época seca en Carimagua^{a/}.

Pastura	Componente	Parte de planta			
		Hoja	Tallo	MM ^{b/}	IC ^{c/}
-----% DIVMS-----					
<i>Andropogon gayanus</i>	Gramínea	51,7	43,4	35,1	—
<i>Andropogon gayanus</i> + <i>Stylosanthes capitata</i>	Gramínea	47,8	38,9	32,4	—
	Leguminosa	65,2	37,2	30,4	65,2
<i>Andropogon gayanus</i> + <i>Stylosanthes capitata</i>	Gramínea	54,9	41,8	33,2	—
1019 + 1315	Leguminosa	63,3	41,0	36,0	64,8
<i>Andropogon gayanus</i> + Kudzu	Gramínea	48,0	41,7	33,4	—
	Leguminosa	56,7	50,0	41,2	59,9
<i>Andropogon gayanus</i> + <i>Zornia latifolia</i>	Gramínea	53,4	51,8	39,0	—
	Leguminosa	—	48,4	43,5	—
Promedio	Gramínea	51,2	43,5	35,8	—
	Leguminosa	61,7	44,1	37,8	63,3

^{a/} Muestreo Febrero 1980.

^{b/} Materia muerta

^{c/} Inflorescencia.

Cuadro Disponibilidad de materia seca total en mezcla de *A. gayanus* + *D. ovalifolium* bajo dos estados de madurez (Quilichao)

Días en pastoreo	No. de obs.	Inmaduro	Maduro	Promedio
		-----kg MS/ha-----		
Inicio	36	4.558 [±] 388	5.659 [±] 98	5.109
2 días	36	3.930 [±] 258	4.164 [±] 251	4.047
Promedio		4.244	4.911	

Cuadro Presión de pastoreo ejercida en pastoreo de mezcla de *A.gyanus* + *D.ovalifolium* bajo dos estados de madurez (Quilichao)

Días en pastoreo	No.de obs.	Inmaduro ^a	Maduro ^b	\bar{X}
		-----kg MS/100 kg PV-----		
Inicio	12	27.4 [±] 3.9	16.8 [±] .7	22.1
2 días	12	36.8 [±] 4.2	19.6 [±] .8	28.2
\bar{X}		32.1	18.2	

a Area/parcela 360 m²
 b Area/parcela 180 m²

Cuadro . Efecto de suplementación de nitrógeno o leguminosa en el consumo de materia seca de gramínea y nutrimentos digeribles totales.

Tratamiento	Control	Suplemento	
		MS gramínea	Nutrimentos digeribles
		-----g/P ^{0.75} /día-----	
1. <u>Sabana nativa</u> ^{a/}	45,4	—	15,0
Melaza + Urea	—	60,9	27,4
+ Algodón	—	56,3	29,5
2. <u>Melinis minutiflora</u> ^{b/}	38,4	34,1	15,6
+ <i>Stylosanthes guianensis</i>	—	—	25,6

^{a/} Sabana nativa época seca: 9,3 y 7,0 g/P^{0.75}/an/día de torta de algodón y melaza-urea, respectivamente

^{b/} *Melinis minutiflora* época seca: 20% de lo ofrecido fue *Stylosanthes guianensis*.

Cuadro . Digestibilidad *in vitro* de forraje disponible en sabana nativa + bancos de Kudzu a finales de invierno en Carimagua^{a/}.

Tratamiento	Sabana nativa		Kudzu	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
	-----% DIVMS-----			
<u>Sabana + banco de Kudzu</u>				
Carga baja	25,4	21,7	49,4	43,9
<u>Sabana + banco de Kudzu</u>				
Carga alta	24,0	24,2	45,1	41,0

^{a/} Muestreo Octubre 1979.

Cuadro Efecto de la suplementación de nitrógeno en consumo y digestibilidad de sabana nativa (adaptado de Informe Anual CIAT 1974)

Descripción	Heno Sabana Nativa + Tratamientos		
	Control	Torta de Algodón	Melaza + urea
<u>Nivel de Oferta</u>			
(g/kg \cdot .75/día)			
Heno	88.6	89.2	89.0
Suplemento	-	9.3	7.0
Minerales	1.1	1.1	1.1
<u>Nivel de Consumo</u>			
(g/kg \cdot .75/día)			
Heno	45.4	56.3	60.9
Total	46.5	66.7	69.0
Digestibilidad M.S. (%)	32.2	44.2	39.7

Cuadro Caracterización de *S. capitata* ofrecido y rechazado por ovinos en jaula en prueba de consumo y digestibilidad (Quilichao)^a

Detalle	Parte de Planta	-----Materia seca-----	
		Ofrecida	Rechazada
Proporción	Hoja	15.0 \pm 3.9	6.3 \pm 3.6
	Tallo	33.8 \pm 1.5	68.5 \pm 1.6
	Flor	51.2 \pm 1.4	25.2 \pm 1.4
Proteína	Hoja	16.2 \pm .4	-
	Tallo	8.3 \pm .3	-
	Flor	14.9 \pm .6	-

^{a/} Promedio de tres ecotipos de *S. capitata* (1019, 1315 y 1405)

Cuadro Valor nutritivo de tres ecotipos de *S. capitata* en estado de floración con ovinos en jaula (Quilichao).

Leguminosa	Nivel de oferta	Proteína en ofrecido	Consumo de MS	Digestibilidad MS	Múltiplo de mantenimiento ^b
	gMS/P ^{.75} /día	%	gMS/P ^{.75} /día	%	
<i>S. capitata</i> 1019 ^a	128	10.4 ± 1.2	75.7 ± 5.5	59.4 ± 3.3	1.8
<i>S. capitata</i> 1315 ^a	117	8.9 ± 2.8	71.6 ± 5.5	56.8 ± 3.0	1.6
<i>S. capitata</i> 1405 ^a	122	9.1 ± 1.8	71.9 ± 7.2	59.2 ± 1.2	1.7

a/ Composición promedio de ofrecido: 15% hoja, 34% tallo y 51% flor

b/ Mantenimiento: 25 gMS digerible/P^{.75}/día

Cuadro Caracterización del *Andropogon gayanus* y *Stylosanthes capitata* 1019 ofrecido a ovinos en jaula en ensayo de diferentes proporciones gramínea-leguminosa (Quilichao).

Material	Componente	MS ofrecida	Parte de la planta		
			Hoja	Tallo	Flor
		----- % -----			
A. <i>gayanus</i> 621 ^a	Proporción	-	61.2	38.8	-
	Proteína	7.2	8.9	4.1	-
	Fósforo	-	.12	.07	-
	Calcio	-	.33	.21	-
	Dig. <u>IN VITRO</u>	60.8	62.7	56.1	-
S. <i>capitata</i> 1019 ^b	Proporción	-	29.4	34.6	36.0
	Proteína	13.2	17.2	9.2	16.5
	Fósforo	-	.16	.09	.18
	Calcio	-	.95	.58	.84
	Dig. <u>IN VITRO</u>	58.4	60.3	49.8	64.3

a/ Edad *Andropogon gayanus* 621: rebrote 6 semanas

b/ Edad *Stylosanthes capitata* 1019: rebrote 12 semanas

Cuadro Efecto de diferentes proporciones de gramíneas (*Andropogon gayanus* 621) y leguminosa (*Stylosanthes capitata* 1019) en el consumo y digestibilidad de materia seca con ovinos en jaula^a (Quilichao)

Proporción ^b Gramínea/ Leguminosa	Consumo	Digestibilidad	Múltiplo de mantenimiento ^c
	Materia seca total	Materia seca	
	g/P ^{.75} /día	%	
100 : 0	62.5	57.7	1.4
90 : 10	60.6	59.3	1.4
80 : 20	56.1	57.6	1.3
70 : 30	62.7	55.4	1.4
Promedio	60.5	57.5	1.4

a/ Gramínea: rebrote de 7 semanas

Leguminosa: rebrote de 12 semanas

b/ Nivel de oferta promedio para cada proporción: 100 gMS/P^{.75}/día

c/ Mantenimiento: 25 gMS digerible/P^{.75}/día

Cuadro Proporción de hojas y tallo y contenido de proteína en *B. decumbens*, *B. humidicola* y *D. ovalifolium* 350 ofrecido a ovinos en jaula en prueba de consumo y digestibilidad (Quilichao).

Detalle	Parte de Planta	-----Forraje ofrecido-----		
		<i>B. decumbens</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>D. ovalifolium</i> 350
		----- % -----		
Proporción	Hoja	75.5	88.3	54.6
	Tallo	24.5	11.7	45.4
Proteína	Hoja	4.7 ± .6	7.0 ± .6	12.6 ± .5
	Tallo	2.1 ± .3	2.8 ± .5	6.7 ± .5

Cuadro Consumo y digestibilidad con ovinos en jaula de *D. ovalifolium*, *B. decumbens* y mezcla de *B. decumbens* con *D. ovalifolium* (Quilichao).

Ofrecido	Nivel de oferta	Consumo de MS	Digestibilidad de MS
		-----gMS/P ⁷⁵ /día-----	%
<i>D. ovalifolium</i> 350	114	61.3 ^b ± 4.7	57.0 ^b ± 0.7
<i>B. decumbens</i>	125	59.9 ^b ± 5.8	60.2 ^c ± 2.8
<u>Mezcla</u>			
<i>B. decumbens</i>	100 (81%)	55.5 (79%)	
<i>D. ovalifolium</i> 350	<u>23</u> (19%)	15.0 (21%)	
Total	123	70.5 ^c ± 1.5	61.9 ^c ± 1.5

a/ *B. decumbens* rebrote de 12 semanas

bc/ Medias en la misma columna diferentes (P<0.05)

Cuadro Consumo y digestibilidad con ovinos en jaula de *D. ovalifolium*, *B. humidicola* y mezcla de *B. humidicola* con *D. ovalifolium* (Quilichao).

Ofrecido	Nivel de oferta	Consumo de MS	Digestibilidad de MS
	-----gMS/P ^{0.75} /día-----		%
<i>D. ovalifolium</i> 350	159	71.6 ^b ± 5.1	56.7 ^b ± 3.2
<i>B. humidicola</i>	144	82.8 ^c ± 3.4	59.1 ^c ± 1.2
<u>Mezcla</u>			
<i>B. humidicola</i>	109 (78%)	70.1 (81%)	
<i>D. ovalifolium</i> 350	31 (22%)	17.8 (20%)	
Total	140	87.9 ^c ± 7.2	63.9 ^c ± 2.1

a/ *B. humidicola* rebrote de 6 semanas

bc/ Medias en las misma columna diferentes (P<0.05)

Producción animal

- ✓ 1. **Sistemas de producción ganadera en el trópico de América.
Paladines, O.**

2. **Factores que determinan la productividad del Pasto Estrella.
Ramírez, P.A.**

Manejo animal

1. Sistemas de manejo de hatos - Carimagua - CIAT.

SISTEMA DE MANEJO DE HATOS

En este experimento se estudian los efectos del uso estratégico de pasturas sembradas y de la duración de la época de monta sobre la productividad de hatos de cría.

Los objetivos y el diseño experimental se describieron en detalle en Informes anteriores.

En resumen, el experimento incluye 6 hatos de 54 vacas cada uno. Los hatos 1, 3 y 5 pastorean exclusivamente sobre sabana nativa. Los hatos 2, 4 y 6 tienen acceso a pasturas sembradas durante 3 a 5 meses, a fines de la época seca y/o comienzos de la época lluviosa. Los hatos 1 y 2 tienen monta continua todo el año; en los hatos 3 y 4 la época de monta se extiende de Junio hasta Septiembre (120 días) y los hatos 5 y 6 tienen un período de monta de 90 días desde Mayo hasta Julio.

La tasa de parición de 1979, calculada en base a todas las vacas, se presenta en el Cuadro 1. Sin embargo, como algunas vacas estaban preñadas durante la época de monta de 1978 o habían parido muy poco antes de que se introdujeran los toros a los hatos, se clasificó como "aptas" a las vacas vacías que habían parido por lo menos 90 días antes de finalizar la época de monta (arbitrariamente fin de Julio para hatos 1 y 2). La tasa de parición en 1979 de estas vacas "aptas" se presenta en el Cuadro 2.

Comparando hatos 1 con 2 y 5 con 6, se puede observar que las vacas aptas que tuvieron acceso a pasturas sembradas en 1978, superaron en tasa de parición a sus contrapartes que pastorearon sólo en sabana. Este efecto, sin embargo, no se manifestó en el hato 4 que tuvo prácticamente la misma tasa de parición que el hato 3.

El haber acortado la época de monta de 4 a 3 meses no redujo la tasa de parición de las vacas con acceso a pasturas sembradas (hato 6 vs. hato 4, Cuadro 2). En las vacas que sólo pastorearon en sabana, en cambio, se redujo la tasa de parición al acortarse la época de monta (hato 5 vs. hato 3). La comparación de la monta continua con los tratamientos de monta estacional, por otra parte, recién podrá hacerse en una etapa más avanzada del experimento.

Con respecto a la posibilidad de mantener una época de monta estacional, se debe centrar la atención en la tasa de reconcepción de vacas en lactancia inicial. De 30 vacas con acceso a pasturas sembradas, que fueron expuestas a toros durante tres meses a partir de los 90 días post-parto o menos, reconcebió el 80%. La cifra correspondiente para 30 vacas de los hatos que sólo pastorean en sabana fue 40%.

La tasa de reconcepción lograda en vacas con acceso a pasturas sembradas fue de la magnitud necesaria para un sistema de monta estacional con alta fertilidad. La tasa de reconcepción de vacas en sabana solamente, en cambio, fue demasiado baja para este propósito. A pesar de ello, fue mucho más alta de lo que ocurre comunmente en los Llanos donde las vacas reconciben solo muy excepcionalmente mientras están amamantando sus terneros. Esto sugiere que la aplicación de las prácticas de manejo de los hatos 1, 3 y 5 a los hatos comerciales de los Llanos podría mejorar marcadamente la tasa de procreo de estos.

La mortalidad de terneros antes del destete fue 8.4% en los hatos de sabana y 7.3% en los hatos con acceso a pasturas sembradas. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa. En el 53% de los casos no se pudo establecer la causa de la muerte; 32% de las pérdidas se debieron a inanición (pobre habilidad materna de las vacas), 10% se debió a fracturas óseas y un 5% a poliartritis.

Los terneros nacidos en 1978 se destetaron con aproximadamente 9 meses de edad. El peso al destete fue mayor en los hatos con acceso a pasturas sembradas que en los hatos de sabana (168.1 vs. 158.8 kg, Cuadro 3). El trimestre en que nacieron los terneros no afectó el peso al destete y los machos pesaron 11.3 kg más al destete que las hembras.

El peso vivo de las vacas obtenido en los pesajes bimensuales se presenta en el Cuadro 4. Durante 1978, las vacas con acceso a pasturas sembradas siempre fueron más pesadas que las vacas de sabana sola. A partir de comienzos de 1979, en cambio, las vacas con acceso a pasturas sembradas fueron cada vez más livianas, particularmente aquellas que estaban en la fase inicial de lactancia. Este fenómeno se debe atribuir a tres causas:

La leguminosa cultivada, Stylosanthes guianensis fue arrasada por antracnosis en el último trimestre de 1978; los potreros de Brachiaria decumbens fueron sobrecargados porque el área disponible tuvo que ser reducida en un 25% para preparar 30 ha a ser sembradas con leguminosas y, finalmente, B. decumbens fue severamente afectada por un ataque de "salivazo" (Aeneolamia varia, Zulia pubescens).

Sobre la tasa de preñez de 1979, hasta el momento solo se puede presentar información preliminar. Los diagnósticos de gestación se llevaron a cabo en Octubre cuando concepciones ocurridas a fines de Agosto y durante Septiembre aún no son detectadas.

En los hatos 5 y 6 la tasa de preñez fue 75%. El porcentaje de preñez promedio de vacas de sabana fue 58. La cifra correspondiente para los hatos con acceso a pasturas sembradas fue 51%.

Con respecto al año anterior, la fertilidad de las vacas con acceso a pasturas sembradas disminuyó. La causa más probable de esta caída es el nivel nutricional menor alcanzado en estos hatos como consecuencia de la pérdida de la leguminosa en las pasturas y por la disminución de la producción de B. decumbens resultante del ataque de "salivazo".

La tasa de preñez de las vacas de sabana es ligeramente inferior a su tasa de parición anterior, pero es de esperar que esta diferencia desaparezca cuando se incluyan en los cálculos de concepciones tardías no detectadas en Octubre.

La caída de la tasa de concepción de las vacas con acceso a pasturas sembradas, con respecto al año anterior, indica la importancia de la estabilidad de las pasturas sembradas y del componente de leguminosas en ellas.



Cuadro 1. Sistemas de Manejo de hatos. Efecto del uso estratégico de pasturas sembradas sobre la tasa de parición en 1979 (partos hasta el 30 de Septiembre; 54 vacas por hato;(entre paréntesis número del hato).

	Período de Monta			
	<u>Mayo - Julio</u>	<u>Junio - Septiembre</u>	<u>Continuo</u>	<u>Promedio</u>
Sabana solamente	44 (5)	81 (3)	72 (1)	66
Sabana + 10% de pastura sembrada	74 (6)	87 (4)	92 (2)	84
Promedio	59	84	82	75

Cuadro 2. Sistemas de Manejo de hatos. Efecto del uso estratégico de pasturas sembradas sobre la tasa de parición de vacas clasificadas "aptas"¹ durante la monta de 1978 (entre paréntesis número del hato; 42-51 vacas/hato).

	Período de Monta			Promedio
	<u>Mayo-Julio</u> ²	<u>Junio-Septiembre</u> ³	<u>Confínuo</u> ³	
Sabana solamente	59.5 (5)	81.6 (3)	71.7 (1)	70.9
Sabana + 10% de pastura sembrada	79.2 (6)	81.2 (4)	90.2 (2)	83.5
Promedio	69.4	81.4	81.0	77.2

1/ Vacas aptas: Vacas vacías que parieron por lo menos 90 días antes de terminar la monta (arbitrariamente fin de Julio para hatos 1 y 2)

2/ Partos hasta fin de Mayo

3/ Partos hasta fin de Julio

Cuadro 3. Sistemas de Manejo de hatos. Peso al destete de terneros nacidos en 1978 ¹.

1. <u>Efecto del uso estratégico de pasturas sembradas</u> ($P < 0.05$)			
Hatos de sabana solamente		158.8 \pm 3.0	(84)
Hatos de sabana + 10% de pastura sembrada		168.1 \pm 3.1	(77)
2. <u>Efecto de sexo</u> ($P < 0.05$)			
Machos		169.3 \pm 3.1	(75)
Hembras		158.0 \pm 2.9	(86)
3. <u>Efecto de estación</u> ($P > 0.05$)			
<u>Nacidos</u>	<u>Destetados</u>		
Enero - Marzo	Octubre - Diciembre	161.6 \pm 3.2	(70)
Abril - Junio	Enero - Marzo	164.9 \pm 3.6	(56)
Julio - Septiembre	Abril - Junio	163.9 \pm 4.6	(35)

¹/ Destetados con 9 meses de edad; promedios en kg \pm error estandar; entre paréntesis número de observaciones).

Cuadro 4. Sistemas de Manejo de hatos. Peso vivo de vacas (kg)

		1 9 7 8				1 9 7 9			
		Abril	Junio	Agosto	Octubre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
Vacas Secas	Sabana solamente	334	358	367	379	385	376	377	389
	Sabana + 10% de pasturas sembradas	349	372	382	395	401	382	371	379
Vacas en lactancia (\leq 4 meses)	Sabana solamente	329	328	311	327	340	354	362	359
	Sabana + 10% de pasturas sembradas	337	352	352	370	359	345	335	317

METODOLOGIA PARA REALIZAR EL CALCULO DE LAS

PROYECCIONES DEL REBAÑO VACUNO

A. Consideraciones generales

El ejercicio de realizar proyecciones del rodeo es necesario para conocer cuál será la evolución que tendrá un inventario de animales (en su composición, número, muertes, ventas, etc.), cuando a través de nuevas prácticas o innovaciones tecnológicas se determina un cambio en los coeficientes técnicos considerados inicialmente.

En cualquier caso, las proyecciones del rodeo parten de un inventario estabilizado con las condiciones de producción anteriormente existentes, y es necesario comprobar esta situación antes de comenzar el ejercicio. Un rodeo se encuentra estabilizado o en equilibrio cuando aplicando los coeficientes técnicos respectivos al número de animales de cada una de las categorías de inventario, se obtienen muertes, compras, ventas y un nuevo rodeo exactamente igual a las cifras existentes el año anterior. La proyección del rodeo es asimismo finalizada cuando se logra la estabilización del rodeo a la nueva situación.

Es necesario verificar para el año inicial que partiendo del total de animales, restando las salidas y sumando las entradas se obtiene la misma cifra. Es conveniente realizar esta verificación para las cifras de cada nuevo año calculado, de forma de evitar que errores que se pudieran cometer en un año se trasladan a todos los demás. En estos casos, hay que tener en cuenta la variación en el número de vacas de deshecho.

A los efectos de aclarar lo antedicho, se expresa en forma de ecuación la verificación que conviene hacer entre un año y el siguiente:

$$\begin{array}{ccccccc}
 \boxed{\begin{array}{l} \text{Total animales} \\ \text{fin año (t - 1)} \end{array}} & = & \boxed{\begin{array}{l} \text{Total animales} \\ \text{fin año (t)} \end{array}} & - & \boxed{\begin{array}{l} \text{Vacas de refugo} \\ \text{año (t)} \end{array}} & - & \boxed{\begin{array}{l} \text{Total muertes} \\ \text{año (t + 1)} \end{array}} \\
 \\
 \boxed{\begin{array}{l} \text{Total ventas} \\ \text{año (t + 1)} \end{array}} & + & \boxed{\begin{array}{l} \text{Total compras} \\ \text{año (t + 1)} \end{array}} & + & \boxed{\begin{array}{l} \text{Terneros que} \\ \text{entran en} \\ \text{año (t + 1)} \end{array}} & + & \boxed{\begin{array}{l} \text{Vacas de refugo} \\ \text{año (t + 1)} \end{array}}
 \end{array}$$

B. Cálculos por categoría

Si estamos calculando cualquier categoría del año t + 1, se parte del inventario del año t y se le aplican los coeficientes técnicos del año t + 1. Las muertes y ventas y animales de inventario se computan en la categoría inmediata superior a la que aparecía en el año t.

Por ejemplo, los novillos de 9-24 meses al final del año t aparecerán computados al final del año $t+1$ como muertos en la categoría de 24-36 meses, como vendidos en la categoría de 24-36 meses o permaneciendo en el inventario en la categoría de 24-36 meses. Para las categorías fundamentales, se explica más detalladamente el cálculo y se desarrollan en forma de ecuación los pasos que definen dichas categorías en cada año.

C. Definiciones de las categorías^{1/}

1. Total de terneros(as) - Se multiplica el número de vacas del año precedente por la tasa de parición y se restan las muertes. El resultado incluye tanto los terneros como las terneras.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Terneros(as)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa de parición} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

2. Terneras - La categoría de terneras se obtiene dividiendo el total de terneros y terneras al final del año (t + 1) entre dos y restando las ventas correspondientes.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Terneras} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa de parición} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} + \frac{2}{2} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

3. Vaquillas (12-24 meses) - El número de terneras del año precedente menos las muertes ocurridas y las ventas realizadas, si las hubiere.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas (12-24} \\ \hline \text{meses)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Terneras} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

^{1/} Este numeral (c) ha sido extraído de las "Notas de Curso" CN-31 (B) "Proyección de Rebaño con la Calculadora Texas Instruments TI-59". Preparada por Orlando T. Espadas, febrero de 1978. Washington D.C. Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial.

Las definiciones fueron elaboradas por el señor Luis O. Coirolo en Casos y Ejercicios sobre Proyectos Agrícolas, Monografía No. 10 (Revisada), enero de 1975, Orlando T. Espadas, compilador. Washington, D.C.: Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial.

4. Vaquillas (24-36 meses) - Algunas de las vaquillas (12-24 meses) se transfieren a vacas y el resto constituirá el número de vaquillas (24-36 meses) en el año (t + 1). El número de muertes, ventas y transferencias será determinado por los respectivos coeficientes técnicos.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas} \\ \text{(24-36 meses)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas} \\ \text{(12-24 meses)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Transferen} \\ \text{cia a vacas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

5. Vaquillas (> 36 meses) - El número total de vaquillas (24-36) se transfiere automáticamente a la categoría de vacas y, por lo tanto, el número resultante de vaquillas (> 36 meses) en el año (t + 1) deberá ser cero.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas} \\ \text{(> 36 meses)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas} \\ \text{(24-36)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Transferen} \\ \text{cia a vacas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

6. Terberos - La categoría de terberos se obtiene dividiendo entre dos los terberos y terneras al final del año (t + 1) y restando las ventas correspondientes.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Terberos} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa de} \\ \text{parición} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

7. Novillos (12-24 meses) - El número de muertes se resta del número total de terberos del año precedente. Las "ventas" se determinan mediante el correspondiente coeficiente técnico y también se restan. El resultado será el número de novillos (12-24 meses) en el año (t + 1).

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos (12-24)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Terberos} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

8. Novillos (24-36 meses) - El número de muertes ocurridas se resta del número total de novillos (12-24 meses) del año precedente. La cifra de "ventas" se determina por el correspondiente coeficiente técnico y también se resta. El resultado será el número de novillos (24-36 meses) en el año (t + 1).

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos (24-36)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos (12-24)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

9. Novillos/bueyes (> 36 meses) - Se suman los novillos (24-36 meses) al final del año t al inventario de animales que pueda existir en esta categoría antes de restar las muertes ocurridas y las ventas efectuadas.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos/bueyes} \\ \text{(> 36 meses)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Inventario de} \\ \text{novillos/bueyes} \\ \text{(36 meses)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos (24-36} \\ \text{meses)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} \\ - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

10. Vacas - El número de muertes y eliminación de vacas se determina utilizando las tasas de mortalidad y eliminación, y restándolo luego del número total de vacas del año precedente. A continuación se agregan las vaquillas transferidas desde otras categorías y las compradas, si las hubiere. La cifra resultante indicará el número de vacas que hay en el año (t + 1).

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas eliminadas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} \\ + \begin{array}{|c|} \hline \text{Transferencias del rebaño que} \\ \text{pasan a la categoría de vacas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas/vacas compradas que} \\ \text{pasaron a formar parte del rebaño} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

11. Toros - La relación toro/vaca se aplica al número de vacas en el año (t + 1) con el objeto de determinar el número de toros que se requiere en el año (t + 1). Del número de toros en el año (t), tenemos que restar el número de bajas por muerte o eliminación a fin de determinar el número de toros que se comprarán para llegar al número de toros que se requiere en el año (t + 1).

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Toros} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Toros} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Eliminados} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Compras} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

12. Total de animales - La suma de los animales correspondientes a todas las categorías al final del año.
13. Total de unidades animales - Se lleva a cabo la estimación restando el número total de terneros(as) del número total de animales. Aunque existen otros métodos más exactos para calcular el total de unidades animales, el utilizado aquí es mucho más sencillo y proporciona aproximaciones razonables.
14. Capacidad de carga ganadera - Es el número total de animales que una finca o estancia puede mantener adecuadamente durante un año. En condiciones normales, el total de unidades animales no debe exceder la capacidad de carga ganadera total. La estimación del número de unidades animales constituye sólo una aproximación de las necesidades totales de forraje. Si las desviaciones de la capacidad ganadera fueran excesivamente grandes, el analista tendrá que modificar los coeficientes técnicos.

D. Aplicación de la metodología para realizar las proyecciones del rebaño vacuno.

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de la metodología previamente descrita.^{1/} Entre las páginas 173 y 175 se presenta el ejemplo para un año y el resultado del total de la proyección, realizada manualmente.

Entre las páginas 177 y 199 se presentan las Notas de Curso "Proyección de Rebaño con la Calculadora TI-59"^{1/} de las que fueron extraídas las "Definiciones de las Categorías" presentadas previamente.

En la página 199 se presenta el mismo ejemplo de proyección de rebaño realizada manualmente en la página 175 pero usando la calculadora programable portátil Texas Instruments TI-59. Comparando ambas proyecciones pueden notarse pequeñas diferencias, las mismas son debidas a problemas de redondeo realizados por la máquina.

^{1/} Estas Notas de Curso fueron elaboradas por el Sr. Orlando T. Espadas en: Notas de Curso CN-31 (B), Febrero de 1978. Washington, D.C.: Instituto Económico del Banco Mundial.

PROYECCIONES DE DESARROLLO DEL REBAÑO VACUNO
MODELO PARA UN ESTABLECIMIENTO GANADERO DE 500 HAS

	AÑOS						
	FIN DEL EJERCICIO DEL ESTABLECIMIENTO						
	Antes del Desarrollo	1	2	3	4	5	6-12
<u>COMPOSICION DEL REBAÑO (No.)</u>							
Terneros(as) nacidos(as)	(105)						
Terneros destetados	49						
Novillos (12-24 meses)	46						
Novillos (24-36 meses)	24						
Novillos (> 36 meses)	-						
Terneras destetadas	49						
Vaquillas (12-24 meses)	46						
Vaquillas (24-36 meses)	28						
Vaquillas (> 36 meses)	-						
Vacas de cría	150						
Toros	<u>6</u>						
Total de Animales	398						
Total Unidades Animales	300						
<u>COEFICIENTES TECNICOS %</u>							
Tasa de parición	-	70	70	75	75	75	75
Tasa de mortalidad de terneros(as)	-	7	7	7	7	7	7
Tasa de venta de terneros	-	0	0	0	0	0	0
Tasa de mortalidad 12-24)	-	6	6	5	5	5	5
Tasa de mortalidad (>24)	-	4	4	4	4	4	4
Tasa de mortalidad de vacas	-	8	8	8	8	8	8
Relación toro/vaca	-	4	4	4	4	4	4
Tasa de venta de terneras	-	0	0	0	0	0	0
Tasa de venta de vaquillas (12-24)	-	0	0	0	0	0	0
Tasa de venta de novillos (12-24)	-	0	0	0	0	0	0
Tasa de transferencia de vaquillas (24-36)	-	13	60	70	93	83	83
Tasa de venta de vaquillas (24-36)	-	22	0	0	10	17	17
Tasa de venta de novillos (24-36)	-	45	70	75	85	85	85
Tasa de venta de novillos/bueyes (>36)	-	100	100	100	100	100	100
Tasa de eliminación de toros	-	10	0	10	10	10	10
Tasa de eliminación de vacas	-	15	20	20	20	20	20
No. vacas en rebaño estable	-	150	205	205	205	205	205
Capacidad ganadera total	-	300	340	350	360	360	360

PROYECCIONES DE DESARROLLO DEL REBAÑO TACUÑO
MODELO PARA UN ESTABLECIMIENTO GANADERO DE 300 VACAS

COMPOSICIÓN DEL REBAÑO (No.)	Fin año t	Fin año t-1 (a. n. e. p. c.)	Ejemplo para un año (año de desarrollo) rebño en equilibrio				Total Entradas	FIN AÑO t + 1	
			S A L I D A S		E N T R A D A S				
			Muertes	A otras Categorías	Ventas	Salidas	Terneros Anadidos	De otras Categorías	Compras
Terneros(as) nacidos	(103)	(103)	(7)			(7)			
Terneros destetados	49						49		
Novillos (12-24 meses)	46	49	3			3			
Novillos (24-36 meses)	24	46	2		20	24			
Novillos (> 36 meses)	--	24	1		23	24			
Terneras destetadas	49						49		
Vaquillas (12-24 meses)	46	49	3			3			
Vaquillas (24-36 meses)	28	46	2	6	10	18			
Vaquillas (> 36 meses)	--	28	1	27		28			
Vacas de cría	150	150	12		21 ^{1/}	33		33	
Toros	6	6	--		1	1			
Total de Animales	398								
Total Unidades Animales	300								

COEFICIENTES TÉCNICOS 3

Tasa de parición	70
Tasa de mortalidad de terneros(as)	7
Tasa de venta de terneros	0
Tasa de mortalidad (12-24)	6
Tasa de mortalidad (> 24)	6
Tasa de mortalidad de vacas	8
Relación toro/vaca	4
Tasa de vaca de terneras	0
Tasa de venta de vaquillas (12-24)	0
Tasa de venta de novillos (12-24)	0
Tasa de transferencia de vaquillas (24-36)	13
Tasa de venta de vaquillas (24-36)	22
Tasa de venta de novillos (24-36)	65
Tasa de venta de novillos/bueyes (> 36)	100
Tasa de eliminación de toros	10
Tasa de eliminación de vacas	13
No. vacas en rebaño estable	150
Capacidad de carga ganadera	300

^{1/} Vacas eliminadas

1/ Estas Notas de Curso fueron elaboradas por el Sr. Orlando T. Espadas en "Notas de Curso CN-31 (B), Febrero de 1978. Washington, D.C.:" Instituto Económico del Banco Mundial.

PROYECCIONES DE DESARROLLO DEL REBAÑO VACUNO
 MODELO PARA UN ESTABLECIMIENTO GANADERO DE 500 HAS

Proyecciones realizadas manualmente

	0	1	2	3	4	5	6
<u>Terneros(as)</u>							
1. Total de terneros(as) nacidos(as)	105.	105.	154.	154.	154.	154.	154.
2. Terneros(as) muertos(as)	-7.	-7.	-11.	-11.	-11.	-11.	-11.
<u>Terneros</u>							
3. Terneros nacidos menos muertes	49.	49.	71.	71.	71.	71.	71.
4. Ventas	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5. Terneros año (t + 1)	49.	49.	71.	71.	71.	71.	71.
<u>Novillos (12-24)</u>							
6. No. terneros año (t)	49.	49.	49.	71.	71.	71.	71.
7. Muertos	-3.	-3.	-2.	-4.	-4.	-4.	-4.
8. Ventas	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9. Entrada: compras	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10. R/S novillos (12-24) año (t + 1)	46.	46.	47.	67.	67.	67.	67.
<u>Novillos (24-36)</u>							
11. No. Novillos (12-24) año (t)	46.	46.	46.	47.	67.	68.	68.
12. Muertos	-2.	-2.	-2.	-2.	-3.	-3.	-3.
13. Ventas	-20.	-31.	-33.	-38.	-54.	-54.	-54.
14. Novillos (24-36) año (t + 1)	26.	13.	11.	7.	10.	10.	10.
<u>Novillos/bueyes (> 36)</u>							
15. Novillos (24-36) año (t)	24.	24.	13.	11.	7.	10.	10.
16. Inventario de novillos/bueyes (> 36)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
17. Total novillos/bueyes año (t)	24.	24.	13.	11.	7.	10.	10.
18. Muertos	-1.	-1.	-1.	0.	0.	0.	0.
19. Ventas	-23.	-23.	-12.	-11.	-7.	-10.	-10.
20. Novillos/bueyes (> 36) año (t + 1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<u>Terneras</u>							
21. Terneras nacidas menos muertes	49.	49.	72.	72.	72.	72.	72.
22. Ventas	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
23. Terneras año (t + 1)	49.	49.	72.	72.	72.	72.	72.
<u>Vaquillas (12-24)</u>							
24. Terneras año (t)	49.	49.	49.	72.	72.	72.	72.
25. Muertas	-3.	-3.	-2.	-4.	-4.	-4.	-4.
26. Ventas	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
27. Vaquillas (12-24) año (t + 1)	46.	46.	47.	68.	68.	68.	68.
<u>Vaquillas (24-36)</u>							
28. No. Vaquillas (12-24) año (t)	46.	46.	46.	47.	68.	68.	68.
29. Muertas	-2.	-2.	-2.	-2.	-3.	-3.	-3.
30. Transferidas a vacas	0.	-26.	-31.	-42.	-54.	-54.	-54.
31. Ventas	-16.	0.	0.	-3.	-11.	-11.	-11.
32. Vaquillas (24-36) año (t + 1)	28.	18.	13.	0.	0.	0.	0.
<u>Vaquillas (> 36)</u>							
33. No. Vaquillas (24-36) año (t)	28.	28.	18.	13.	0.	0.	0.
34. Muertas	-1.	-1.	-1.	-1.	0.	0.	0.
35. Transferidas a vacas	27.	27.	17.	12.	0.	0.	0.
36. 0 Vaquillas (> 36) año (t + 1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<u>Vacas</u>							
37. Vacas año (t)	150.	150.	205.	205.	205.	205.	205.
38. Muertas	-12.	-12.	-16.	-16.	-16.	-16.	-16.
39. Eliminadas	-21.	-28.	-38.	-38.	-38.	-38.	-38.
40. Vacas - Muertes y eliminaciones + transferencias	144.	163.	199.	205.	205.	205.	205.
41. No. Vacas rebaño estable	150.	205.	205.	205.	205.	205.	205.
42. Exceso (+) o déficit (-)	-6.	-42.	-6.	0.	0.	0.	0.
43. Entrada: compra o venta (-)	6.	42.	6.	0.	0.	0.	0.
44. R/S vacas año (t + 1)	150.	205.	205.	205.	205.	205.	205.
<u>Toros</u>							
45. Toros año (t)	6.	6.	8.	8.	8.	8.	8.
46. Muertos	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
47. Eliminados	-1.	0.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.
48. Toros requeridos	6.	8.	8.	8.	8.	8.	8.
49. Comprados	1.	2.	1.	1.	1.	1.	1.
50. Toros año (t + 1)	6.	8.	8.	8.	8.	8.	8.
<u>Total de Animales</u>							
51. Total de animales año (t + 1)	398.	434.	474.	498.	501.	501.	501.
52. Unidades animales año (t + 1)	300.	336.	331.	355.	358.	358.	358.
53. Capacidad ganadera total año (t + 1)	300.	340.	350.	360.	360.	360.	360.



NOTAS DE CURSO

CN-31 (B)
Rev. Junio de 1978

PROYECCION DE REBAÑO

UTILIZANDO LA CALCULADORA TEXAS INSTRUMENTS TI-59

En esta nota de curso se describe un método para calcular proyecciones de rebaño de ganado vacuno de carne y de leche. También se incluye un ejemplo del cálculo de una proyección de rebaño que ilustra el uso del programa.

Preparado por: Orlando T. Espadas

INDICE

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
II. PROYECCIONES DE REBAÑO	
A. Definiciones de las categorías	3
B. Ingreso de los datos para el año "t" en la calculadora	6
1. Uso del programa para ingresar los datos	8
2. Ingreso de los datos directamente en cada registro de memoria	9
C. Lectura y almacenamiento del programa por la calculadora	9
D. Cálculo de la proyección de rebaño (sin la impresora). .	9
1. Modificación de los coeficientes técnicos en el año 2...n	10
2. Correcciones	10
3. Proyecciones financieras de ventas y compras	11
E. Cálculo de la proyección de rebaño (con la impresora). .	11
III. PROYECCIONES DE REBAÑO - RESUMEN DE DESCRIPCION DEL PROGRAMA E INSTRUCCIONES DEL USO.	12
<u>ANEXOS</u>	
1 Modelos de Formato	13
(a) Formato en blanco	13-15
(b) Proyección completa	16-17
(c) Proyecciones financieras de ventas y compras.	18
2 Programa de proyecciones de rebaño (con impresora)	19-21
3 Programa de proyecciones de rebaño (sin impresora)	22-24

I. INTRODUCCION ^{1/}

Este programa está diseñado para ser usado por técnicos que trabajan con proyecciones de rebaño para modelos de finca utilizados en el análisis de proyectos de desarrollo ganadero. Se presume que ellos saben como llevar a cabo una proyección de rebaño, ya sea manualmente o con la ayuda de una calculadora electrónica corriente.

El programa ha sido escrito para la calculadora Texas Instruments TI-59.

Las ventajas de utilizar el método que aquí se describe son las siguientes:

1. Rapidez - Cualquier persona que esté familiarizada con las proyecciones de rebaño está consciente de la gran cantidad de cálculos, sumamente tediosos, que se requieren para efectuarlas. Sin embargo, con el método que aquí se describe se pueden efectuar aproximadamente en una hora con una concentración relativamente normal, en tanto que, utilizando las calculadoras corrientes, se requieren de tres a cuatro horas de esfuerzo concentrado para llevar a cabo el mismo análisis.
2. Precisión - La posibilidad de que se cometan errores "humanos" (por ejemplo, multiplicar un número por el coeficiente técnico equivocado, etc.) se reduce considerablemente.
3. Uniformidad - Debido al uso de un método estandarizado, los resultados de la proyección serán exactamente los mismos sea quien fuere la persona que los realice.
4. Aliciente para efectuar otros análisis - Dado que el tiempo y el esfuerzo que se requiere para realizar una proyección de rebaño se reduce considerablemente, el analista tendrá mayores alicientes para efectuar análisis de sensibilidad de la proyección de rebaño con respecto a posibles cambios en los valores de los coeficientes técnicos.
5. Flexibilidad - Si usted está efectuando una proyección de rebaño en una computadora, puede introducir toda la información en ella y obtener una salida impresa con todos los resultados anuales al mismo tiempo. Si no está satisfecho con los resultados puede efectuar

^{1/} La elaboración de este documento se benefició significativamente por las sugerencias del señor Peter Brumby, especialista en ganadería del Departamento de Proyectos de la Oficina Regional del Asia Meridional del Banco Mundial.

cambios en los coeficientes técnicos y volver a someter los datos a la computadora para otra pasada. Sin embargo, utilizando la TI-59 usted tendrá las siguientes opciones:

- a. Determinar los coeficientes técnico-económicos durante la duración del proyecto y efectuar la proyección sin modificarlos. Esto producirá los mismos resultados que una computadora, pero en forma más lenta.
- b. Examinar la estrategia global con respecto al desarrollo total del proyecto y determinar los coeficientes técnicos adecuados. Sin embargo, una vez terminada la proyección para cada año, y dada la evolución del rebaño, es posible que desee comprobar si los coeficientes técnicos para el año siguiente continúan siendo adecuados. Si juzga que debieran modificarse, lo podrá hacer fácilmente.
- c. Si, tras de finalizar un año determinado de su proyección, descubre que el rebaño está evolucionando en forma inconveniente, es posible que usted desee retroceder tantos años como sea necesario, modificar los coeficientes técnicos en ese punto y volver a calcular las proyecciones a partir de entonces.

Se necesitarán unas pocas horas para aprender a efectuar las proyecciones de rebaño utilizando el programa que se esboza a continuación, y aproximadamente una hora para realizar una proyección de ganado completa una vez que usted se haya familiarizado con el método.

Ingreso de los datos para el año "t" en la calculadora

Para empezar a calcular la proyección de rebaño, es preciso disponer de dos series de datos básicos:

1. La composición del rebaño en el año "t" (antes del desarrollo)
2. Los coeficientes técnicos correspondientes al primer año de nuestra proyección (t + 1) 1/

1/ Si usted desea comprobar si el rebaño es estable antes del desarrollo, debe comenzar utilizando los coeficientes técnicos para el año "t" (antes del desarrollo). Si en (t + 1) la composición del rebaño se duplica, puede considerársele estable. Si no lo fuera, tal vez convendría efectuar una proyección "sin el proyecto" o examinar los coeficientes técnicos calculados para la situación "antes del proyecto".

NOTA: Las descripciones de cada categoría aparecen en las páginas 168 a 171.

Número de Memoria	
1	Tasa de parición
2	Tasa de mortalidad de terneros (as)
3	Tasa de venta de terneros
4	Tasa de mortalidad (12-24)
5	Tasa de mortalidad (> 24)
6	Tasa de mortalidad de vacas
7	Relación toro/vaca
8	Tasa de venta de terneras
9	Tasa de venta de vaquillas (12-24)
10	Tasa de venta de novillos (12-24)
11	Tasa de transferencia de vaquillas (24-36)
12	Tasa de venta de vaquillas (24-36)
13	Tasa de venta de novillos (24-36)
14	Tasa de venta de novillos/bueyes (> 36)
15	Tasa de eliminación de toros
16	Tasa de eliminación de vacas
17	Vacas
18	Vacas en rebaño estable
19	Toros
20	Terneras
21	Vaquillas (12-24)
22	Vaquillas (24-36)
23	Terneros
24	Novillos (12-24)
25	Novillos (24-36)
26	Novillos/bueyes (> 36)
27	Capacidad ganadera total

1. Uso del programa para ingresar los datos

- a. Lea la tarjeta magnética que lleva el título "Proyección de Rebaño". La misma deberá haber sido generada copiando el programa que aparece en el Anexo 2, página 19, si se va a usar con impresora; o en el Anexo 3, página 22, si se va a usar sin impresora. Una copia del formato de la tarjeta magnética aparece a continuación. Para leer la tarjeta usted debe ingresar 1 y presionar la tarjeta en la dirección indicada por la flecha de la esquina superior izquierda marcada 1. Después de leer el lado 1, ingrese 2 y pase la tarjeta en la dirección indicada en la esquina superior derecha marcada 2.

Con respecto a los detalles de como registrar programas en las tarjetas magnéticas, consulte las instrucciones de la calculadora.

1 ◀ USAS INSTRUMENTS ▶ 2				
PROYECCION DE REBAÑO				
Inicio	Ingreso de datos	Compras/ Ventas		

- b. Presione B — aparecerá 1.
c. Ingrese el valor para la memoria 1 (de acuerdo con el cuadro de la página 8)
d. Presione R/S — aparecerá 2.
e. Ingrese el valor para la memoria 2
f. Presione R/S — aparecerá 3.
g. Ingrese el valor para la memoria 3
h. Presione R/S — aparecerá 4.
.
.
s. Ingrese los valores hasta la memoria 27 (de acuerdo con el cuadro de la página 7).

Después de almacenar los datos en la calculadora, deben registrarse en una tarjeta en blanco para su posible uso en el futuro. Para ello, presione 4 2nd write. La presentación visual aparecerá en blanco. A continuación inserte la tarjeta en que se registrará; aparecerá un 4, indicando que los datos han sido registrados en la tarjeta magnética. Marque 4 en la esquina superior izquierda y rotule la tarjeta: titulada: "Almacenamiento de datos (Año XX)". A continuación figura un ejemplo:

4 ← TARJETAS INSTRUMENTOS →				
ALMACENAMIENTO DE DATOS (año)				

2. Ingreso de los datos directamente en cada registro de memoria

Los datos pueden registrarse directamente en cada registro de memoria sin ayuda del programa. Para ello, ingrese el valor que desee almacenar seguido de STO y el número de la memoria donde quiere almacenarlo. (Asegúrese de que el número de la memoria se ingrese en forma de dos dígitos: la Memoria 1 debe almacenarse como 01).

C. Lectura y almacenamiento del programa por la calculadora

El programa se registra en la misma tarjeta utilizada para ingresar los datos (que se ilustra a continuación). Páselo a través de la lectora de tarjetas si no lo ha hecho antes al ingresar los datos. Es necesario pasar ambos lados de la tarjeta. Primero, ingrese 1 y pase el lado 1 de la tarjeta y enseguida ingrese 2 y pase el lado 2 de la misma.

1 ← TARJETAS INSTRUMENTOS → 2				
PROYECCION DE REBAÑO				
Inicio	Ingreso de datos	Compras/Ventas		

D. Cálculo de la proyección de rebaño (sin la impresora)

La primera salida se obtiene presionando A. Esto corresponde a la primera línea en la hoja de trabajo (véase el Anexo 1(a) página 14).

Presionando R/S se obtendrá la segunda salida y presionando nuevamente R/S obtendrá la tercera salida, y así sucesivamente. Lo único que se debe hacer es copiar las salidas en secuencia y en orden descendente a medida que las obtiene al presionar R/S. Existen dos líneas (líneas 9 y 43) tituladas: "Entrada: compras", y "Entrada: compra o venta (-)". En estas localizaciones normalmente debe ingresar en forma manual el número de animales adquiridos o vendidos (-). Si no se desea registrar ninguna adquisición o venta, se debe ingresar 0.

Antes de proceder con el año siguiente, tal vez desee copiar la composición del rebaño al final del año recién finalizado. Presione 4 2nd Write y pase una tarjeta en blanco marcada con un 4 en la esquina superior izquierda (convendría titularla PROYECCIONES DE REBAÑO/RESULTADOS INTERMEDIOS) por la lectora de tarjetas. Este procedimiento garantiza que si algo falla (si se desconecta la máquina, etc.) podrá volver a empezar la proyección en el año inmediatamente anterior en el que se detuvo y no tendrá que retroceder y rehacer la proyección desde el año 1. Otra alternativa será la de marcar tantas tarjetas como años tenga en su proyección; por ejemplo, PROYECCION DE REBAÑO/AÑO 1; PROYECCION DE REBAÑO/AÑO 2, y así sucesivamente. Este procedimiento le permitirá retroceder y volver a comenzar su proyección en cualquier año dado. Este método es el más recomendable.

Nota: Debido a que los resultados se han redondeado a números enteros, es posible que haya una diferencia de un animal en los números totales correspondientes al año.

Compras o ventas efectuadas después de haber terminado la proyección para un año determinado

Después de haber terminado la proyección para un año determinado, tal vez usted desee modificar el número de animales en una categoría; para ello, identifique la Memoria en que está almacenada la categoría que se va a modificar. Suponiendo que es la Memoria 17, ingrese el valor que desee agregar o restar y presione STO SUM 17 para sumar o STO INV SUM 17 para restar del valor inicial. Haga a mano el cambio correspondiente en su hoja de trabajo.

1. Modificación de los coeficientes técnicos en el año 2...n

Para cambiar un coeficiente técnico, ingrese el nuevo valor, presione STO y el número del registro de almacenamiento donde está almacenado el valor original del coeficiente.

Nota: No es necesario efectuar cambios en la composición del rebaño de un año a otro debido a que la máquina los hace internamente.

En el Anexo 1-c), página 16 figura un ejemplo completo de una proyección de rebaño utilizando la metodología esbozada. Los resultados que usted obtenga deberán ser idénticos a los del ejemplo.

2. Correcciones

- a. Si usted omite una de las salidas cuando la máquina está calculando el rebaño y se da cuenta más tarde, tendrá que volver a calcular ese año, o calcular a mano el valor y completar en el espacio en blanco.
- b. Si ingresa un valor incorrecto, al almacenar datos en las memorias, puede corregirlo presionando la tecla CLR siempre que no lo haya ingresado al programa a través de la tecla R/S. Si el

valor incorrecto está efectivamente almacenado en la memoria, complete el valor de almacenamiento en las memorias restantes y en seguida ingrese el valor correcto y STO, seguido del número de la memoria donde se almacenó originalmente el valor incorrecto.

3. Proyecciones financieras de ventas y compras

Después de finalizar en términos físicos la proyección de rebaño, se puede convertir el número de animales vendidos o comprados en un año dado en sus valores monetarios equivalentes.

El procedimiento que ha de seguirse para la proyección de las ventas es el siguiente:

- a. Presione C
Ingrese el precio medio de la categoría de animal, por ejemplo, US\$200 para los terneros(as), y presione R/S.
- b. Ingrese el número de animales, en este caso terneros(as), vendidos durante el año y presione R/S. La salida que aparecerá será el valor del número total de terneros(as) vendidos ese año.
- c. Para calcular los valores correspondientes a otros años, se repite el paso b descrito antes.

Para calcular el valor de las compras, el método es exactamente el mismo descrito anteriormente para las ventas.

En el Anexo 1(c) página 17 figura un posible formato de presentación de las proyecciones financieras de las ventas y las compras.

E. Cálculo de la proyección de rebaño (con la impresora)

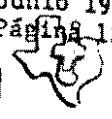
El procedimiento a seguir es exactamente el que se ha descrito para la alternativa sin impresora, salvo que su utilización proporciona un beneficio doble. En primer lugar, hace mucho más fácil la verificación de los datos ingresados. Cualquier error impreso en la cinta de papel puede ser detectado y corregido inmediatamente. Además, los resultados anuales, que también aparecen impresos en la cinta de papel pueden reunirse (ya sea pegándolos con goma o con grapa, etc.) y utilizarse como borrador de la proyección de rebaño terminada.

Como consecuencia, el tiempo que se requiere se acortará significativamente con respecto a lo que demora efectuar la proyección de rebaño sin la impresora. Se necesitan aproximadamente de 30 a 45 minutos para llevar a cabo una proyección.

En el Anexo 1(b) página 16 contiene un ejemplo de los resultados impresos para una proyección de rebaño.

TITLE PROYECCION DE REBAÑO PAGE 1 OF 1

TI Programmable
Program Record



PROGRAMMER Orilando T. Espadas DATE 1/19/78

Partitioning (Op 17) 4,7,9,5,9 Library Module _____ CARD _____ Printer X Cards 1

PROGRAM DESCRIPTION

Este programa calcula proyecciones de rebaño de ganado vacuno de carne y de leche. También se calcula el valor de las ventas y compras.

USER INSTRUCTIONS

STEP	PROCEDURE	ENTER	PRESS	DISPLAY
1	Lea la tarjeta del programa (lado 1)	1		1
	(lado 2)	2		2
2	Ingrese los datos (Consulte la página 7 de esta nota de curso con respecto al orden en que deben ingresar los datos)	Valor mem. 1 Valor mem. 2 . . . Valor mem. 27	B R/S R/S . . . R/S	1 2 3 . . . 28
3	Inicie Cálculos Nota: La impresora se detendrá dos veces durante el cálculo de un año dado. Usted debe ingresar la compra correspondiente, o 0 si no la hubo y presione R/S.		A	
4	Optativo: Si los resultados intermedios se van a copiar	3 4	2nd write 2nd write	
5	Para cambiar los coeficientes técnicos (años 2...n) ingrese el nuevo valor de los que han cambiado y presione STO seguido del número de registro de la memoria correspondiente			
6	Repita el paso 3 para calcular el año siguiente.			

USER DEFINED KEYS	DATA REGISTERS (INV, INT)	LABELS (Op 08)
A	0	INV [Inv] [EE] [CLR] [RCL] [CST]
B	1	[F/] [V/] [STO] [RCL] [SUM] [7*]
C	2	[EE] [] [] [] [GTO] [X]
D	3	[SR] [] [RST] [] [R/S] []
E	4	[] [] [CLR] [INV] [] []
A'	5	[] [] [] [] [] []
B'	6	[] [] [] [] [] []
C'	7	[] [] [] [] [] []
D'	8	[] [] [] [] [] []
E'	9	[] [] [] [] [] []
FLAGS	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	

COEFICIENTES TECNICOS (%)

Memoria No.		ANOS						
		Antes del desarrollo		Con el proyecto				
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Tasa de parición	-	-	-	-	-	-	-
2	Tasa de mortalidad de terneros(as)	-	-	-	-	-	-	-
3	Tasa de venta de terneros	-	-	-	-	-	-	-
4	Tasa de mortalidad (12-24)	-	-	-	-	-	-	-
5	Tasa de mortalidad (> 24)	-	-	-	-	-	-	-
6	Tasa de mortalidad de vacas	-	-	-	-	-	-	-
7	Relación toro/vaca	-	-	-	-	-	-	-
8	Tasa de venta de terneras	-	-	-	-	-	-	-
9	Tasa de venta de vaquillas (12-24)	-	-	-	-	-	-	-
10	Tasa de venta de novillos (12-24)	-	-	-	-	-	-	-
11	Tasa de transferencia de vaquillas (24-36)	-	-	-	-	-	-	-
12	Tasa de venta de vaquillas (24-36)	-	-	-	-	-	-	-
13	Tasa de venta de novillos (24-36)	-	-	-	-	-	-	-
14	Tasa de venta de novillos/bueyes (> 36)	-	-	-	-	-	-	-
15	Tasa de eliminación de toros	-	-	-	-	-	-	-
16	Tasa de eliminación de vacas	-	-	-	-	-	-	-
* 18	No. vacas en rebaño estable	-	-	-	-	-	-	-
* 27	Capacidad ganadera total	-	-	-	-	-	-	-

* números absolutos

Memoria
No.

- Terneros(as)
1. Total de terneros(as) nacidos(as)
2. Terneros(as) muertos(as)
- 23 Terneros
3. Terneros nacidos menos muertes
4. Ventas
5. Terneros año (t + 1)
- 24 Novillos (12-24)
6. No. terneros año (t)
7. Muertos
8. Ventas
9. Entrada: compras
10. R/S Novillos (12-24) año (t + 1)
- 25 Novillos (24-36)
11. No. Novillos (12-24) año (t)
12. Muertos
13. Ventas
14. Novillos (24-36) año (t + 1)
- 26 Novillos/bueyes (> 36)
15. Novillos (24-36) año (t)
16. Inventario de novillos/bueyes (> 36)
17. Total novillos/bueyes año (t)
18. Muertos
19. Ventas
20. Novillos/bueyes (> 36) año (t + 1)
- 20 Terneras
21. Terneras nacidas menos muertes
22. Ventas
23. Terneras año (t + 1)
- 21 Vaquillas (12-24)
24. Terneras año (t)
25. Muertas
26. Ventas
27. Vaquillas (12-24) año (t + 1)
- 22 Vaquillas (24-36)
28. No. Vaquillas (12-24) año (t)
29. Muertas
30. Transferidas a vacas
31. Ventas
32. Vaquillas (24-36) año (t + 1)
- Vaquillas (> 36)
33. No. Vaquillas (24-36) año (t)
34. Muertas
35. Transferidas a vacas
36. 0 Vaquillas (> 36) año (t + 1)
- 17 Vacas
37. Vacas año (t)
38. Muertas
39. Eliminadas
40. Vacas - Muertes y eliminaciones + transferencias
- 18
41. No. Vacas rebaño estable
42. Exceso (+) o déficit (-)
43. Entrada: compra o venta (-)
44. R/S vacas año (t + 1)
- 19 Toros
45. Toros año (t)
46. Muertes
47. Eliminados
48. Toros requeridos
49. Comprados
50. Toros año (t + 1)
- Total de animales
51. Total de animales año (t + 1)
52. Unidades animales año (t + 1)
53. Capacidad ganadera total año (t + 1)

FORMULACION DE RECOMENDACIONES A PARTIR DE DATOS AGRONOMICOS
Un Manual Metodológico de Evaluación Económica

Richard K. Perrin
Donald L. Winkelmann
Edgardo R. Moscardi
Jock R. Anderson

Folleto de Información No. 27

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. 1976
Apartado Postal 6-641, México 6, D.F. México.

Cita Correcta: Perrin R.K., D.L. Winkelmann, E.R. Moscardi, y J.R. Anderson, 1976. *Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de Evaluación Económica*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México D.F., iv + 54 p.

Edición en Inglés: Copias de la edición en inglés de este manual están disponibles a quienes la soliciten.

Derechos de Reimpresión: Este manual puede reproducirse sin previa autorización de CIMMYT. En tal caso se agradecería la mención de los autores y de CIMMYT.

El CIMMYT recibe apoyo financiero de instituciones gubernamentales de Bélgica, Canadá, Dinamarca, Irán, Países Bajos, Arabia Saudita, Reino Unido, EUA, Alemania Federal y Zaire; y de la Fundación Ford, el Banco Interamericano de Desarrollo, la International Minerals and Chemical Corp., la Fundación Rockefeller, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Mejoramiento del Ambiente y el Banco Mundial. El CIMMYT asume toda la responsabilidad por esta publicación.

Se dio término a la impresión de este libro el 31 de agosto de 1976 en los talleres de Ediciones Las Américas. Tiro: 3,000 ejemplares, impreso en México.

CONTENIDO

PREFACIO *iv*

1 INTRODUCCION 7

Recomendaciones exitosas para el agricultor 7

Condiciones experimentales representativas 7

Metas del agricultor 2

La relación entre el análisis estadístico y el análisis económico de un conjunto de experimentos 4

Objetivos del manual 5

2 ANALISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DE EXPERIMENTOS 6

Conceptos básicos 6

Análisis de presupuesto parcial de experimentos con fertilizantes 9

3 ESCASEZ DE CAPITAL Y COSTO DE CAPITAL 13

4 EL USO DE CURVAS DE BENEFICIO NETO Y DEL ANALISIS MARGINAL PARA DERIVAR RECOMENDACIONES 16

La curva de beneficio neto 16

Análisis marginal de beneficios netos 18

5 VARIABILIDAD EN LOS BENEFICIOS NETOS E IMPLICACIONES PARA LAS RECOMENDACIONES 22

Fuentes de variabilidad en el rendimiento 22

Ajuste de recomendaciones con respecto a variabilidad de rendimiento 25

Variabilidad de precios y análisis de sensibilidad 27

6 MAS SOBRE ESTIMACION DE COSTOS 30

Identificación y medición de los insumos variables 30

Determinación del precio de campo del equipo 32

Determinación del precio de campo de la mano de obra 33

Determinación del costo del capital 35

Resumen 36

7 MAS SOBRE ESTIMACION DE BENEFICIOS 38

Identificación y estimación de beneficios 38

Tenencia 41

Resumen 42

8 RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS PARA DERIVAR RECOMENDACIONES 43

9 DOS EJEMPLOS 45

Ensayo con paquetes de tecnología para maíz 45

Ensayo con variedades de trigo 48

Glosario 54

PREFACIO

La sección de Economía del CIMMYT ha preparado este manual para ser utilizado en los programas de adiestramiento de este Centro. Esperamos que otros agrónomos lo encuentren igualmente útil y, por supuesto, mucho apreciaremos los comentarios que puedan hacer los usuarios a efectos de mejorar el manual. La reproducción parcial o total de este manual está autorizada.

La idea de este manual fue originalmente presentada por la sección de Economía durante la Revisión Interna de los Programas de CIMMYT del año 1972. La primera versión fue preparada por J.R. Anderson como resultado de ideas surgidas de conversaciones entre el autor y D. Winkelmann. Esta versión fue sustancialmente modificada y expandida por R.K. Perrin y D. Winkelmann. La segunda versión fue revisada por E.R. Moscardi mientras se utilizaba como material de enseñanza para los programas de adiestramiento de CIMMYT. Moscardi y Perrin modificaron esa versión la cual fue nuevamente revisada esta vez por Winkelmann. Esta nueva versión, la tercera, fue enviada a numerosos agrónomos y economistas con el objeto de recabar comentarios y sugerencias que ayudaran a mejorar el manual. Particularmente, deseamos manifestar nuestro agradecimiento a John Dillon, John Lindt, Torrey Lyons, Paul Marko, Matt McMahon, Robert Osler, Willen Stoup, Alejandro Vioic, Pat Wall y Delane Welch por sus valiosas sugerencias. Moscardi y Perrin incorporaron muchas de ellas en la presente versión, la cuarta, que fue revisada nuevamente por Winkelmann.

Richard K. Perrin
Donald L. Winkelmann
Edgardo R. Moscardi
Jock R. Anderson

1

INTRODUCCION

Se tiene la intención de que este manual sea utilizado por técnicos agrónomos en la formulación de recomendaciones para los agricultores a partir de datos agronómicos. No es difícil hacer recomendaciones que sean consistentes con las metas y las situaciones del agricultor, pero ciertamente es fácil hacer recomendaciones deficientes cuando se ignoran o se soslayan factores importantes para el productor. Algunos de estos factores pudieran no ser muy evidentes para el agrónomo.

Si bien es algunas veces difícil obtener estimaciones precisas del efecto de algunos de estos factores sobre las preferencias del agricultor, el principio básico de este manual es que es mejor hacer alguna estimación de un efecto que desdeñarlo totalmente. Este manual enumera esos factores y presenta una serie de procedimientos para analizarlos desde el punto de vista del productor.

Recomendaciones exitosas para el agricultor

Una buena recomendación podría definirse como la elección que haría el propio agricultor si tuviese toda la información agronómica disponible para el técnico. Tal recomendación tendría éxito cuando los agricultores la adoptaran y siguieran usándola.

Para que un técnico pueda hacer recomendaciones de este tipo, los datos agronómicos sobre los que se basan las recomendaciones deberán ser consistentes con las *circunstancias agronómicas del agricultor*. De otra manera, el productor no obtendrá los resultados predichos por el técnico. Igualmente, la evaluación de estos datos por parte del técnico deberá tener en cuenta las *metas del productor* y aquellos factores que influyen sobre su capacidad de lograrlas. Revisemos con más cuidado estas dos dimensiones de las circunstancias del agricultor.

Condiciones experimentales representativas

No es factible, materialmente, llevar a cabo un experimento en cada finca y producir recomendaciones ajustadas a cada sitio. Lo que se hace es definir un grupo de fincas o agricultores, conducir experimentos bajo condiciones representativas de sus tierras y generar recomendaciones aplicables a todo el grupo. A un grupo como éste se le llama un *dominio de recomendación*. En general, un dominio de recomendación estará dado por agricultores dentro de una zona agroclimática, cuyas fincas y prácticas culturales son similares.

Aunque no hay un método aceptado para determinar qué es un dominio de recomendación, en la práctica la mejor regla es buscar a un grupo de agricultores para quienes la mejor elección de variedad, nivel de fertilización, etc., es razonablemente uniforme. Si el mejor nivel de fertilización para todos los agricultores de una área geográfica extensa es de 60 a 80 unidades de N, y si la mejor variedad para virtualmente todos los agricultores es la variedad Z, entonces para los propósitos de este cultivo, el área toda se podría considerar como un dominio de recomendación, aún cuando hubiese una variabilidad considerable en cuanto a suelos y clima a través del área.

Se necesitan varios sitios experimentales representativos (no precisamente los más accesibles, los más productivos a los de pendiente más suave), para obtener información acerca de los resultados que los agricultores podrían esperar en un dominio determinado. Tener datos de un solo sitio y para un solo año es mejor que nada pero no es suficiente, incluso cuando se espera formular recomendaciones para el predio donde se llevó a cabo el experimento. Para hacer buenas recomendaciones el técnico necesita conocer la gama de resultados agronómicos obtenidos de una finca a otra y de un año a otro en el dominio de recomendación.

Las prácticas culturales empleadas en el experimento deben ser similares a las que se espera que usen los agricultores, de otro modo los resultados de los ensayos pudieran ser inconsistentes con los resultados que los productores obtendrán al poner en práctica las recomendaciones. Por ejemplo, no hay que usar sembradoras mecánicas si los agricultores de la región siembran a mano. Tampoco es recomendable el empleo de técnicas de control de maleza que los agricultores no pueden adoptar, o que no son factibles desde el punto de vista económico. El técnico debe tener cuidado de que el tamaño de las parcelas sea suficientemente grande como para evitar el efecto de bordos que no ocurriría en los campos de los productores.

Igualmente, si los agricultores de una región practican agricultura de temporal, los resultados obtenidos de una parcela experimental bien irrigada pudieran tener escasa relevancia para el tipo de resultados que estos agricultores esperan obtener.

Estos y otros aspectos que atañen a la planeación de una serie útil de experimentos agronómicos están más allá del alcance de este manual. Se mencionan aquí para señalar el punto de que las circunstancias agronómicas bajo las cuales se realizan los ensayos deben ser representativas de las circunstancias agronómicas de los productores si las recomendaciones basadas en dichos ensayos van a ser adoptadas con éxito. Empero, no es suficiente que los datos agronómicos sean representativos de las circunstancias de los agricultores. Los procedimientos empleados para derivar recomendaciones a partir de esos datos, deben ser consistentes con las metas del agricultor quien realiza las decisiones a nivel de su predio y decide, en última instancia, si aplicará o no las recomendaciones.

Metas del agricultor

Si el técnico va a formular recomendaciones que los agricultores adopten debe conocer tanto el elemento humano involucrado en el cultivo de la tierra como el elemento biológico. Debe pensar en términos de las metas de los productores y de las restricciones que ellos enfrentan para lograr esas metas. En este manual se supone que los productores piensan en términos de *beneficios netos* al tomar decisiones sobre su actividad agrícola. Por ejemplo, un agricultor consciente del daño originado por las malezas reconocerá que probablemente reciba beneficios adicionales si elimina las malezas de su campo de cultivo, beneficios en forma de un mayor volumen de cosecha. Por otra parte, sabe que debe incurrir

en algún costo para poder obtener esos beneficios. Debe invertir algún dinero en efectivo para comprar herbicidas y asignar tiempo y esfuerzo para aplicarlos, o bien alternativamente mucho tiempo y esfuerzo para deshierbar a mano. El agricultor ponderará los beneficios recibidos en forma de cosecha contra los beneficios perdidos (costos) en la forma de trabajo y dinero en efectivo invertidos. Nos referiremos al resultado neto de esta ponderación, que realiza el agricultor, como *el beneficio neto* de una decisión, esto es el valor de los beneficios menos el valor de los costos.

Existen dos factores que complican nuestra comprensión del proceso de decisión. El primero es que no podemos restar horas de trabajo de kilos de cosecha, para obtener una estimación adecuada del beneficio neto que percibiría un agricultor. Es probable que el agricultor pueda hacer tal juicio, pero nosotros necesitamos un método más sistemático para evaluar los beneficios netos si vamos a evitar el problema de sumar y restar horas de trabajo con kilos de fertilizante o kilos de grano con toneladas de rastrojo. El segundo factor que complica nuestra comprensión del proceso de decisión es que el agricultor no conoce con certidumbre los resultados que obtendrá de cualquier decisión determinada. En nuestro ejemplo de control de malezas, el agricultor sabe que en el caso de una sequía severa o de una helada temprana, pudiera obtener muy poco o ninguna cosecha, independientemente de la cantidad de malezas presente en su parcela. Si esto sucede, no hay beneficio alguno de la reducción de la población de malezas. Desafortunadamente, es difícil saber cómo percibe el agricultor estos riesgos y cómo la existencia de dichos riesgos afecta sus decisiones; lo que sí sabemos con seguridad es que los riesgos afectan la decisión. En general, los agricultores tratan de protegerse contra estos riesgos y a menudo rechazan alternativas que los expongan a ellos, aún cuando esas alternativas les reditúen beneficios netos promedio mayores que la alternativa tradicional.

Para evitar el problema de restar horas de trabajo de kilos de grano cosechado, estimamos el valor que tiene para el agricultor un kilo de grano y una hora de trabajo en términos de un denominador común que es el dinero. Pero tal procedimiento no implica necesariamente que el agricultor invierta dinero por el trabajo, o reciba dinero por el grano. Tampoco implica que pensamos que los agricultores se preocupan exclusivamente por el dinero. Se trata sencillamente de un procedimiento que usamos para representar el proceso de decisión que el agricultor realiza, es decir la ponderación de los valores que él mismo otorgaría a varios tipos de mercancías, incluyendo la mano de obra.

Si nuestro agricultor consciente de las malezas fuera un agricultor comercial, es decir, si considerara la contratación de mano de obra, la compra del herbicida y venta de la cosecha obtenida, entonces podríamos adjudicar precios corrientes de mercado a la mano de obra, herbicidas y grano, y de esta manera se representarían con bastante precisión los beneficios netos que percibe el agricultor. Por otra parte, si se tratara de un agricultor de subsistencia, tendríamos que emplear el concepto de *costo de oportunidad* para representar los valores que él otorga a la mano de obra y al grano, puesto que no habría precios en efectivo dados o recibidos. El *costo de oportunidad* es el valor de cualquier recurso en su mejor uso alternativo. Consideremos por ejemplo, el costo de oportunidad del tiempo del agricultor. Si él tuviera un empleo fuera de la finca que tuviese que dejar temporalmente para deshierbar su parcela, diríamos entonces que el costo de oportunidad del tiempo empleado en deshierbar es el salario que hubiese recibido si hubiera permanecido en su empleo.

Supóngase, por ejemplo, que el mejor uso alternativo del tiempo del agricultor es trabajar en su cultivo de tabaco, y que el día de trabajo en la plantación

incrementará el beneficio de la cosecha de tabaco en \$5. En este caso, el costo de oportunidad del tiempo usado en deshierbar maíz por ejemplo, será de \$5 por día, puesto que es lo que el agricultor deja de ganar si decide deshierbar el maíz en lugar de atender el tabaco. Supóngase ahora que el agricultor preferirá sentarse en la sombra y descansar en lugar de deshierbar maíz. ¿Es cero el costo de oportunidad de su tiempo? Esto no es muy probable, puesto que algunas personas otorgan algún valor a poder sentarse en la sombra en lugar de trabajar bajo el sol. De todos modos, es una tarea difícil aproximarse al valor que el agricultor da al ocio, si es que ésta es la alternativa de mayor valor en el uso de su tiempo.

Se han señalado entonces los dos problemas principales al evaluar alternativas agronómicas desde el punto de vista de los beneficios netos que el agricultor pudiera percibir. El primer problema fue estimar el valor relativo que los agricultores otorgan a varias clases de mercancías, y allí introducimos los conceptos de precios de mercado y costos de oportunidad a manera de enfoques para tratar con este aspecto. El segundo problema fue estimar el efecto de la incertidumbre acerca de los beneficios netos sobre las decisiones del productor. Gran parte del resto de este manual es una presentación de procedimientos que se pueden utilizar para aproximarse a los precios, a los costos de oportunidad, y a evaluar el efecto del riesgo según es percibido por los agricultores.

Es oportuno tratar un punto más dentro de este mismo tópico. Las circunstancias de los agricultores son diversas en casi cada aspecto imaginable. Tienen diferentes extensiones de terrenos y en cierto grado, diferentes tipos de terrenos aún dentro de una misma zona agroclimática; poseen diferentes niveles de riqueza, diferentes actitudes hacia el cambio, diferentes actitudes hacia el riesgo, diferentes oportunidades de mercado, y así por el estilo. Muchas de estas diferencias influirán en la respuesta que los agricultores den a las recomendaciones que se efectúen. Desafortunadamente, según lo mencionamos antes, no es práctico intentar la formulación de recomendaciones para cada agricultor que sean apropiadas para sus circunstancias particulares. En lugar de ello, el agrónomo debe ofrecer recomendaciones que sean aproximadamente correctas para grupos de agricultores ubicados dentro de ciertos dominios de recomendación

La relación entre el análisis estadístico y el análisis económico de un conjunto de experimentos

Hasta ahora no hemos mencionado el papel que juega el análisis estadístico en el tipo de decisiones analizadas. La mayoría de los agrónomos están familiarizados con las técnicas disponibles para determinar si las medias de rendimiento de un número dado de tratamientos difieren significativamente entre sí y con las pruebas complementarias a estas técnicas. Muchos argumentarán que si no hay evidencia de que las medias de los tratamientos son significativamente diferentes, no hay necesidad de un análisis económico. Sin embargo, esto no es necesariamente cierto. Es conocido que las pruebas estadísticas usadas para determinar si los efectos de los tratamientos experimentales son o no fuentes significativas de variación, se realizan a ciertos niveles predeterminados de probabilidad, generalmente 5 por ciento ó 1 por ciento. No obstante, los agricultores pudieran estar dispuestos a aceptar una evidencia persuasiva menor que la que esos niveles de probabilidad representan. Por ejemplo, si en un experimento la variedad A rindió 3 ton/ha en tanto que la variedad B rindió 4 ton/ha, los agricultores pudieran estar satisfechos de escoger la variedad B aún cuando la diferencia de 1 ton/ha señalada, fuera significativa para un nivel de probabilidad del 10 por ciento.

Más aún, es muy posible que las medias de tratamiento no sean significativamente diferentes cuando se toma cada ensayo separadamente, pero que las medias de los tratamientos *sí difieran* a niveles significativos cuando los datos de todos los ensayos se combinan conjuntamente. En virtud de estas consideraciones, se sugiere que se lleven a cabo *ambos* tipos de análisis, el estadístico y el económico. Si sólo se dispone de un experimento, se puede decir muy poco sobre la pertinencia del tratamiento para los agricultores del área, a menos que los resultados sean abrumadores. Cuando se dispone de varios experimentos (en varios sitios o varios años, o unos y otros), puede llevarse a cabo un análisis estadístico de los datos combinados. El análisis de varianza debe incluir tratamientos, sitios, y la interacción sitios x tratamientos como fuentes de variación. Si las medias de los tratamientos no son significativamente diferentes, pero un análisis económico muestra que un tratamiento es una mejor recomendación que otros tratamientos, conviene hacer un análisis más cuidadoso de la recomendación utilizando los procedimientos que se señalan en los capítulos 4 y 5 de este manual. En todo caso, el técnico debe guiarse por el análisis económico al formular sus recomendaciones. Si en efecto, él ha hecho un buen análisis, su recomendación se orientará hacia el mejor interés del agricultor.

Esto no quiere decir que los análisis estadísticos carecen de utilidad. Son valiosos, pero su mayor valor no estriba en la derivación de recomendaciones, sino en determinar qué es lo que pasa biológicamente en los experimentos. Por ejemplo, sólo mediante el análisis estadístico puede el agrónomo determinar si hay una interacción significativa entre la respuesta al nitrógeno y el nivel de fósforo, o si la respuesta al nitrógeno varía significativamente de un sitio a otro. Este tipo de información puede ser muy útil al planear nuevos ensayos, y en cierta medida, para interpretar los resultados de los ensayos ya realizados, pero no es imprescindible para derivar recomendaciones a partir de la información de los ensayos llevados a cabo.

Objetivos del manual

El objetivo de este manual es mostrar al técnico agrónomo la forma en que los elementos descritos en la sección anterior interactúan en el arte de formular recomendaciones. El uso de este manual será de utilidad en los siguientes aspectos:

1. Identificar los beneficios asociados con diferentes tratamientos y evaluarlos en forma consistente con las circunstancias del agricultor.
2. Identificar insumos y productos que cambian de un tratamiento a otro evaluándolos en la misma forma.
3. Identificar fuentes de variabilidad que contribuyen a la incertidumbre con respecto a los beneficios netos que el agricultor logrará de cada tratamiento.
4. Derivar recomendaciones a partir de información sobre costos, beneficios y variabilidad que sean consistentes con las metas del agricultor de aumentar su ingreso medio y de evitar riesgos, y con la escasez de capital que caracteriza a la mayoría de las situaciones agrícolas.

El enfoque adoptado es deliberadamente no-matemático, sólo se utilizan unos cuantos conceptos y términos de economía. La razón es que por un lado, se supone que la mayoría de los lectores no poseen un conocimiento profundo en economía, en matemáticas, y estadística y por otro, que tales conocimientos no son necesarios en la derivación de recomendaciones exitosas para los agricultores.

2

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DE EXPERIMENTOS

Hemos afirmado que los agricultores se interesan en los beneficios netos y en protegerse contra el riesgo. También hemos afirmado que si el agrónomo va a hacer buenas recomendaciones, debe tener en mente estas metas y evaluar las tecnologías alternativas desde el punto de vista del agricultor. El presupuesto parcial permite al agrónomo organizar los datos experimentales y otra información sobre costos y beneficios de varios tratamientos. En este capítulo introducimos los conceptos del presupuesto parcial. En los capítulos siguientes discutiremos con mayor detalle algunos de los problemas involucrados al estimar costos y beneficios. En el capítulo 4 se describen procedimientos para derivar recomendaciones a partir de la información sobre presupuesto parcial y riesgo.

Conceptos básicos

El propósito del presupuesto parcial es el de organizar la información de manera tal que ayude a tomar una decisión de manejo en particular. Los tipos de decisión que de ordinario preocuparán al agrónomo son la elección del nivel de fertilización, la elección de la variedad, la elección de la fecha y densidad de siembra, y así por el estilo, o quizás la elección de "paquetes" opcionales de tales prácticas. Algunas son decisiones de "sí o no", otras son decisiones de "cuánto o qué nivel", pero todas pueden ser presupuestadas en la manera descrita en este manual.

Para introducir estos conceptos, consideremos una vez más el caso del agricultor consciente de las malezas. Él ha visto quizás algunos resultados experimentales en terrenos vecinos, y sabe que en los dos últimos ciclos, las parcelas sin herbicida rindieron un promedio de 2 ton/ha, en tanto que las parcelas con herbicida promediaron 2.5 ton. Sus propios rendimientos promediaron alrededor de 2 ton también, y piensa que con herbicida podrá obtener el mismo aumento de rendimiento en sus propios terrenos.

Desconocemos la secuencia exacta de pasos que seguirá el agricultor para evaluar esta elección, pero de alguna manera él pondera los beneficios que recibiría de cada alternativa con los costos en que debe incurrir para cada alternativa. Podemos simular el mismo proceso y registrar los resultados conforme revisamos el Cuadro 1. Veremos primero los beneficios enseguida los costos, y luego los beneficios netos.

El primer concepto utilizado es:

Rendimiento neto—El rendimiento medido por hectárea en el campo, menos las pérdidas de cosecha y de almacenamiento, cuando éstas sean aplicables.

Nuestro agricultor considera que los rendimientos obtenidos en los ensayos son los mismos que los que él obtendría, y puesto que vende su grano inmediatamente después de la cosecha, no necesita considerar pérdidas de almacenamiento. Por tanto, se registran, 2 y 2.5 en el primer renglón del Cuadro 1 como una medida del rendimiento que el agricultor espera obtener. El siguiente punto es el valor que el agricultor otorga al rendimiento extra, el cual designamos como:

Precio de campo—El valor para el agricultor de una unidad adicional de producción en el campo, *antes* de la cosecha. Los agricultores que venden todo o parte, de su grano se preocuparán por el precio monetario de campo en tanto que quienes consumen toda su cosecha, se preocuparán por el precio de oportunidad de campo. *El precio monetario de campo* es el precio del producto en el mercado menos los costos de cosecha, almacenamiento, transporte y comercialización y los descuentos por la calidad del grano.

El precio de oportunidad de campo es el precio monetario que la familia del agricultor tiene que pagar por adquirir una unidad adicional del producto para su consumo.

Nuestro agricultor vende siempre su producto a un camionero que pasa por la finca, y espera recibir \$1100 por tonelada. Sin embargo, sabe también que le

CUADRO 1.
Ejemplo de un presupuesto parcial.

	Práctica actual	Uso de herbicida
Beneficios		
Rendimiento del agricultor (rendimiento neto)	2.0 tons	2.5 tons
Valor para el agricultor (precio de campo)	\$1000	\$1000
Beneficio total (beneficio bruto de campo)	\$2000	\$2500
Costos variables		
herbicida		
cantidad	—	2 litros
valor (precio monetario de campo)	—	X\$30
total (costo de campo del herbicida)		\$60
mano de obra para aplicación de herbicida		
cantidad	—	2 días
valor (precio de oportunidad de campo)	—	X\$10
total (costo de campo de mano de obra)	—	\$20
mano de obra para control manual		
cantidad	10 días	3 días
valor (precio de oportunidad de campo)	X\$10	X\$10
total (costo de campo de mano de obra)	\$100	\$30
costos variables totales	\$100	\$110
Beneficios netos	\$1900	\$2390

NOTA. El símbolo \$ usado en este manual no representa ninguna moneda nacional en particular. Las medidas se dan según el sistema métrico decimal.

cuesta unos \$100 por tonelada cosechar y desgranar el maíz, de manera que el precio de campo es de \$100 la tonelada. Al multiplicar rendimiento neto por precio de campo, obtenemos una estimación del valor total, o sea el:

Beneficio bruto de campo—Rendimiento neto multiplicado por el precio de campo de todos los productos del cultivo. En general, esto pudiera incluir beneficios monetarios o beneficios de oportunidad, o ambos.

Al considerar los costos asociados con esta decisión, el agricultor sólo necesita preocuparse por los costos que son afectados por la decisión, o sea los *costos variables*. A los costos no afectados por la decisión (en este caso, costos de labranza y siembra) se les conoce como *costos fijos*. Puesto que se incurrirá en estos costos independientemente de cuál decisión se tome, no se afecta la elección y pueden no tomarse en cuenta para los propósitos de esta decisión. El término "presupuesto parcial" sirve para recordar que no todos los costos de producción, y tal vez no todos los beneficios, se incluyen en el presupuesto, sino únicamente aquéllos que son pertinentes a la decisión.

Para que el agricultor tome una decisión efectiva, él habrá de identificar *todos* los insumos extras que debe utilizar para aplicar el herbicida. En su caso, esto incluye solamente el herbicida y la mano de obra que se necesita para aplicarlo, más la reducción en el trabajo de control a mano (suponemos él ya tiene una aspersora de mano que puede utilizar). La cantidad de herbicida que se requiere es de dos litros por hectárea, y el agricultor supone que la aplicación le tomará dos días de su tiempo por hectárea en su experiencia con aplicación de insecticida. El valor del herbicida se puede expresar sencillamente en términos de dinero, porque será dinero, \$30.00 por litro, lo que él tendrá que gastar para adquirirlo. A este concepto de valor lo referimos como:

Precio de campo (de un insumo):— el valor total involucrado para traer una unidad extra de un insumo al campo. *El precio monetario de campo* se refiere a los valores en moneda tales como precio de campo u otros gastos directos. *El precio de oportunidad de campo* se refiere al valor no-monetario del insumo involucrado. Este valor es el valor del insumo en su mejor uso alternativo. Para la mano de obra de la familia del agricultor, el precio de oportunidad de campo pudiera ser el salario que podría obtener en un empleo fuera de la finca, o el valor del tiempo si éste se dedicara a otra actividad en la finca, o el valor que el trabajador dá al ocio.

Costo de campo (de un insumo)—es el precio de campo de un insumo multiplicado por la cantidad de ese insumo que varía con la decisión. Pudiera expresarse como costo monetario de campo o costo de oportunidad de campo, o tal vez ambos, dependiendo del insumo de que se trate.

Así, para nuestro agricultor, el costo de campo de un herbicida es de \$60 por hectárea. En lo que atañe a su mano de obra, el agricultor pudiera reflexionar que él no hará ese tipo de trabajo para alguien más por menos de \$10 al día (de otra manera, preferiría sentarse a la sombra). Esto significa que él evalúa el costo de oportunidad de su tiempo en \$10 al día, y por tanto, el

costo de campo del trabajo para aplicar el tratamiento de herbicida es de \$20 por hectárea. El agricultor también estima que usando herbicida puede reducir el tiempo necesario para control manual de malezas que es de 10 días por hectárea, a 3 días por hectárea. Por lo tanto el costo de control manual se reduce de \$100 a \$30. El valor total para cualquier tratamiento es el:

Costo total de campo o costo variable— La suma de los costos de campo de todos los insumos que son afectados por la elección. En el presupuesto parcial nos referimos únicamente a aquellos insumos que son afectados por la decisión, así que el costo total de campo se refiere en efecto a los costos variables, es decir: aquellos costos que varían con la elección. El costo variable puede consistir en costos monetarios o costos de oportunidad, o ambos.

El costo variable total de la alternativa herbicida es de \$110 por hectárea y el de la práctica actual \$100. Al restar éstos de los beneficios recibidos se tienen:

Beneficios netos— El beneficio total bruto de campo menos el total de los costos variables.

En la cifra de beneficios netos pretendemos representar el valor que el agricultor otorga a la producción adicional menos el valor que otorga a aquellos insumos que él debe emplear para lograr la producción extra. En el caso del agricultor consciente de las malezas, los beneficios netos de la alternativa herbicida son de \$2,390 por hectárea, contra \$1,900 que obtiene con la práctica actual. Hay que recordar que esto no es lo mismo que ganancia líquida, porque hemos dejado muchos costos fuera del presupuesto, dado que son irrelevantes en esta decisión en particular.

Si bien parece que este agricultor elegiría usar herbicidas, esto no es del todo claro, puesto que hay incertidumbre en torno a sus rendimientos y puesto que el dinero pudiera ser muy escaso. En capítulos posteriores trataremos estos temas. Procederemos ahora a aplicar los conceptos descritos antes a fin de hacer un análisis de presupuesto parcial de algunos experimentos con fertilizantes.

Análisis de presupuesto parcial de experimentos con fertilizantes: un ejemplo

El Cuadro 2 presenta los resultados de 3 ensayos de fertilizantes en maíz realizados en una área de temporal relativamente uniforme. El propósito de estos ensayos fue el de derivar niveles de fertilización recomendados para los agricultores de la región. Hemos presentado aquí los rendimientos medios obtenidos de tres repeticiones de los experimentos. (Hemos promediado las repeticiones debido a que estos promedios son la mejor estimación del rendimiento que se obtendría en todo el terreno donde se estableció el experimento).

Aunque es obvio que hay una variabilidad considerable en rendimientos y respuestas de rendimiento de un sitio a otro, hemos de posponer una discusión de las implicaciones de esta variabilidad para las decisiones de los agricultores. Por ahora, consideraremos únicamente los *rendimientos promedios* obtenidos de cada tratamiento sobre los ocho sitios, y manejaremos los datos como lo haríamos con un solo experimento. La Fig. 1 suministra una imagen gráfica de la respuesta media de rendimiento resultante del ensayo.

El Cuadro 3 proporciona un formato conveniente para organizar la informa-

Formulación de
recomendaciones a partir
de datos agronómicos

CUADRO 2.
Rendimiento de maíz por tratamiento de fertilizante para 8 sitios (ton/ha con 14 por ciento humedad).

Sitio	N: P ₂ O ₅ :	Tratamiento (kg/ha)												Promedio
		0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150	
1	0	0.40	1.24	3.63	3.76	0.79	2.58	4.23	4.72	1.67	2.51	3.28	3.66	2.71
2	0	1.53	2.60	5.14	5.32	1.67	3.79	5.10	6.83	1.41	4.13	5.89	6.27	4.14
3	0	4.15	4.86	4.80	4.87	4.44	5.00	4.97	5.28	5.12	5.66	6.36	6.62	5.18
4	0	2.42	3.82	5.23	4.48	2.36	4.54	6.26	7.17	1.61	4.41	5.38	6.58	4.52
5	0	1.64	1.92	2.08	2.19	2.04	3.21	3.12	2.93	1.44	3.44	3.32	3.62	2.58
6	0	1.61	2.94	4.14	4.34	1.81	3.92	3.61	3.81	1.18	3.89	5.38	4.92	3.46
7	0	4.74	5.41	4.29	4.92	4.91	5.22	5.38	5.14	5.10	4.88	4.54	5.28	4.98
8	0	1.21	2.33	1.97	2.23	1.53	2.78	2.49	2.80	1.37	3.51	3.75	4.35	2.53
Promedio		2.21	3.14	3.91	4.01	2.44	3.88	4.40	4.84	2.36	4.05	4.74	5.16	3.76

ción de presupuesto parcial. Hemos mostrado las elecciones alternativas de nivel de fertilización como encabezados de columna, y hemos listado primero los niveles de rendimiento medio para cada una, seguidos del rendimiento neto después de una reducción de 10 por ciento correspondiente a supuestas pérdidas de cosecha y almacenamiento. El precio del mercado del maíz en esta área es de \$1,200 por tonelada, pero luego de hacer las correcciones por costos de cosecha, costos de transporte y mermas (véase el Capítulo 7), determinamos que el precio de campo del rendimiento adicional es de \$1,000 por tonelada. En la línea 3 se muestra el *beneficio bruto de campo* resultante. Por supuesto los mayores beneficios brutos de campo se obtienen del tratamiento que dá los rendimientos más altos, que en este caso es también el mayor nivel de fertilización.

Al considerar los costos asociados con cada elección, debemos familiarizarnos con la tecnología usada por el agricultor si vamos a determinar cuáles insumos serán afectados por la elección del nivel de fertilización. En esta área, en

CUADRO 3.
Presupuesto parcial de datos promediados de ensayos de fertilizantes (por hectárea)

Concepto	Tratamiento de fertilizantes (N-P ₂ O ₅ en Kg)											
	0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
(1) Rendimiento promedio (ton/ha)	2.21	3.14	3.91	4.01	2.44	3.88	4.40	4.84	2.36	4.05	4.74	5.16
(2) Rendimiento ajustado (ton/ha)	1.99	2.83	3.52	3.61	2.20	3.49	3.96	4.36	2.12	3.64	4.27	4.64
(3) Beneficio bruto de campo (\$/ha a \$1000/ton)	1990	2330	3520	3610	2200	3490	3960	4360	2120	3640	4270	4640
<i>Costos monetarios variables:</i>												
(4) Nitrógeno (\$8/kg N en el campo)	0	400	800	1200	0	400	800	1200	0	400	800	1200
(5) Fósforo (\$10/kg P ₂ O ₅ en el campo)	0	0	0	0	250	250	250	250	500	500	500	500
(6) Costos monetarios variables (\$/ha)	0	400	800	1200	250	650	1050	1450	500	900	1300	1700
<i>Costos variables de oportunidad:</i>												
(7) Número requerido de aplicaciones	0	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
(8) Costo por aplicación (2 días a \$25)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
(9) Costos de oportunidad variables (\$/ha)	0	50	100	100	50	50	100	100	50	50	100	100
(10) Total de costos variables (\$/ha)	0	450	900	1300	300	700	1150	1550	550	950	1400	1800
(11) Beneficio neto (\$/ha)	1990	2380	2620	2310	1900	2790	2810	2810	1570	2690	2870	2840

*Formulación de
recomendaciones a partir
de datos agronómicos*

tertido a escoger el tratamiento 100-50 como la recomendación de fertilización para esta área. Sin embargo, ésta sería una elección deficiente, porque hasta ahora hemos ignorado algunos aspectos críticos de las circunstancias del agricultor, a saber, escasez de capital, incertidumbre y aversión al riesgo. En los tres capítulos siguientes, consideramos estas circunstancias adicionales y sus efectos sobre nuestra recomendación.

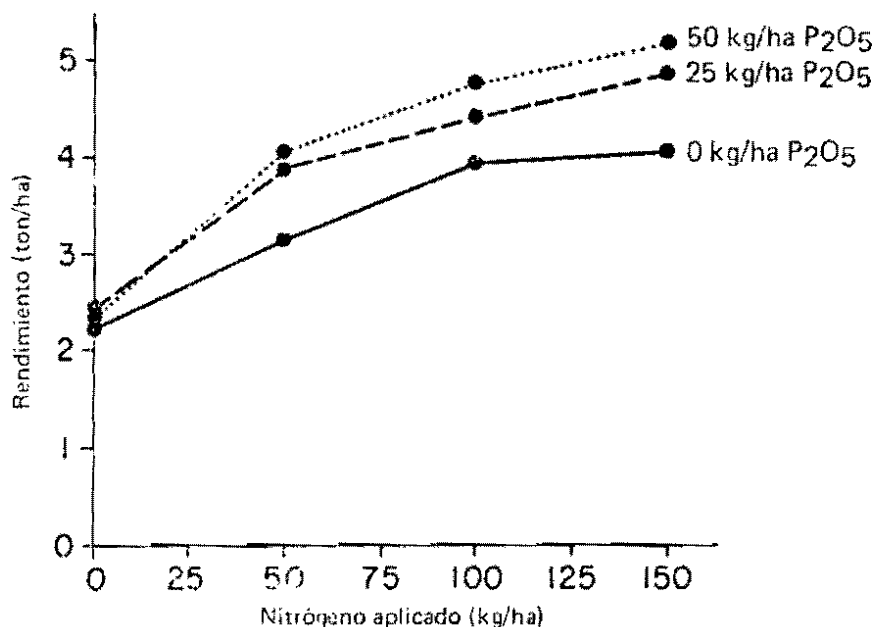


FIGURA 1. Rendimiento promedio de respuesta a nitrógeno.

particular, el método dominante de tecnología de preparación del terreno, es el de arado tirado por animales, en tanto que el fertilizante se aplica a mano. Por consiguiente, los únicos insumos afectados por esta decisión son las cantidades de fertilizantes y la mano de obra requerida para la aplicación (el valor de la mano de obra en la cosecha se ha deducido del precio de campo (véase el Capítulo 7). El precio del nitrógeno en el lugar de compra es de \$5 por kg. de elemento N y el precio del fósforo es de \$7 por kg de P₂O₅, pero después de hacer las correcciones para el transporte (véase el Capítulo 6), determinaremos que el precio de campo de N y P₂O₅ es de \$8 y \$10 por kilo, respectivamente.

En estos experimentos, los niveles de nitrógeno por sobre 50 kg. fueron aplicados en dos dosis, y estimamos que se necesitan 2 días-hombre por hectárea para cada aplicación. Después de visitar a agricultores de la región, calculamos que \$25 por día-hombre es una estimación razonable del valor promedio del tiempo del agricultor, aunque reconocemos que para algunos agricultores del área el costo de oportunidad puede aproximarse a cero, en tanto que para otros podría ser mayor (véase el Capítulo 6). En las líneas 7 y 8 del Cuadro 3, hemos calculado el costo de la mano de obra para cada tratamiento, y en la línea 9 mostramos el total de todos los costos variables asociados con cada tratamiento.

Hemos finalizado la tarea de estimar los beneficios de campo y los costos variables asociados con cada una de las opciones de nivel de fertilización. Pero la tarea de elegir de entre ellas, desde el punto de vista del agricultor, dista de ser completa. Enseguida calculamos los *beneficios netos*, o sea el beneficio bruto menos los costos variables, y los registramos en la línea 11.

El listado del beneficio neto para cada tratamiento, según se muestra en la línea 11 del Cuadro 3, concluye el *análisis de presupuesto parcial de los rendimientos promedios* de estos experimentos. En este punto, se pueda estar

3

ESCASEZ DE CAPITAL Y EL COSTO DEL CAPITAL

En el capítulo anterior tuvimos el cuidado de incluir los costos de todos los insumos que varían con una decisión de producción determinada. Estos costos abarcaron los costos en efectivo de insumos comprados, pero no el costo del capital. Por *capital* entendemos el valor del dinero (propio o prestado) que se invierte en forma de insumos con la esperanza de recuperarlo más tarde. El *costo del capital* pudiera ser un costo directo, como en el caso de una persona que obtiene dinero en préstamo para comprar fertilizantes y debe pagar un interés además del costo del fertilizante. Pudiera ser también un costo de oportunidad, es decir lo que se deja de ganar al no invertir el dinero en su mejor uso alternativo.

En el capítulo anterior sugerimos que el costo del capital puede ser muy importante en las decisiones de los agricultores. Esto se debe a que el costo del capital para uso agrícola es de ordinario muy alto, particularmente en los países menos desarrollados. El interés que cargan los prestamistas locales a menudo se aproxima a un 100 por ciento por año, lo cual puede duplicar el precio de los insumos adquiridos con tales préstamos. Aún en el caso de programas de crédito subsidiados por el gobierno, los cargos por servicio y las primas por aseguramiento pueden dar como resultado tasas de interés mucho más altas que las tasas de interés anunciadas por la institución de crédito. Más aún, la mayoría de los minifundistas poseen muy poco capital propio y les interesa invertir en solamente aquellos insumos que pueden darles las mayores ganancias. Esto significa que el costo de oportunidad del capital, así como su costo directo, es un tanto alto para estos agricultores.

Una manera de incorporar el costo del capital al procedimiento de presupuesto es aumentar el costo de cada insumo en un monto apropiado. Sin embargo, debido a la importancia crítica que tiene la disponibilidad del capital, hemos rechazado este enfoque en favor de otra alternativa. No cargamos costo al capital en el proceso de presupuestado, sino que en lugar de ello consideramos los beneficios netos como una ganancia al capital. Podemos entonces comparar esta tasa de ganancia con la tasa de oportunidad media de ganancia al capital a nivel de finca en el área. Si la tasa calculada de ganancia para una alternativa de producción es mayor que la tasa de oportunidad, podemos entonces juzgar que esta alternativa es deseable desde el punto de vista del agricultor.

Esto nos conduce a la difícil interrogante de cual será la tasa mínima de ganancia aceptable para los agricultores. Consideremos dos agricultores para ver por qué ésta es una pregunta difícil y qué podemos hacer al respecto.

Primero imaginemos un agricultor A que puede obtener un crédito para la producción a través de su cooperativa a banco local. Si él obtiene dinero

para una nueva alternativa de producción, su costo de capital será un costo directo, puesto que él tiene que pagar intereses a una tasa de 12 por ciento al año sobre el préstamo. Dado que el agricultor A obtiene el préstamo a 6 meses solamente el costo será de 6 por ciento de la cantidad en préstamo. Pero también debe pagar un cargo por servicio de 5 por ciento de la cantidad en préstamo. Así, para él, el costo de un préstamo a 6 meses es de 11 por ciento de la cantidad en préstamo.

Ahora, si la alternativa de producción promete una ganancia media de justamente 11 por ciento, el agricultor A no querrá adoptar la alternativa, puesto que después de pagar el costo directo del capital tendrá una ganancia de exactamente cero en beneficios netos. Por ejemplo, supóngase que este agricultor invertirá \$100 en fertilizante y espera un incremento medio de \$11 en beneficios netos. Si él obtiene un préstamo de \$100 de su cooperativa, tendrá que pagar \$11 de intereses y de cargos por servicio además de sus otros costos, y su incremento en beneficios netos se reducirá a cero.

Podemos así concluir que el agricultor A no escogerá una alternativa de producción a menos que la tasa de ganancia sobre capital sea mayor del 11 por ciento, que es el costo directo de su capital. ¿Pero cuánto más? . Esto dependerá en parte del riesgo en la alternativa, el otro factor importante que hasta ahora no hemos incorporado en nuestro análisis. El agricultor A advertirá seguramente que los beneficios netos, según los calculamos en nuestro análisis de presupuesto parcial, se basan en resultados de rendimientos promedio. En algunos años, los beneficios netos derivados de la alternativa que está siendo considerada pueden ser muy bajos. Veremos en el Capítulo 5 una discusión amplia sobre como evaluar este tipo de riesgo, pero debe quedar claro que los agricultores de escasos recursos, no desean arriesgarse a perder el poco capital que tienen.

Debido a esta aversión al riesgo, el agricultor A pudiera no querer aceptar una nueva alternativa de producción, a menos que la ganancia *media* sobre su capital escaso exceda considerablemente al costo directo del capital. Como regla práctica, creemos que la mayoría de los pequeños agricultores no invertirán en alternativas a menos que la ganancia media sea de por lo menos 20 por ciento sobre el costo directo del capital. No pretendemos que ésta sea una estimación de gran precisión, pero es mejor hacer una estimación de un efecto que desdeñarlo por completo. Para las alternativas que no sean muy riesgosas, sabemos que los agricultores estarían dispuestos a aceptar una *prima de riesgo* más pequeña. Para alternativas más riesgosas, estamos seguros de que la prima de riesgo requerida es mucho más alta. Por tanto, a menos que tengamos más información sobre el agricultor A o sobre el riesgo implícito en las alternativas que él está considerando, estimaríamos que él no adoptaría una alternativa a menos que la tasa de ganancia para el rendimiento medio obtenido con la alternativa sea de por lo menos 31 por ciento:

Costo de Capital—Agricultor A

Monto del crédito obtenido para fertilizante	\$100
Intereses por 6 meses (12 por ciento /año)	\$ 6
Pago por servicios	\$ 5
Monto total del préstamo	\$111
Costo directo de capital (11/100)	11%
Prima de riesgo	20%
Costo de capital del agricultor A	31%

Consideremos ahora un agricultor B que no obtendrá un préstamo, sino que estará usando sus propios fondos para invertir en tecnologías alternativas. El costo de oportunidad de usar su capital, en una alternativa en particular, es la tasa de ganancia que él podría recibir mediante el mejor uso alternativo de su capital. Pensamos que, en general, una buena estimación de este costo de oportunidad es de 40 por ciento. De nuevo, no atribuimos gran precisión a esta regla práctica, pero es consistente con el comportamiento que hemos observado con los productores de áreas agrícolas desarrolladas y subdesarrolladas. Algunos expertos consideran la cifra de 50 por ciento, e incluso el 100 por ciento, niveles que podrían ser apropiados en algunos casos, particularmente cuando se trata de agricultores de subsistencia de regiones con alta variabilidad de rendimiento.

Para resumir esta larga discusión, hemos argumentado que el costo del capital es muy alto para la mayoría de los agricultores del mundo. Si bien el costo del capital variará de una finca a otra, por regla general pensamos que una tecnología no debe ser recomendada a menos que la tasa de ganancia sobre el capital sea por lo menos de 40 por ciento para el ciclo de cultivo. Cuando el agrónomo posee información específica con respecto al costo del capital, al costo de oportunidad del capital, y al riesgo implícito en las alternativas, el quizás desee usar otras estimaciones. En un capítulo posterior discutiremos más en detalle la medición y las implicaciones del riesgo de las alternativas.

4

EL USO DE CURVAS DE BENEFICIO NETO Y DEL ANALISIS MARGINAL PARA DERIVAR RECOMENDACIONES

En el capítulo 2 explicamos como evaluar elecciones alternativas desde el punto de vista de los beneficios netos promedios para el agricultor. Hemos sugerido que los agricultores no escogerán necesariamente la alternativa con los beneficios netos promedios más altos, debido a la escasez de capital en la agricultura y a los riesgos que pudieran estar asociados con los beneficios netos de una alternativa de producción determinada. En este capítulo reunimos estos conceptos y mostramos como derivar recomendaciones que sean consistentes tanto con la escasez de capital como con los riesgos.

La curva de beneficio neto

Un instrumento muy conveniente para resumir los resultados de un presupuesto parcial de varias alternativas de producción, es la curva de beneficio neto. Esta curva muestra la relación entre los costos variables de cada alternativa y los beneficios netos promedios obtenidos. Podemos describir mejor esto al dibujar la curva de beneficio neto a partir de los experimentos de fertilizantes anotados antes.

En la Fig. 2, hemos representado cada uno de los tratamientos de fertilizantes a partir del Cuadro 3, de acuerdo con el beneficio neto y los costos variables de cada tratamiento. A un lado de cada uno de los 12 puntos representados mostramos, entre paréntesis, los niveles de nitrógeno y de fósforo. Parece evidente, observando los puntos representados, que algunas de las alternativas de tratamientos serían difícilmente escogidas por algún agricultor. Por ejemplo, los tratamientos de solamente fosfato (0-25 y 0-50) tienen rendimientos netos menores que el tratamiento testigo (0-0), pero los costos variables asociados son de \$300 y \$500 por hectárea. Es improbable que algún agricultor escoja estas alternativas cuando podría recibir un mayor beneficio neto con un costo variable de cero. Lo mismo se aplica a los tratamientos 100-0 y 50-50. Los beneficios netos promedios de estos tratamientos son menores que los del tratamiento 50-25 y éste tiene un costo variable menor. A los niveles de fertilizantes como 0-25, 0-50, 100-0 y 50-50 les llamamos *alternativas dominadas*, porque para cada uno de ellos existe otra alternativa con un mayor beneficio neto y un menor costo variable. En circunstancias normales nunca esperaríamos que un agricultor escogiera alguna de estas alternativas dominadas.

Hemos unido con una línea sólida las opciones no dominadas. Esta línea sólida es la *curva de beneficio neto*. Dos aspectos deben destacarse de esta curva de beneficio neto. El primero es que la curva se eleva abruptamente al principio, luego más suavemente hasta alcanzar el máximo, y enseguida comienza a decaer.

Esto es importante porque nos muestra claramente que se pueden reducir los costos considerablemente a partir del punto de beneficios netos máximos con poca reducción en los beneficios netos. Dicho de otro modo: esto muestra que las ganancias obtenidas al aplicar pequeñas cantidades de fertilizantes son mucho más grandes que las obtenidas en aplicaciones adicionales de mayores cantidades de fertilizantes.

El segundo aspecto interesante de la curva de beneficio neto es la forma entre el punto 0-0 y el punto 50-25. Los dos segmentos de línea sólida caen por debajo de la línea punteada que conecta estos dos puntos, en tanto que normalmente esperaríamos que una curva de respuesta a fertilizante, o una curva de beneficio neto, cayera por sobre la línea punteada. En otras palabras, de ordinario esperamos que estas curvas comiencen abruptamente y que la pendiente decaiga gradualmente a medida que aumenta la aplicación de insumos. La irregularidad de la curva que observamos aquí, se pudiera deber a una interacción entre el nitrógeno y el fósforo a bajos niveles de fertilización, o pudiera deberse a que los datos analizados no son representativos. (Aún cuando éstos son los resultados combinados de muchos ensayos).

Cualquiera que sea la causa de esta forma poco usual, son claras las implicaciones para futuros experimentos. No hay seguramente razón para llevar a cabo posteriores ensayos con costos que excedan los \$650, puesto que parece evidente que los beneficios netos aumentan poco o nada por encima de dicho punto. Por otra parte, la intuición sugiere que *pudiera* haber algunos tratamientos de fertilizantes que darían como resultado puntos por sobre la línea punteada entre 0-0 y 50-25. Puesto que pareció haber una importante interacción entre

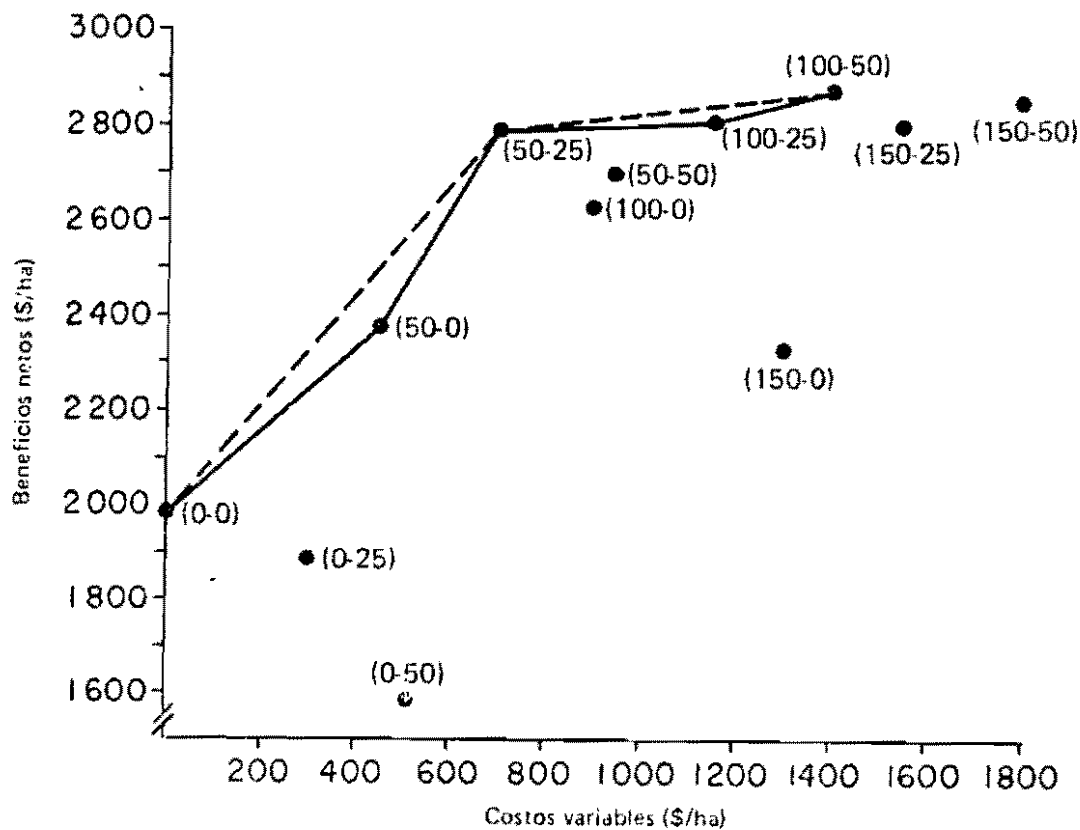


FIGURA 2. Curva de beneficios netos para el ensayo de fertilización. Los números entre paréntesis representan kg/ha de N y P₂O₅ respectivamente.

N y P₂O₅, parecería razonable experimentar más a fondo con tratamientos que cuestan entre \$300 y \$500, tales como 40-15, 30-15, 25-25, etc. Estos tratamientos pudieran dar como resultado el descubrimiento de puntos por encima de la línea punteada. Si así fuera, éstos serían tratamientos que reducen aún más los costos para el agricultor, sin reducir apreciablemente los beneficios netos.

Análisis marginal de beneficios netos

Hemos observado que la curva de beneficio neto para los datos de fertilizantes se eleva rápidamente al principio y luego más lentamente hasta un máximo. Hemos encontrado que éste es el caso de la mayoría de las curvas de beneficio. Ello implica que la tasa de retorno a la inversión en las primeras unidades de fertilizante, es mucho más alta que el retorno a las unidades adicionales requeridas para lograr el beneficio neto máximo. Al observar la Fig. 2 uno se siente tentado a concluir que no muchos agricultores estarían dispuestos a invertir más de \$700 por hectárea en fertilizantes (para 50 kg. de N y 25 de P₂O₅), puesto que los primeros \$700 suministran un aumento de beneficios netos de unos \$800, en tanto que los segundos \$700 dan un incremento del beneficio neto de solamente \$80. Para explorar estas observaciones con más detalle, necesitamos introducir el concepto de análisis marginal.

El propósito de análisis marginal es el de revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece. El *beneficio neto marginal* es el incremento en beneficio neto que se puede obtener de un incremento dado de la inversión. En el ejemplo de los fertilizantes, el beneficio neto marginal de los \$450 invertidos en 50 kg de N (la inversión productiva más pequeña que se incluyó) es de \$390. El próximo incremento posible de inversión es gastar \$250 adicionales en 25 kg de P₂O₅ (llevándolos al tratamiento 50-25). El beneficio neto marginal de este incremento en gastos es de \$410. La *tasa marginal de retorno* para un incremento determinado, es el beneficio marginal neto dividido entre el costo marginal (incremento en gastos). Así la tasa marginal de retorno para los primeros \$450 de gasto será:

$$\frac{2380 - 1990 = 390 = \text{beneficio neto marginal}}{450 - 0 = \text{costo marginal}} = 0.87 = 87\%$$

La tasa marginal de retorno para los segundos \$450 de gasto será:

$$\frac{2790 - 2380 = 410 = \text{beneficio neto marginal}}{700 - 450 = 250 = \text{costo marginal}} = 1.64 = 164\%$$

Si el lector reflexiona un poco, verificará que la tasa marginal de retorno es la misma que la pendiente de la curva de beneficio neto. Según la forma de la curva resulta claro que la tasa marginal de retorno para gastos por encima de \$700 por hectárea es muy pequeña.

Es posible hacer un análisis marginal de los datos de fertilización analizados sin hacer referencia a la curva de beneficios netos. El primer paso es listar todas las alternativas de *mayor a menor* beneficio neto. Hemos tomado la información del Cuadro 3 para elaborar dicha lista según se muestra en el Cuadro 4. El paso siguiente es proceder de arriba hacia abajo de la lista, para identificar y eliminar las alternativas dominadas. Por ejemplo, el segundo beneficio más alto se obtiene con el tratamiento 150-50. Pero el costo variable de este tratamiento es mayor que el costo variable del tratamiento

CUADRO 4.
Análisis de dominancia de datos de respuesta a fertilizantes.

4/ Curvas de beneficio neto y análisis marginal

Beneficio neto (\$/ha)	Tratamientos (kg/ha)		Costo variable (\$/ha)
	N	P ₂ O ₅	
2870	100	50	1400
<i>2840</i>	<i>150</i>	<i>50</i>	<i>1800</i>
2810	100	25	1150
<i>2810</i>	<i>150</i>	<i>25</i>	<i>1550</i>
2790	50	25	700
<i>2690</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>950</i>
<i>2620</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>900</i>
2380	50	0	450
<i>2310</i>	<i>150</i>	<i>0</i>	<i>1300</i>
1990	0	0	0

inmediato superior que tiene asociado un mayor beneficio neto. Así, es dominado, y se puede eliminar (según se indica con *itálicas*). Revisando la lista hacia abajo, eliminamos cualquier tratamiento que tenga un costo variable igual o mayor que el del tratamiento inmediato superior. Así, nos quedan cinco alternativas no dominadas, que son, por supuesto, las mismas representadas por la curva sólida de beneficio neto de la Figura 2.

Para proceder con el análisis marginal, tomamos esas cinco alternativas del Cuadro 4 y las ponemos en el Cuadro 5. Entonces calculamos y presentamos el costo marginal, el beneficio neto marginal y la tasa de retorno marginal para cada incremento de gasto. Comenzando desde abajo, el costo marginal del primer incremento es de \$450, el beneficio neto marginal es de \$2,380 - 1,900 = \$390, y la tasa de retorno marginal es, por lo tanto $390/450 = 0.87$ ó 87 por ciento. El costo marginal del segundo incremento es \$700 - \$450 = \$250, el beneficio marginal es \$2,790 - \$2,380 = \$410, y la tasa de retorno marginal es $410/250 = 164$ por ciento. El siguiente incremento en gasto es de 50 kg adicionales de nitrógeno por \$450 y el retorno de sólo 4 por ciento, pero el siguiente incremento en 25 kg de P₂O₅ tiene una tasa de retorno marginal al 24 por ciento.

Pero la pregunta sigue: ¿Qué nivel de gastos promedio escogería el agricultor, si él dispusiera de toda esta información? Antes hemos afirmado que, como

CUADRO 5.
Análisis marginal de tratamientos de fertilización no dominados (por hectárea).

Beneficio neto (1)	Tratamiento		Costo variable (2)	Cambio con respecto al beneficio próximo superior		
	N	P ₂ O ₅		Incremento marginal en beneficio neto (3)	Incremento marginal en costo variable (4)	Tasa de retorno marginal (5)
(a) \$2870	100	50	\$1400	\$ 60	\$250	24%
(b) 2810	100	25	1150	20	450	4
(c) 2790	50	25	700	410	250	164
(d) 2380	50	0	450	390	450	87
(e) 1990	0	0	0	-	-	-

Ejemplos del cálculo: La cantidad en (4a) es la que figura en (2a) menos la cantidad en (2b). También (3a) = (1a) - (1b) y (5a) = (3a)/(4a).

regla general, los agricultores no querrán hacer una inversión a menos que la tasa de retorno sea de por lo menos 40 por ciento por ciclo de cultivo. Por consiguiente, en general, los agricultores estarían dispuestos a invertir tanto los primeros \$450 para el tratamiento 50-0 como los \$250 adicionales para 25 kg de P_2O_5 , puesto que ambos incrementos tienen tasas de retorno bastante por encima del 40 por ciento. Pero los agricultores, en general, no estarían interesados en invertir más allá de esas cantidades. Es evidente que 4 por ciento no es una tasa de retorno muy atractiva, aunque el 24 por ciento podría serlo para algunos agricultores. Si un agricultor saltara de 50-25 a 100-50 (dos incrementos a la vez), la tasa de retorno sería de $80/700 = 11.4$ por ciento. Esta tampoco es una buena tasa de retorno, y es dudoso que muchos agricultores quisieran hacer tal inversión. Así, usando este enfoque de análisis marginal, podemos realizar una recomendación de fertilización de 50 kg de N/ha y 25 kg de P_2O_5 /ha porque estamos seguros que cumple con los requerimientos del agricultor.

Pero hay otras preguntas que se deben plantear antes de que el agrónomo pueda quedar satisfecho con lo adecuado de esta recomendación. La primera pregunta se refiere a si la tasa de 40 por ciento es adecuada para el costo del capital. Supóngase, por ejemplo, que los agricultores dentro del dominio de recomendación bajo estudio tienen acceso a un programa de crédito del gobierno con interés de 8 por ciento por el ciclo de cultivo. En este caso el costo del capital puede encontrarse añadiendo al costo directo el 20 por ciento de prima por riesgo. En el ejemplo de fertilización, este cambio no justificaría aumentar el uso de fertilizante ya que el próximo incremento en capital posee una tasa de retorno menor que 28 por ciento. No obstante, siempre es posible que una reducción en el costo del capital justifique un aumento en el nivel recomendado de fertilizante.

La segunda pregunta se refiere al riesgo asociado con la recomendación 50 kg. N/ha y 25 kg P_2O_5 /ha en relación con la alternativa de no fertilizar o con la de recomendar por ejemplo el tratamiento 100-50. Si hay alternativas que tienen un riesgo asociado no muy alto, es posible que muchos agricultores estarían dispuestos a aceptar una tasa de retorno menor que el 40 por ciento.

Dado que este análisis de presupuesto parcial y el análisis marginal realizado, requieren cierto esfuerzo para llevarlos a cabo, es útil revisar cual ha sido la ganancia de esta inversión en esfuerzo. Si la recomendación elegida se hubiera basado simplemente en los rendimientos máximos, el tratamiento elegido habría sido 100-50 con un gasto asociado de \$1,400/ha. Pero el análisis marginal ha mostrado claramente que el retorno asociado con los segundos \$700 de gasto es bastante reducido; al reducir el gasto por hectárea de \$1400 a \$700, el beneficio neto se reduce en solo \$80/ha. Aunque el rendimiento asociado con la recomendación 50-25 es más de 1 ton/ha menor que el rendimiento máximo alcanzable, el análisis realizado muestra claramente que es en el interés del agricultor no tratar de producir el máximo.

Antes de continuar con este tema, es conveniente puntualizar el error que se hubiera cometido por no usar el análisis marginal. Se determinó que la tasa de retorno a la inversión de capital requerida para pasar del tratamiento 50-25 al 100-50 fué del 11 por ciento. Pero cuál es la tasa de retorno promedio para el total de \$1,400 ($700 + 700$) requerida para el tratamiento 100-50? El beneficio neto es \$880 mayor que para el tratamiento testigo, entonces la tasa de retorno promedio es $\$880/\$1400 = 63$ por ciento.

Dado el criterio de 40 por ciento, esta tasa parece ser suficiente para garantizar la recomendación. Pero el análisis marginal muestra que si bien el agricultor

obtendría una tasa del 63 por ciento de retorno por la inversión, el estaría de hecho recibiendo 114 por ciento por la inversión de los primeros \$700 y sólo 11 por ciento por los segundos \$700.

Claramente ambos, el técnico y el agricultor, estarían dejando de lado una importante consideración analítica si adoptaran la recomendación 100-50 sobre la base de una tasa promedio de retorno de 63 por ciento que parece ser muy buena. La consideración de los cambios marginales coloca al técnico en una situación mucho mejor en el arte de formular recomendaciones.

*4/ Curvas de beneficio
neto y análisis marginal*



VARIABILIDAD EN LOS BENEFICIOS NETOS E IMPLICACIONES PARA LAS RECOMENDACIONES

Hemos explicado anteriormente que los agricultores no sólo se interesan en los beneficios netos promedios, sino que también se preocupan por mantener los riesgos de producción dentro de límites razonables. Esto es especialmente cierto en agricultores cercanos al nivel de subsistencia.

Este panorama del agricultor tiene implicaciones importantes para el agrónomo. Hace que su trabajo sea *más* difícil y *menos* difícil. Su trabajo se torna más difícil porque él no puede contentarse con recomendaciones que prometen maximizar los beneficios netos promedio. De alguna manera, tiene que incorporar variabilidad. Su trabajo se torna más fácil porque las diferencias en las actitudes hacia el riesgo encontradas de un agricultor a otro hacen imposible recomendaciones generales precisas. Dado esto, el agrónomo que intenta hacer recomendaciones no necesita acumular volúmenes de datos en su esfuerzo por ser preciso, aunque son muy útiles los datos tomados por varios años en varios lugares.

En cualquier caso, decimos esto porque si la aversión al riesgo es importante para el agricultor, la variabilidad en los rendimientos y beneficios netos debe ser importante para el agrónomo. Si éste no lo toma en cuenta, pone en peligro la utilidad de su propio trabajo. No estamos diciendo que el cuidado y la atención puestos a los ensayos no son importantes. Son singularmente importantes. Más bien, queremos decir que debido al papel desempeñado por la aversión al riesgo y debido a la variabilidad, existe un límite sobre cuán precisas se pueden hacer las recomendaciones. En este sentido, el exceso de precisión puede ser una mera pretensión.

¿Qué clase de variabilidad debe preocupar al agrónomo? Es la variación que ocurre en los beneficios netos aún cuando administremos el mismo tratamiento. Esta clase de variación surge de varias fuentes que se pueden agrupar bajo dos encabezados: 1) variabilidad en el rendimiento y 2) variabilidad en el precio. El propósito de este capítulo es el de discutir estas fuentes de variabilidad y sus implicaciones al formular recomendaciones.

Fuentes de variabilidad en el rendimiento

Hemos dicho que no podemos asegurar al agricultor que un tratamiento determinado brindará un cierto nivel de beneficios netos. De hecho, ni siquiera podemos asegurarle que un tratamiento determinado llevará a un cierto rendimiento. Es la variación en rendimiento lo que trataremos en esta sección.

¿Qué es lo que tenemos? Tenemos al agrónomo que realiza experimentos, de ordinario en la estación experimental, pero algunas veces en las parcelas de los agricultores. El agrónomo desea luego hacer recomendaciones que sean consistentes con las circunstancias de los agricultores. (Recuérdese que si las recomendaciones no son consistentes con las circunstancias de los agricultores, el productor no las aceptará, serán en vano los esfuerzos del agrónomo).

Los rendimientos que los agricultores obtengan con un tratamiento en particular, diferirán del rendimiento del tratamiento, o aún del rendimiento promedio, que el agrónomo obtendrá. Hay varios factores que originan este comportamiento. Uno es la variación de un sitio a otro. Esto surge porque las circunstancias físicas de un sitio difieren de las del sitio (o sitios) del agrónomo de manera importante, o porque el clima de un sitio difiere del que prevalece en el sitio del agrónomo también de manera importante.

Una segunda fuente de variación es la variación registrada de un año a otro. Lo que era exactamente la recomendación correcta en un lugar y en un año pudiera no ser la exactamente correcta, ni aún próxima a la correcta, en otro año debido a la diferencia en clima (lluvia, temperatura, etc.).

Como ejemplos de estos dos tipos de variaciones, véanse los datos presentados en el Cuadro 6. Se trata de los datos de los ensayos de fertilizantes discutidos antes en el Cuadro No. 2. Aunque no lo mencionamos, los datos de los cuatro primeros ensayos representan un año y los de los segundos cuatro ensayos representan otro año. Compárese ahora el ensayo 1 con el ensayo 2. Hemos mantenido constantes los precios al computar los beneficios netos en el cuadro, de manera que la variación de un ensayo a otro representa variación en rendimiento. Se puede ver que ningún tratamiento simple dió el mismo rendimiento en un ensayo que en otro. Esa es la variación de sitio a sitio.

Compárese ahora el ensayo 1 con el ensayo 5, dos ensayos realizados en el mismo sitio pero en diferentes años. (También se puede comparar el 2 con el 6, el 3 con el 7, ó el 4 con el 8). Estas comparaciones muestran que ningún tratamiento en particular dió los mismos rendimientos en el mismo sitio en los dos años considerados. Esa es la variación de un año a otro.

Estas dos clases de variación hacen imposible pronosticar lo que un tratamiento en particular rendirá en un lugar, según los datos de un lugar diferente, o predecir qué pasará en un sitio dado en un año, basado en datos de otro año. Los agrónomos saben que esa variación existe. Los agricultores también lo saben.

El escéptico se puede desesperar al intentar decir cualquier cosa acerca de los rendimientos que el agricultor obtendrá con tratamientos alternativos, aún

CUADRO 6.
Beneficios netos por tratamiento y por sitio (\$/ha).

Sitio	N: P ₂ O ₅	Tratamientos de fertilizante (kg/ha)											
		0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
1	0	360	670	2370	2080	410	1620	2660	2700	950	1310	1550	1490
2	25	1380	1890	3730	3430	1200	2710	3440	4600	720	2770	3900	3840
3	25	3740	3920	3420	3030	3700	3800	3320	3200	4060	4140	4320	4160
4	25	2180	2990	3810	2730	1820	3390	4480	4900	900	3020	3440	4120
5	50	1480	1280	970	670	1540	2190	1660	1090	750	2150	1590	1460
6	50	1450	2200	2830	2610	1330	2830	2100	1880	510	2550	3440	2630
7	50	4270	4420	2960	3130	2120	4000	3690	3080	4040	3440	2690	2960
8	50	1090	1650	870	710	1080	1800	1090	970	680	2210	1980	2120
Promedio		1990	2380	2620	2310	1900	2790	2810	2810	1570	2690	2870	2840

cuando se tengan muy buenos resultados de una serie de ensayos realizados en parcelas de agricultores. Si bien ese escepticismo es saludable, no necesita conducir a la desesperación.

Supongamos por el momento que los ocho tratamientos son representativos del tipo de variación que un agricultor determinado, o los agricultores de un área, podrían esperar del tratamiento aplicado. Es decir, si el agricultor fuera a aplicar (50-25) los beneficios que podría esperar en su finca en un año dado están representados por la fila de beneficios bajo (50-25) del Cuadro 6. Nótese que el mayor beneficio es de \$4,000 y el menor es de \$1,620, una amplia gama de variación con un promedio de \$2,790. Más importante todavía, nótese que ningún tratamiento en particular es consistente al dar los beneficios netos más altos.

Hay todavía otra fuente de variación en los rendimientos con la cual deben familiarizarse los agrónomos. Esa es la clase de variabilidad que emerge de los agricultores que combinan tratamientos agronómicos con otras prácticas que difieren de las que usa el agrónomo en sus experimentos. Bien se sabe que el agrónomo mantiene más control sobre el ambiente del cultivo que el agricultor. Esto ocurre aún cuando el agrónomo trabaja en parcelas de agricultores. Se dá más cuidado a la época y densidad de siembra, al control de malezas (los herbicidas se usan más en los ensayos que en siembras de agricultores) y al control de insectos y enfermedades.

Son muchas las razones de las diferencias en la intensidad de manejo. En algunos casos se debe a que los agricultores no conocen las técnicas. Más a menudo, sin embargo, se debe a que los agricultores no podrían asignar tanto tiempo, cuidado y dinero a sus siembras como lo hace el agrónomo en sus experimentos. Independientemente de las razones, debido a estas diferencias, los rendimientos obtenidos por un agricultor usando un tratamiento determinado en un terreno determinado y en un año determinado pueden ser diferentes del rendimiento que obtendría un agrónomo en el mismo terreno y el mismo año. Más aún, debido a que la intensidad de manejo varía de un agricultor a otro, diferentes agricultores obtendrán también diferentes rendimientos con el mismo tratamiento, aún si todo lo demás es lo mismo.

Desafortunadamente parece no haber una regla sencilla para incorporar estas diferencias de manejo en el análisis. Sólo se puede decir que dichas diferencias pueden afectar considerablemente los niveles de rendimiento. Los efectos de borde, por ejemplo, pueden tener un efecto substancial sobre el nivel absoluto de rendimiento. Los ensayos del CIMMYT en los que se han comparado parcelas chicas con parcelas grandes sugieren que el rendimiento de parcelas chicas deben reducirse en un 20 por ciento para compensar con respecto a los efectos de borde.

En todo caso, los agrónomos obtendrán mayores rendimientos y mayores beneficios netos implícitos que los agricultores. Algunos especialistas sugieren que los rendimientos deben reducirse de un 20 a un 30 por ciento, para compensar el manejo más intenso dado a los experimentos.

Pero éste no es todo el problema. Las prácticas de manejo pueden causar cambios en el orden de posición de los experimentos. Los datos, por ejemplo, de un ensayo realizado por el programa de trigo del CIMMYT muestran que, si la población de avena silvestre es controlada (digamos, con aspersiones) la variedad Jupateco, de 100 cm de altura, supera en rendimiento a la variedad trigo duro Anhinga que es más alta. Sin embargo, si la población de avena silvestre es bastante densa, ocurre lo contrario. Ambos rendimientos declinan pero el del trigo duro disminuye bastante menos. O tómese el ejemplo de densidad

de siembra y fertilizantes en maíz. Con altas densidades de plantas un tratamiento de fertilizantes en particular puede dar mayores beneficios netos que una aplicación menos intensa. A menores densidades, sin embargo, lo contrario puede ser cierto.

Estos ejemplos se pueden multiplicar muchas veces y son útiles para puntualizar que todavía existe esta tercer fuente de variabilidad. También llaman la atención del agrónomo sobre la necesidad de familiarizarse con las prácticas usuales de los agricultores antes de organizar los experimentos. Y no sólo familiarizarse, sino que debe tratar de entender por qué las prácticas que interactúan fuertemente con sus recomendaciones (avena silvestre y variedades de trigo, o densidad de siembra y fertilizantes en maíz) se han tornado usuales, y luego ver si éstas pueden ser cambiadas a través de sus propias actividades.

Hay una fuente más de variabilidad que podríamos discutir pero realmente no es necesario. Se trata de la variabilidad que ocurre entre las repeticiones, a menudo llamada "error experimental" aunque mejor denominada "variabilidad dentro de sitios". Esta señala que los terrenos no son homogéneos. Los agricultores lo saben y tienden a pensar en términos de todo el campo. Cuando las diferencias son realmente notables, los agricultores tienden a hacer dos parcelas o más donde tenían una. En cualquier caso, no necesitamos considerar la variación dentro de sitios como otra fuente de variaciones.

Hay entonces, tres fuentes de variabilidad de rendimiento que debemos reconocer cuando intentamos pronosticar cuáles serán los rendimientos de los agricultores, con base en datos de ensayos. Estos son:

1. Variabilidad de un sitio a otro bajo las mismas condiciones de manejo;
2. Variabilidad de un año a otro bajo las mismas condiciones de manejo;
3. Variabilidad a nivel de manejo en un sitio determinado en un año dado.

Ajuste de recomendaciones con respecto a variabilidad de rendimiento (análisis de retorno mínimo).

En el análisis de beneficios netos del capítulo anterior, consideramos solamente los rendimientos medios para cada uno de los tratamientos. En este capítulo hemos puntualizado las fuentes de variabilidad de los rendimientos, y examinado la variabilidad de los beneficios netos que resultó de la variabilidad de rendimientos en los datos de fertilización. Ya hemos sugerido un procedimiento para incorporar la aversión al riesgo al proceso de derivar recomendaciones. Este fué el de añadir una "prima de riesgo" de 20 por ciento a los costos directos de capital. Esto se debe a que los agricultores desean proporcionarse un margen de protección de manera que en años malos tengan mayores probabilidades de pagar sus préstamos y cumplir con sus compromisos, o mayores probabilidades de recibir beneficios netos positivos si están empleando su propio dinero.

Pero la idea de una prima de riesgo de 20 por ciento es una regla sencilla general. Pudiera haber nuevas alternativas tecnológicas improbables de ofrecer retribuciones tan bajas o más bajas que la tecnología tradicional en el transcurso de varios ciclos. En este caso, los agricultores probablemente escogerían una prima de riesgo más pequeña (todavía querrán alguna prima de riesgo, puesto que cualquier nueva empresa es en cierto modo riesgosa). Por otra parte, una nueva alternativa pudiera ser mucho más riesgosa que las alternativas tradicionales. Esto será cierto cuando la nueva opción reclame un inversión cuantiosa y haya probabilidades de que el cultivo fracase, en cuyo caso no sólo se perderá el cultivo sino también la inversión.

Para examinar los riesgos relativos de "desastre" entre las alternativas, usamos el análisis de retorno mínimo. De todos los sitios experimentales disponi-

bles tomamos los peores, 25 por ciento o un porcentaje similar, de los resultados de cada tratamiento. Una comparación de estos resultados peores nos dará alguna idea del riesgo relativo de los diversos tratamientos. Si la práctica recomendada (a partir del análisis marginal) parece ser muy poco más riesgosa que la práctica corriente del agricultor, entonces se puede estar más confiado de que esta recomendación es buena para el agricultor. Si, por otra parte, la práctica recomendada ofrece resultados "peores" que el resultado más pobre de las prácticas corrientes del agricultor, entonces será necesario reconsiderar la recomendación usando un costo de oportunidad del capital mayor que el 40 por ciento. El nivel exacto dependerá del riesgo relativo observado, pero primas de riesgo del 50 por ciento ó aún del 100 por ciento (añadidas al costo directo del capital) podrían representar en forma realista las circunstancias de los agricultores.

Un análisis de retorno mínimo como éste no tendrá sentido a menos que haya por lo menos cinco o seis experimentos. Será también engañoso a menos que todos los sitios experimentales (o de demostración) sean incluidos en el análisis. Es práctica común abandonar ensayos agronómicos si el clima u otros factores dañan el sitio a un grado tal en que el agrónomo quede satisfecho de que no observa diferencias significativas de rendimiento entre tratamientos. Así, si se siembran 20 sitios, puerdiera ser que cinco se abandonen debido a la sequía, inundación, ataques severos de plagas o enfermedades, u otros factores. Es común trabajar con los resultados de los 15 ensayos "exitosos". Pero esto es un error, porque el agricultor debe aceptar resultados exitosos y no exitosos. Es tan importante para el agrónomo conocer qué resultados obtendrá el agricultor en circunstancias desfavorables como lo es conocer los resultados en circunstancias favorables.

Por tanto, es muy importante para el agrónomo considerar muy cuidadosamente las razones por las cuales se abandonó un sitio en particular. Si la causa es un error obvio por parte del agrónomo (digamos que aplicó el agroquímico inadecuado o que destrozó las plantas con una máquina), entonces el sitio se podría omitir apropiadamente por no ser representativo de las circunstancias de los agricultores. De otro modo, los datos se deben incluir como representativos de las circunstancias de los agricultores. En algunos casos, no se podrán obtener datos de rendimiento de tal sitio, aun cuando se incluya a éste el análisis. Esta es una situación infortunada, pero si acaso ocurre, el agrónomo debe suponer que los rendimientos de todos los tratamientos fueron iguales, y por ello los beneficios netos para los tratamientos no-testigos serán menores que los beneficios netos de la parcela testigo por la cantidad de los costos variables. Esta es una medida razonable de los peores resultados que los agricultores podrían esperar de un tratamiento determinado (la pérdida de los costos variables).

La elección del peor retorno neto por considerar no es del todo satisfactoria. Debido al azar, este nivel de retorno puede ser bastante más bajo que el resto de los resultados. Más aún, el agricultor puede sobrevivir un mal resultado, si los otros son relativamente más favorables. Así que además del peor resultado posible, es útil observar el promedio del 25 por ciento de los peores resultados de cada tratamiento.

En el Cuadro 7 mostramos el peor retorno neto de los ocho sitios para cada tratamiento (tomados del Cuadro 6). Para esta serie de experimentos tenemos suerte, puesto que el tratamiento que escogimos usando análisis marginal (50-25) es también el tratamiento que tiene el mayor retorno neto entre las peores ocho situaciones (\$1,620). Por consiguiente, un agricultor preocupado por los retornos netos bajos ocasionales, no podría escoger un tratamiento mejor que el 50-25.

CUADRO 7.
Beneficios netos mínimos de 8 sitios (\$/ha).

Beneficio neto	N: F ₂ O ₅ :	Tratamientos de fertilizante (kg/ha)											
		0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
(a) Primero mas bajo		360	670	870	670	410	1620	1090	970	510	1310	1550	1460
(b) Segundo mas bajo		1090	1260	970	710	1080	1800	1660	1090	680	2150	1590	1490
(c) Promedio		725	975	920	690	745	1710	1375	1030	595	1730	1570	1475

Nota: (a) Esta hilera muestra el beneficio neto promedio mas bajo (o el peor) para cada tratamiento de fertilizante y para los ocho sitios experimentales; (b) esta hilera muestra el segundo beneficio neto promedio mas bajo; (c) esta hilera muestra el promedio de los dos beneficios netos promedios mas bajos.

La última columna del Cuadro 7 muestra las retribuciones netas promedio para los dos peores resultados de cada tratamiento. De nuevo, el tratamiento 50-25 seleccionado antes, ofrece el promedio más alto, (50-50 brinda un promedio que es \$20 mayor pero esta no es una diferencia importante para el agricultor).

Este análisis de beneficios netos mínimos ha suministrado una prueba con respecto al riesgo relativo del tratamiento escogido mediante el análisis marginal en comparación con otras alternativas. En este caso, el tratamiento previamente elegido tiene menos riesgo que los otros, así que parece ser una buena elección para quienes tienen aversión al riesgo. Con frecuencia, sin embargo, la alternativa seleccionada por el análisis marginal será inferior a otros en retorno mínimo. En tal caso, el agrónomo necesitará estimar la importancia de la aversión al riesgo en los agricultores para quienes está haciendo la recomendación, antes de que decida alterar o no la recomendación debido a los resultados del análisis de retorno mínimo.

Es oportuno otro comentario con respecto a los retornos mínimos netos logrados con un tratamiento en particular. Ocasionalmente algo falla en un experimento, y una o más de las repeticiones de un tratamiento pudieran tener rendimiento muy bajo *en relación* con otras repeticiones u otro tratamiento. Si éste es el caso, esa cifra del rendimiento pudiera dar como resultado un retorno "peor" para ese tratamiento y eso sería engañoso. Por lo tanto, al examinar el conjunto de resultados en cuadros como el Cuadro 7, uno debe sospechar de cualquier retribución neta que difiera mucho de otros retornos netos para ese tratamiento y de retornos netos para otros tratamientos. Habrá que consultar el libro de campo para determinar si acaso un factor exógeno estaba disminuyendo los rendimientos nada más que para una de las parcelas de tratamientos.

Variabilidad de precios y análisis de sensibilidad

Al hacer un presupuesto parcial, pudieran no estimarse con precisión los precios o los costos. Esto es especialmente cierto en los precios estimados para el producto y para la mano de obra. Las variantes de un año a otro y de un agricultor a otro en precios pagados o recibidos son factores que de alguna manera deben ser considerados.

Con los precios de los productos, a veces uno se siente tentado a usar los precios de garantía. Todos sabemos, sin embargo, que los precios recibidos por los agricultores en sus mercados pueden diferir de los precios de garantía, a menudo son más bajos. Por ello es fundamental saber cuánto es lo que los agricultores reciben en realidad. Aún más, pudiera haber error en los precios de los productos debido a la variabilidad no anticipada de un ciclo a otro o de un año a otro.

Puede haber error en el precio de la mano de obra debido a que algunos agricultores tendrán un costo de oportunidad mayor o menor para su tiempo que otros agricultores.

Las implicaciones de tales errores de precios pueden o no ser serias. Afortunadamente es de ordinario fácil determinar si éste es el caso. Esto se puede hacer mediante una técnica llamada *análisis de sensibilidad*. El objeto de este procedimiento es variar el precio del producto (o de la mano de obra) dentro de límites razonables de la estimación original, para determinar si el orden de alternativas es afectado.

Para demostrar esta técnica, la aplicamos a la cuestión de si los errores al estimar precio de mano de obra podrían obtener un efecto importante en nuestro ejemplo de la recomendación de fertilización. Viendo de nuevo el Cuadro 5, podemos notar que de los cinco tratamientos listados, los dos primeros tratamientos requieren cuatro días extra de trabajo, los dos segundos requieren dos días extras de trabajo, y el último —la parcela testigo— no necesita de mano de obra extra.

Usando el precio de mano de obra previamente establecido, \$25 por día, el tratamiento 100-50 tiene un beneficio neto de \$80 más que el tratamiento 50-25. Nótese, sin embargo, que si incrementáramos el precio de campo de la mano de obra a \$65 por día, ambos tratamientos retribuirían más o menos el mismo beneficio. Hemos señalado ya que la alternativa 100-50 no ofrece un beneficio neto extra suficiente para garantizar un gasto extra en fertilizante sobre el 50-25. Para los agricultores cuyo precio de campo de mano de obra es de \$65 ó más, no ofrecería de modo alguno un incremento en los beneficios netos. Esta es una razón para ser reacios a recomendar 100-50, aún cuando tenga el beneficio neto estimado más alto. La estimación del beneficio neto es sensible a nuestra estimación del precio de campo de la mano de obra.

Comparando 50-25 con 0-0 podemos determinar que para cualquier precio de campo de mano de obra arriba de \$212 por día, la primera alternativa continuaría ofreciendo un alto beneficio neto. En vista de que esto está muy por encima de nuestra estimación, podemos estar seguros de que errores en la estimación del precio de campo de la mano de obra no afectarán nuestra recomendación de 50-25.

Supóngase ahora que nos interesa saber si cambios de hasta 20 por ciento en el precio del maíz afectarían la recomendación de fertilización. Se podría completar todo el análisis de presupuesto usando de nuevo precios de campo de \$800 y \$1,200 por tonelada, pero esto no es realmente necesario. Sabemos que si los precios del maíz aumentan, los retornos para todos los niveles de fertilización se incrementarán, y el interrogante de interés principal es si el retorno del tratamiento 100-50 se incrementará lo suficiente para garantizar su recomendación a los agricultores más pobres. Dado un precio de campo de \$1,200 por tonelada, el beneficio neto para 100-50 se incrementaría de \$2,870 a \$3,724.

	a un precio de campo de \$1,200		a un precio de campo de \$800	
	50-25	100-50	0-0	50-25
beneficio bruto de campo	\$4188	\$5124	\$1592	\$2792
costos variables	<u>- 700</u>	<u>-1400</u>	<u>- 0</u>	<u>- 700</u>
beneficio neto de campo	\$3488	\$3724	\$1592	\$2092
beneficio marginal neto		\$236		\$500
tasa marginal de retorno		34%		71%

El beneficio neto de 50-25 sería de \$3,488, y la tasa de retorno por el fertilizante extra sería de $236/700 = 34$ por ciento, o sea mayor que el 24 por ciento al precio anterior. Este es casi una retribución lo suficientemente alta para garantizar su recomendación a los agricultores. Si hubiese una buena oportunidad de que prevaleciera un precio de campo de \$1,200 ó más desearíamos reconsiderar la recomendación.

A un precio de campo del maíz de \$800, por otra parte, la cuestión reside en si 50-25 sigue siendo lo suficientemente redituable para recomendarse. A este precio de campo, el incremento en el beneficio neto sobre la parcela testigo es de unos \$500, por debajo de \$800 al precio anterior, y la tasa de retorno baja de 114 por ciento ($800/700$) a 71 por ciento ($500/700$). Esto es todavía adecuado para garantizar la recomendación de 50-25.

Así, el resultado de este análisis de sensibilidad del precio del maíz es que la recomendación para la mayoría de los agricultores no cambia para precios del maíz dentro del 20 por ciento de nuestra mejor estimación del precio que fue de \$1,000 por tonelada, aunque sí cambiaría para precios que excedieran a los \$1,200. El análisis de sensibilidad, con respecto al precio del maíz y al precio de la mano de obra, ha fortalecido nuestra confianza de que la recomendación de 50-25 será buena para los agricultores, aún si los precios difieren a partir de lo que esperamos.

6

MÁS SOBRE ESTIMACION DE COSTOS

En el Capítulo 2 discutimos los procedimientos generales para computar beneficios brutos y costos variables, pero no entramos en detalles acerca de los problemas y procedimientos involucrados al estimar costos y beneficios. El propósito de éste y del siguiente capítulo es el de discutir con más detalle la forma de hacer estas estimaciones, y suministrar listas de referencia que pueden ayudar a asegurar que no se pasen por alto costos o beneficios significativos.

La primera tarea al estimar costos es identificar cuáles conceptos de insumos cambian de alguna manera de un tratamiento a otro. Estos insumos se denominan *insumos variables*. Incluyen cambios en agroquímicos, semilla, cantidad o tipo de mano de obra, y cantidad o tipo de maquinaria. La segunda tarea es determinar el *precio de campo* de este insumo, es decir: el costo monetario o costo de oportunidad por unidad del insumo.

Identificación y medición de los insumos variables

Para identificar cuáles insumos son afectados por las alternativas incluídas en un experimento, el agrónomo debe familiarizarse con las prácticas locales así como con las prácticas empleadas en el experimento. Esto es importante porque a menudo acontece que las prácticas del agricultor dentro del dominio de recomendación son muy diferentes de las prácticas experimentales. El agrónomo debe entonces preguntarse cuál de las operaciones de pre cosecha que usarían los agricultores pudiera diferir en cualquier aspecto de un tratamiento a otro. (Los costos de cosecha y postcosecha se pueden deducir más convenientemente del precio de campo del producto, según lo discutimos en el siguiente capítulo). Enseguida se da una lista de referencias que puede considerar:

Preparación del terreno

¿Es el mismo para todos los tratamientos?

Siembra

¿Se usa la misma semilla en todos los tratamientos?

¿Se emplea la misma cantidad de semilla?

¿Es la misma la técnica de siembra?

Deshierbes/labranzas

¿Hay razón para pensar que la cantidad de tiempo requerida para esta operación diferirá de un tratamiento a otro?

¿Es la misma la técnica para todos los tratamientos?

Deshierbe

- ¿Se requiere para todos los tratamientos?
- ¿Es la misma la cantidad de tiempo requerida?
- ¿Lo hacen los agricultores?

Aplicación de pesticidas y fertilizante

- ¿Son estas prácticas idénticas para todos los tratamientos?

Si las prácticas para las operaciones anotadas arriba no son idénticas para todos los tratamientos, hay que considerar entonces cuáles de los siguientes tipos de insumos podrían ser afectados por las diferencias, y en qué magnitud.

Agroquímicos— (fertilizante, insecticida, herbicida)

- ¿Difieren en tipo o cantidad?

Semilla

- ¿Difiere en tipo o cantidad?

Equipo

- ¿Se necesita el mismo tipo de equipo?
- ¿Se necesita la misma cantidad de tiempo de operación del equipo?

Mano de obra

- ¿Cuánto difiere la mano de obra debido a distintas operaciones de deshierbe, deshierbe, riego, densidad de siembra, preparación del terreno, etc.?
- ¿Varía significativamente la mano de obra requerida con el tipo o cantidad de semilla o el fertilizante aplicado?
- ¿Difiere entre tratamientos el tipo de mano de obra requerida?

Para insumos tales como tiempo de equipo y mano de obra, es de ordinario difícil estimar las diferencias para cada tratamiento. La información acerca del uso de mano de obra en las parcelas experimentales no es muy útil debido al tamaño pequeño de las parcelas y a la posibilidad de que los agricultores usen diferentes técnicas. La mejor manera de obtener esta información es visitar a diferentes agricultores. Cada uno dará su propia opinión con respecto al tiempo requerido para las diversas operaciones, pero una cifra que se aproxime al promedio de estas opiniones constituirá una buena estimación. Una vez que se han identificado los *insumos variables* para cada operación y que se han estimado sus cantidades, algunas veces es útil registrarlos de una manera ordenada, tal como en las primeras tres columnas del Cuadro 8. Decimos que algunas veces, porque en experimentos relativamente sencillos como ensayos de fertilizantes, sólo los fertilizantes y la mano de obra utilizados son insumos variables, y se pueden registrar directamente en un cuadro de presupuesto total como el del Cuadro 3. Pero para experimentos con un mayor número de insumos variables tal como el de un ensayo de demostración de paquetes tecnológicos, un cuadro como el número 8 será muy útil para organizar la información sobre *costos de campo*. Las diferencias en costos de campo de un tratamiento a otro serán entonces determinadas con rapidez mediante la comparación de hileras "totales" del cuadro para cada tratamiento.

Hasta ahora hemos discutido solamente la identificación y medición de los insumos variables, las primeras tres columnas del Cuadro 8. Vayamos ahora a algunas consideraciones relacionadas con la estimación del costo de cada una de ellas.

Formulación de
recomendaciones a partir
de datos agronómicos

CUADRO 8.
Estimación de costos variables de campo para un tratamiento en particular
(por hectárea).

Operación	Insumo	No. de unidades	Costo de campo (\$/ha)				Costo total
			Monetario		de oportunidad		
			Precio por unidad	Costo	Precio por unidad	Costo	
Siembra	semilla	15 kg	1	15	—	—	15
	mano de obra	2 días	—	—	25	50	50
Fertilización	N	50 kg	8	400	—	—	400
	P ₂ O ₅	25 kg	10	250	—	—	250
	mano de obra	2 días	—	—	25	50	50
Total de costos variables				665		100	765

Determinación del costo de campo de insumos comprados

¿Cómo se determina el *precio de campo* de insumos que se adquieren y usan durante el ciclo? (Esto incluirá conceptos tales como semilla, pesticidas, fertilizantes y agua de riego). Es necesario concurrir a los locales de menudeo o a los sitios donde los agricultores tengan que adquirir el insumo, y verificar el precio al menudeo del tamaño o cantidad apropiada del insumo.

Luego, hay que encontrar de qué manera los agricultores llevan el insumo a la finca. En el caso de insumos no voluminosos, como insecticidas y herbicidas, el insumo puede ser llevado por la persona, de modo que los costos de transporte son insignificantes. Pero éste no es el caso para los fertilizantes ni, tal vez, para la semilla. Generalmente el agricultor tiene que rentar un camión o tal vez utilizar tracción animal para llevar el insumo a su parcela. Si así ocurre, hay que añadir un cargo por transporte al precio de menudeo. Si el agricultor paga a otros por transportarle el insumo, no es difícil determinar cuáles son los costos normales por este concepto. Si él mismo lo transporta, se podría incluir el costo de oportunidad por su propio tiempo y por su propio camión. Al presupuestar para los agricultores en general, habrá que guiarse por la práctica que seguirá la mayoría de los agricultores.

En algunas situaciones, el agricultor seleccionará semilla de su cosecha anterior, más que comprarla. Esta semilla tendrá un costo, puesto que el productor dispone de otras alternativas para ella. En general, el costo de oportunidad de esta semilla debe ser el precio de mercado local, menos los costos de transporte y mercadeo, más el costo de almacenamiento y de tratamiento al grano (si acaso se hace).

Determinación del precio de campo del equipo

Algunos tratamientos o alternativas pudieran implicar el uso de equipo de mano pequeño que no posee la mayoría de los agricultores, en tanto que otros tratamientos no lo requieren. Si la mayoría de los agricultores tiene el equipo o el implemento, entonces el costo puede pasarse por alto, puesto que no será afectado por la decisión. Si la mayoría de los agricultores deben comprar el implemento (digamos una aspersora o una espolvoreadora), hay que derivar entonces un *precio de campo* por hectárea por su uso.

El precio al menudeo del equipo es el punto de partida apropiado al determinar el *precio de campo* por hectárea por su uso. Para obtener un costo prorrateado por hectárea de uso, se puede dividir primero el precio al menudeo entre el período de vida útil aproximada del implemento (en años). Esto da un costo

anual prorrateado, que luego debe dividirse entre el número promedio de hectáreas por año sembrado por los agricultores del área para obtener un precio por hectárea prorrateado del implemento.

Supóngase por ejemplo, que estamos considerando recomendar un herbicida, el cual es aplicado con una bomba de aspersión que cuesta \$500. Se estima que la mayoría de los agricultores podría usar la bomba durante 5 años y que el tamaño promedio de la parcela es de 5 has. Es posible entonces calcular el costo por hectárea de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \$500/5 \text{ años} &= \$100 \text{ por año} \\ \$100/5 \text{ has.} &= \$20 \text{ hectárea y por año.} \end{aligned}$$

En pocos casos el agrónomo estará considerando alternativas que difieren en el uso de implementos tirados por tractor o tal vez pequeños implementos autopulsados. El procedimiento anterior se puede utilizar también para este tipo de equipo, pero hay otros factores involucrados en el costo, tales como los precios de reparación y de combustible, y la posibilidad de que el equipo tenga otros usos en las fincas. Así, para estos implementos grandes, es mejor buscar el consejo de un ingeniero agrícola o de un economista agrícola que estén familiarizados con las técnicas mecánicas y de costos.

El enfoque anterior para estimar el precio de campo del equipo puede parecer demasiado simple y es cierto que podrían emplearse técnicas de costos más elaboradas. Pero en realidad no se puede esperar mucha precisión al estimar estos costos, puesto que pueden variar ampliamente de un agricultor a otro. Y es mucho mejor emplear un método simple de estimar los costos que soslayarlos del todo.

Los lectores perceptivos pudieran haber notado que no hemos incluido cargos de intereses en este procedimiento para determinar el precio de campo de implementos. Esto se debe a que estamos usando la tasa de retorno sobre el capital como criterio de decisión (Capítulo 4).

Determinación del precio de campo de la mano de obra

Para agricultores que contratan mano de obra para sus operaciones, el *precio de campo* de la mano de obra será la tasa de salario para los trabajadores en el área, más el valor de pagos no monetarios ofrecidos como la comida o el almuerzo. (El valor de tales pagos no monetarios pueden no ser triviales. En algunas regiones de Pakistán por ejemplo, el valor del almuerzo representa un cuarto del salario). Hay dos problemas al utilizar este precio. En primer lugar, pudiera ser que la mayoría de los agricultores para quienes se dirigen las recomendaciones no empleen mano de obra contratada y que hagan el trabajo ellos mismos mediante la mano de obra familiar. En segundo lugar pudiera ser que una operación, aplicación de herbicida por ejemplo, es de naturaleza tan crítica que el agricultor no confie en nadie más sino sólo en sí mismo para realizarla.

En los lugares donde los propios agricultores o sus familiares desempeñan en general el trabajo, debemos usar el concepto de costo de oportunidad para determinar el *precio de campo* de la mano de obra. El costo de oportunidad representa el valor que se deja de percibir para hacer el trabajo y por tanto representa un costo real. Por ejemplo, si los agricultores dejaran un día su empleo en la ciudad para hacer el trabajo extra, estarían dejando de percibir el salario de un día, y este costo de oportunidad es tan real como si estuvieran pagando a alguien más por hacer el trabajo.

Como mencionamos antes, pudiera ser que el trabajo extra es requerido en

una época crítica para el cuidado de algún otro cultivo, como el tabaco o algodón. Si el tomarse un día del cultivo más importante da como resultado una reducción en el ingreso de ese cultivo, entonces la pérdida es el costo de oportunidad de la mano de obra. De nuevo, se trata de un costo muy real, aún cuando no involucra dinero directamente.

Es correcto utilizar el principio del costo de oportunidad como el enfoque para estimar el precio de campo de la mano de obra, pero ¿cómo se puede descubrir el costo de oportunidad para el agricultor promedio a quien se va a hacer la recomendación? El punto de partida es el salario agrícola prevaleciente durante el ciclo de cultivo en el área, que se puede determinar al hablar con varios agricultores. No es extraño encontrar que el salario es más alto durante algunos períodos que otros.

Se recurre entonces a la familiaridad que uno tiene con las prácticas de cultivo que se llevan a cabo en el área, para determinar si se necesitará mano de obra extra en una época cuando la mano de obra familiar se encuentra totalmente ocupada, o si esto ocurrirá en una época cuando probablemente se disponga de suficiente mano de obra libre. Si la mano de obra extra se necesita durante un período de relativo desempleo, sugerimos un costo de oportunidad del 50 al 75 por ciento del salario prevaleciente. Esto se debe a que el agricultor tendrá la oportunidad, si así lo desea, de trabajar fuera de su finca, en cuyo caso él podría percibir el salario prevaleciente para el ciclo. Pero dado que él tiene alguna dificultad de obtener empleo fuera de la finca, y puesto que probablemente prefiere trabajar para sí mismo, la mayoría de los agricultores estarán dispuestos a trabajar en su finca por algo menos que dicho salario.

Hemos sugerido la cifra de 50-75 por ciento, pero éste es por supuesto una estimación gruesa de valores que probablemente varían de una finca a otra. Debemos advertir al lector para que no se sorprenda del posible hecho de que el agricultor se siente en la sombra sin hacer nada si no tiene trabajo extra que desempeñar. Porque si hubiera empleos, y él elige no tomarlos, ésta es una evidencia que valora más su tiempo de ocio que la cantidad que podría obtener al trabajar. Por supuesto, si no hay empleos fuera de la finca, podría ser que para la mayoría de los agricultores el costo de oportunidad de su tiempo se aproximara mucho a cero. En este caso, el costo de oportunidad de la mano de obra se puede fijar aún más bajo pero en ningún caso se puede poner a nivel de cero.

Por otra parte, si la mano de obra extra se necesita durante una época muy ocupada, cuando hay probabilidades de que el agricultor gane más en otra empresa, sugerimos entonces usar un costo de oportunidad de alrededor del 125 por ciento de la tasa de salario prevaleciente para ese ciclo. Si bien el costo de oportunidad del tiempo del agricultor puede ser más que esto, él siempre tiene la oportunidad de contratar trabajadores que le ayuden. Puesto que siempre hay molestias para hacer esto, el costo real de contratar la mano de obra sería mayor que la tasa prevaleciente, y por ello sugerimos la cifra de un 125 por ciento. (Si bien el agricultor ocupado pudiera en realidad no contratar la mano de obra, el hecho de que no lo haga así indica que él no piensa que el valor de la mano de obra en los usos opcionales merezca estar en más del 125 por ciento de las tasas de salario).

Resumiendo lo que hemos dicho acerca del *precio de campo* de la mano de obra, puntualizamos que el salario agrícola prevaleciente (incluyendo almuerzos, etc) en el área, por el ciclo del año en cuestión, es el punto de partida para estimar el precio de oportunidad de la mano de obra. Si los agricultores para quienes se hacen las recomendaciones estuvieran muy

ocupados en esta época del año, entonces sugerimos una cifra de 125 por ciento del salario (para ese ciclo) como el costo de oportunidad. Si se esperara que los agricultores no estén ocupados del todo en la época en cuestión, sugerimos una cifra de 50-75 por ciento del salario para el ciclo. En el capítulo 5 describimos una manera de ver cuan importante es el precio de campo estimado de la mano de obra al identificar el tratamiento que se vaya a recomendar.

Determinación del costo del capital

La tasa de retorno (de oportunidad) es el concepto que usamos para estimar el costo del uso del capital, y aunque no lo empleamos al calcular costos de campo, lo usamos para derivar recomendaciones según se describe en el capítulo 4. Consideremos entonces cómo se pudiera estimar la tasa de retorno de oportunidad.

Supóngase que un análisis de presupuesto parcial de una inversión de \$100 por hectárea en fertilizante muestra un beneficio neto promedio de \$25 por hectárea. Esta es una tasa de retribución de 25 por ciento por seis meses. Necesitamos ahora estimar la tasa de retorno de oportunidad sobre el capital si habremos de decidir si este 25 por ciento es satisfactorio o no.

Si los agricultores obtuvieran dinero en préstamo para financiar la inversión, la tasa de interés que debe pagar sobre el préstamo es la primera aproximación a la tasa de oportunidad. Pero no hay que desdeñar los cargos por servicio y las primas de seguro asociados con los préstamos aunque no incluidos en la tasa de interés. Estos cargos a menudo cuestan más que los intereses, y por ello duplican la tasa de interés real que el agricultor debe pagar. Igualmente, hay que considerar que la tasa de interés por el préstamo es expresada en por ciento por año, en tanto que el período de inversión en fertilizantes puede ser de sólo seis meses. Tal vez con un ejemplo podemos mostrar mejor la manera de considerar estos factores.

Supóngase que el agricultor puede obtener del banco agrícola un préstamo para comprar esos \$100 de fertilizante. La tasa de interés anual es de 12 por ciento, hay un cargo de \$5 por servicio y una prima de \$10 por seguro en el préstamo. El banco hace el préstamo por \$121 discriminado como sigue:

\$100	costo de fertilizante
x0.12	tasa de interés por año
\$ 12	cargo anual por intereses
x0.5	fracción de año
\$ 6	cargo por intereses
\$100	costo de fertilizante
6	cargo por intereses
5	cargo por servicios
10	prima de seguro agrícola
\$121	

Pero el banco entregará al agricultor solamente los \$100 de fertilizante y cobrará al agricultor \$121 al final de los 6 meses. El costo de esta inversión de capital (o simplemente el costo del capital) se encuentra dividiendo el total de cargos entre el monto del préstamo recibido:

$$21/100 = 0.21 = 21\% \text{ costo del capital}$$

La tasa efectiva sobre el préstamo que este agricultor paga es 21 por ciento por seis meses (42 por ciento por año). La inversión en fertilizante retribuye 25

por ciento por seis meses (un total de \$125), más que suficiente para pagar el préstamo *si no hubiese incertidumbre* acerca de la retribución sobre el fertilizante. Pero la mayoría de los agricultores requerirían una prima de riesgo de 15 por ciento ó más por sobre el interés efectivo del préstamo para tener un margen de seguridad de ingreso dados los riesgos de la producción. Esto incrementará la tasa de 21 por ciento a 36 por ciento. La tasa de retorno de 25 por ciento sobre esta inversión en fertilizante probablemente no sería suficiente para muchos agricultores. A mayor incertidumbre de rendimiento y precio, se requerirá una mayor retribución sobre los costos del préstamo para convencer al agricultor de que invierta. Para inversiones en fertilizantes en áreas ecológicamente pobres, la prima de riesgo podría ser probablemente del orden del 20 por ciento.

Consideremos ahora a aquellos *agricultores que invertirán su propio dinero* en fertilizantes. La tasa de retorno (de oportunidad) sobre su propio capital es: (1) la tasa a la cual podrían prestar a otros su dinero (con riesgos comparables, como la inversión en fertilizante), ó (2) la tasa que podrían obtener al invertir en empresas alternativas con riesgo similar. Desafortunadamente es mucho más fácil pensar en estas dos tasas que medirlas. Sin embargo, nuestra experiencia con agricultores de escasos recursos en muchas regiones del mundo sugiere que las tasas de interés locales (privadas) son generalmente muy altas, hasta de un 100 por ciento como mencionamos antes, y que las oportunidades de inversión en fincas prometen generalmente tasas de retorno de 40 por ciento y más. Así, hemos sugerido una cifra de 40 por ciento (por ciclo de cultivo) como la tasa mínima de retorno de oportunidad. Donde la variabilidad de los retornos es alta, la cifra debe ser mayor, digamos un 50 por ciento o tal vez más. En áreas donde los prestamistas son activos, la tasa de interés para estos préstamos se puede usar como tasa de retorno de oportunidad.

Resumamos lo que hemos dicho acerca de cargos por capital y tasas de retorno. No hemos cargado el costo de uso de capital para insumos en nuestro enfoque de presupuesto parcial. Más bien, hemos calculado beneficios netos como un porcentaje de los costos variables, y hemos comparado esta tasa con la tasa de retorno de oportunidad para determinar si es suficientemente grande para garantizar el riesgo involucrado en la empresa. Donde se dispone ampliamente de créditos para financiar la inversión, la tasa de retorno debe ser de alrededor de un 20 por ciento *por sobre la tasa efectiva* de interés por el préstamo para inversiones con riesgo promedio. Cuando los agricultores financian la inversión con su propio dinero, hemos sugerido un costo de oportunidad en el uso de capital de 40 por ciento por ciclo de cultivo para inversiones con riesgo promedio.

Resumen

Hemos presentado muchos detalles que se deben considerar al estimar costos variables. Estos detalles pueden parecer tediosos, pero dejarán de parecerlo una vez que el agrónomo los incorpore en su manera de pensar sobre el valor que tiene su investigación para los agricultores. Los detalles son importantes. Si no se reconocen todos los costos importantes asociados con cada tratamiento, las recomendaciones no tendrán fundamento. Así, para ayudar al agrónomo a identificar estos costos importantes, ofrecemos la siguiente lista de verificación.

*Lista de verificación para estimar costos de campo**6/ Más sobre estimación
de costos*

1. Identifíquense todas las operaciones que serán realizadas de manera diferente de tratamiento a tratamiento, entre las que figuran:
 - a) preparación de la tierra
 - b) siembra (densidad, técnica, semilla)
 - c) deshierbes/labranzas
 - d) deshije
 - e) aplicación de pesticidas y fertilizantes
 - f) otras
2. Para cada una de estas operaciones, anótese cuáles insumos son diferentes y estimense las cantidades requeridas, incluyendo:
 - a) insumos químicos —(fertilizantes, insecticidas, herbicidas del tipo correcto).
 - b) semilla —(tipo y cantidad requeridos).
 - c) equipo —(tipo y cantidad requeridos)
 - d) mano de obra
 - e) otros
3. Determinése el precio de campo de cada uno de los insumos anotados arriba.
 - a) insumos comprados
 - 1) precio al menudeo (para el tamaño o cantidad apropiadas)
 - 2) costos de transporte
 - b) equipo
 - 1) precio al menudeo
 - 2) promedio de años de servicio
 - 3) hectareaje promedio para los agricultores del área
 - c) mano de obra
 - 1) salario agrícola prevaleciente durante el ciclo relevante
 - 2) período de empleo pleno o período de relativo desempleo
 - d) capital
 - 1) tasa efectiva de interés sobre el préstamo si generalmente se dispone de préstamos
 - 2) información sobre tasas de interés en préstamos privados.

7

MAS SOBRE ESTIMACION DE BENEFICIOS

El capítulo 2 presentó un panorama de cómo se pueden estimar los beneficios y costos de las recomendaciones alternativas. Esto se basa en un procedimiento conocido como presupuesto parcial. En el presente capítulo se desarrollarán más de cerca algunos de los problemas que pueden surgir al estimar beneficios, particularmente la identificación de fuentes de beneficios y la asignación de valores a los beneficios. Se incluye también una lista de verificación para quienes se enfrentan al problema de estimar beneficios.

Identificación y estimación de beneficios

Al iniciar la discusión, hay que recordar lo que se señalaba al principio acerca de la necesidad de tomar todos los factores relevantes. Lo que ello significa para este capítulo es que el agrónomo debe identificar todos los factores que:

1. tengan un valor positivo para el agricultor
2. que cambian de un tratamiento a otro

Volvamos al ejemplo de producción de maíz presentado en el Capítulo 2. El maíz tiene valor para el agricultor y los datos presentados en el Cuadro 1 muestran que los rendimientos de maíz cambian a medida que cambia la aplicación de fertilizantes. Obviamente entonces, la producción de maíz se debe identificar como una de las fuentes de beneficios.

Se puede preguntar si debiéramos distinguir entre el maíz vendido y el maíz consumido en la finca. Pudiéramos considerar que las ventas suministran ingreso pero no el maíz consumido en la finca, de aquí que sólo el maíz vendido sea fuente de beneficios. Resulta claro que la anterior es una visión demasiado estrecha, puesto que el maíz empleado en la finca tiene valor para satisfacer necesidades nutricionales. Desde luego, también tiene valor potencial en el mercado: se le puede vender por dinero y éste se puede emplear para adquirir algunas otras cosas que satisfagan las necesidades de alimentos para la familia y de forraje para el ganado. Queremos entonces valorar la producción total de maíz, sea vendido o consumido en la finca. Debemos anotar aquí que el maíz se puede utilizar de tres maneras en la finca: como semilla como forraje para el ganado y como alimento humano.

Nos queda ahora el problema de valorar el maíz producido.

Una primera aproximación al valor, pudiera ser el precio en el mercado. Pero sabemos que el agricultor no puede quedarse con todo lo que recibe al poner su maíz en el mercado. Debe deducir ciertos costos asociados con el proceso que

transcurre desde la cosecha de su maíz en el campo—el punto físico el cual el agricultor toma decisiones agronómicas—a su puesta en el mercado.

¿Cuáles costos deben deducirse? Según se podrá suponer, hay varias maneras de tratar esto. *La regla que seguimos es la de deducir del precio del mercado todos aquellos costos que variarán directamente con la cantidad de maíz producida.* Para ver cuáles son estos costos, supóngase que el rendimiento fue de cero toneladas por hectárea. Luego, no hay costos de cosecha, ni de almacenaje, ni de encostado, ni de transporte del grano hacia el mercado. Alternativamente, para una cosecha de dos toneladas por ha., el costo de cosecha, desgrane, almacenaje, encostado y transporte de dos toneladas es casi exactamente el doble del costo para una cosecha de una tonelada. Estos costos—cosecha, desgrane, almacenaje, encostado y transporte—son entonces los costos que varían en forma proporcional con la producción y se pueden deducir convenientemente del precio del mercado. El valor remanente es el *precio de campo* del maíz. Antes de continuar, conviene señalar específicamente lo que queremos decir por precios del mercado. Estos *no son* los precios al menudeo en los centros urbanos, sino los precios que los agricultores *reciben* en los mercados en donde ellos hacen las ventas. Ahora, dado que estos precios varían en el curso del año, es una buena idea obtener un precio promedio. Alternativamente, si el agrónomo quiere ser conservador, él puede usar el precio poco después de la cosecha. De nuevo, el precio que habría de emplearse *no es* necesariamente el precio oficial. Todos conocemos casos en que los precios pagados a los agricultores han sido más altos o más bajos que los precios oficiales. Queremos conocer el precio que percibirá el agricultor que toma las decisiones, cualquiera que éste sea.

Se puede preguntar por qué el costo de deshierbe por ejemplo, no se deduce también del precio del mercado. Esto se debe a que el costo del deshierbe *no es* una proporción constante de los rendimientos como lo son los costos a que nos referimos antes. Es esta distinción la que hace diferir los conceptos que se pueden abstraer del precio del mercado de aquéllos que se pueden tratar mejor separadamente.

Antes de continuar con la estimación de estos costos, nótese que hemos actuado como si todo el maíz fuera transportado al mercado y vendido, aún cuando sabemos que a menudo una buena porción del maíz se consume en la finca; no obstante esto no producirá mayor diferencia en nuestro análisis en tanto estemos comparando una manera de producir maíz con otra (según se ilustra en el ejemplo). Si estuviéramos comparando una manera de producir maíz con una manera de producir, por ejemplo, algodón, y si algo de maíz fuera consumido en la finca—fuese allí producido o no—, quisiéramos entonces separar el maíz vendido del maíz usado en la finca y asignar diferentes valores a cada uno. Sin embargo, para los propósitos de este manual, no necesitamos introducir esa complicación. Podemos decir, de modo general, que el valor del producto consumido en el hogar es un tanto mayor que el precio del mercado.

Regresando a los costos, se recordará que el capítulo anterior trató acerca de los costos monetarios y de los costos de oportunidad. Necesitamos hacer lo mismo aquí. Considérese el siguiente Cuadro 9.

Si los pagos se hacen en efectivo—para comprar costalera, para rentar desgranadoras o trilladoras, para el transporte—entonces uno necesita solamente consignar el costo por tonelada para cada actividad. Si se contempla que una o varias actividades van a ser desempeñadas con mano de obra familiar, el concepto de costo de oportunidad debe utilizarse otra vez. En el ejemplo hemos supuesto que la familia del agricultor cosecha el maíz. De nuevo, todos estos

costos se deben consignar por tonelada. Si, por ejemplo, un día de trabajo se valora en \$25 y si un trabajador puede cosechar en un día 0.3 toneladas, el costo por tonelada será de $\$25/0.3 = \83.30 .

El almacenaje requiere de una consideración especial. Los conceptos que figuran en los costos son fumigantes e insecticidas, junto con el costo de construcción del espacio que ocupa el grano. Es probable que el costo de almacenar el grano sea pequeño en términos por tonelada. Lo incluimos para tener completo el análisis y porque, si bien pequeño, es mayor que cero.

Las pérdidas de almacenamiento introducen una posible complicación en el cálculo de los costos proporcionales. Supongamos que el costo de cosechar y almacenar 1 tonelada de grano es de \$135 (= 83 + 17 + 35) y que 20 por ciento del grano se pierde durante el almacenamiento. Luego, el costo por tonelada de grano que queda después del almacenamiento será \$135/0.8 toneladas ó \$169/tonelada y no \$135/tonelada. Las pérdidas de almacenamiento del 20 por ciento han incrementado los costos proporcionales en un 25 por ciento. En aquellas situaciones en las que las pérdidas de almacenamiento puedan ser elevadas, una corrección debe ser hecha para ajustar los costos proporcionales tal como en el ejemplo.

La deducción de costos proporcionales del precio de mercado del maíz da el *precio de campo* del maíz, $\$1,200 - 200 = 1,000$. A groso modo, éste es el precio que el agricultor recibirla por una tonelada de maíz en el campo. Nótese cuan más bajo es que el precio del mercado. Este es casi siempre el caso y no puede soslayarse su importancia.

Es tiempo ahora de reconsiderar el problema de identificar fuentes de valor que variarán entre los tratamientos opcionales. El maíz para grano se ha discutido arriba. ¿Varía alguna otra cosa? Desde luego que sí: varía la producción de rastrojo. Si el rastrojo tiene un valor como acontece a menudo, entonces su beneficio bruto de campo debe también estimarse.

El procedimiento para estimar el beneficio bruto de campo para el rastrojo es exactamente igual que el que se sigue para estimar el valor del grano. Primero debe estimarse la producción y deducirse las pérdidas anticipadas para obtener la producción ajustada. Cada paso bosquejado arriba se sigue entonces para estimar los costos. Por supuesto, la "cosecha" se torna en "corte", el desgrane se torna en "empacado" y parece probable que los costos de almacenaje y encostalado son virtualmente nulos. La cosa importante que se debe recordar, sin embargo, es considerar cada actividad potencial—¿habrá que deducir el "picado?"— y luego seguir el procedimiento bosquejado para estimar los costos proporcionales por tonelada de procesamiento del rastrojo del campo al mercado.

Una vez que se estima el costo proporcional por tonelada, todo lo que queda por hacer es abstraer esa cifra del precio del mercado para obtener el *precio*

CUADRO 9.
Asignación de costos (por tonelada) para actividades proporcionalmente relacionadas con cosecha y mercadeo.

	Monetarios	De Oportunidad	Totales
Cosecha	—	\$83	\$83
Desgrane/trilla	\$17	—	17
Almacenaje	5	—	35
Encostalado	25	—	25
Transporte	40	—	40
Costos proporcionales por tonelada	117	83	200

de campo y luego multiplicar el precio de campo por la producción ajustada. El resultado es el *beneficio bruto de campo* del rastrojo. Al sumar ambos beneficios —el del grano y el del rastrojo— se tiene el *beneficio bruto de campo* del tratamiento.

Ahora, es improbable que los cálculos para maíz o trigo muestren beneficios potenciales de más de dos fuentes, grano y rastrojo. Para otros cultivos o para cultivos asociados bien podrían surgir más de dos fuentes de beneficios. De nuevo, el procedimiento para tratar cada fuente potencial de beneficios es el mismo que el procedimiento descrito antes para el caso del maíz.

Tenencia

Hasta ahora, nuestra discusión simplificada ha supuesto que el agricultor que toma las decisiones, a quien se dirigen nuestro presupuesto y recomendaciones, es el dueño—operador de su finca. Sin embargo, en muchas comunidades rurales, especialmente en los países en desarrollo, un número considerable de agricultores son medieros. La forma de tenencia varía mucho de un país a otro y de una región a otra. Una situación no poco común consiste en un terrateniente y un mediero que comparten la cosecha de acuerdo con alguna fórmula, y el mediero suministra todos los insumos que se compran tales como fertilizantes, semillas, etc. Si suponemos (como se ha hecho comúnmente) que el agricultor mediero desea obtener tanta ganancia como pueda, entonces los arreglos de reparto de cosecha pueden ejercer una influencia muy importante en la elección de prácticas.

Para demostrar la importancia de este punto, supondremos que la recomendación de fertilizante para el maíz, discutida previamente, será puesta en práctica para agricultores medieros quienes pagan todos los costos de los insumos, pero reciben solamente la mitad de la producción. Debemos pues, calcular los beneficios netos para estas condiciones. Para el tratamiento 0-0 por ejemplo, los beneficios netos serían $0.995 \text{ ton} \times \$1,000 = \$995$ exactamente la mitad de lo calculado previamente. Para el tratamiento 50-25 el beneficio neto sería:

1,745	tons
X \$1,000	precio de campo por ton
\$1,745	beneficio bruto de campo
— 700	total de costos variables
\$ 1,045	beneficio neto

En lugar de \$2,790 calculados para un agricultor que trabaja su propia tierra. Si el técnico agrónomo continuara con los cálculos para todos los tratamientos, encontraría que ninguno de ellos dará un beneficio más alto que \$995 del tratamiento testigo. Los tratamientos 0-0 y 50-25 son las únicas alternativas no dominadas para el agricultor mediero. La tasa marginal de retorno de la inversión de \$700 para el tratamiento 50-25 será:

$$\begin{aligned} \$1,095 - \$995 &= \$100 \text{ beneficio marginal neto} \\ \$100/\$700 &= 0.14 = 14\% \text{ tasa marginal de retorno} \end{aligned}$$

Esta tasa de retorno no es suficiente como para recomendar el tratamiento de fertilizante, ya que los agricultores medieros deben pagar todos los costos del fertilizante y reciben sólo la mitad de la cosecha.

Este es un cambio drástico a nuestras conclusiones previas, lo que demuestra que el agrónomo no puede dejar de tomar en cuenta los efectos de la tenencia de la tierra cuando se calculan los beneficios netos.

¿Y qué se puede decir acerca de los agricultores que rentan tierra y pagan una renta fija por su terreno? Al reflexionar un poco acerca de nuestra discusión anterior—donde dijimos que las cosas que no cambian con tratamientos pueden ser eliminadas—nos damos cuenta que no necesitamos preocuparnos por este tipo de tenencia.

Resumen

Se podría considerar que la discusión sobre costos y beneficios, pone demasiado énfasis en aspectos detallados de contabilidad que tal vez sean triviales. Si bien pudiera haber una pizca de verdad en tal consideración, señalamos con firmeza que el soslayar algunos de esos "pequeños detalles" ha constituido un factor importante para explicar la no adopción de tecnología publicitada como "rentable". Las personas encargadas de formular recomendaciones que no desean sorprenderse de las bajas tasas de adopción deben reconocer estos pequeños pero importantes detalles. También deben tener en mente la probabilidad y el impacto de altos costos de oportunidad de mano de obra y de escasez de recursos financieros.

Lista de verificación para los beneficios

1. Identifíquense todas las fuentes de beneficios potenciales que se espera varíen de un tratamiento a otro—para los cereales es probable que éstas sean únicamente grano y rastrojo o paja.
2. Para cada fuente potencial de beneficios, estimense las pérdidas de cosecha y almacenamiento y calcúlense el rendimiento ajustado.
3. Para cada fuente potencial de beneficios, estimense un precio de mercado con atención apropiada a los descuentos por concepto de calidad.
4. Identifíquense todas las actividades cuyos costos varíen proporcionalmente con la producción por hectárea. Estas son de ordinario las actividades de procesamiento de la cosecha al mercado, incluyendo cosecha, desgrane/trilla, encostado, almacenamiento, transporte.
5. Estimense el costo unitario, por ejemplo por tonelada, de cada una de las actividades identificadas en el punto anterior (4). Ajustar las pérdidas de almacenamiento cuando sea necesario.
6. Súmense los costos ajustados por unidad de las actividades identificadas para cada fuente potencial de beneficios (por ejemplo, para grano y rastrojo) y réstese cada total del precio de mercado relevante. Los valores resultantes constituyen los *precios de campo* del grano, del rastrojo, etc.
7. Para cada fuente potencial de beneficios, multiplíquese el *precio de campo* por el rendimiento ajustado y súmense todas las fuentes potenciales de beneficios. Este es el *beneficio bruto de campo* del tratamiento.

8

RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS PARA DERIVAR RECOMENDACIONES A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES

- I. Calcular los beneficios netos promedios para cada tratamiento.
 - A. Estimar los beneficios para cada tratamiento (véase la lista de verificación, Capítulo 7).
 1. Calcular los *rendimientos promedios* para cada tratamiento, incluyendo grano y rastrojo si éste es apropiado. Ajustar los rendimientos, primero por diferencias entre manejo experimental y manejo del agricultor (0-50 por ciento) y segundo por cosecha normal y pérdidas de almacenamiento (no menos de 10 por ciento).
 2. Estimar el *precio de campo* del grano y del rastrojo. De ordinario, esto será el precio que el agricultor reciba en el mercado local menos los costos de cosecha, desgrane/trilla, almacenamiento, transporte y mercadeo. Estos costos generalmente totalizarán *por lo menos* 10 por ciento del precio del mercado, y algunas veces mucho más.
 3. Multiplicar el precio de campo por el rendimiento promedio ajustado para cada producto y sumar para obtener el *beneficio bruto de campo* para cada tratamiento.
 - B. Estimar los costos variables para cada tratamiento (véase la lista de verificación, Capítulo 6).
 1. Identificar los *insumos variables*, o sea aquellos factores que son afectados por la elección del tratamiento. Inclúyanse allí agroquímicos, semillas, mano de obra y equipo. Estimar la cantidad de cada uno de estos insumos usada para cada tratamiento. Para estimar la cantidad de mano de obra y equipo requeridos bajo las condiciones del agricultor, se necesita estar familiarizado con las prácticas de los agricultores.
 2. Estimar el *precio de campo* de cada insumo. Normalmente éste será el precio al menudeo más los costos de transporte de los insumos comprados. El precio de campo de la mano de obra será normalmente un *costo de oportunidad* —alrededor del 50-75 por ciento del salario agrícola prevalente, excepto durante períodos de alto empleo en que el porcentaje será mayor.
 3. Multiplicar el precio de campo de cada insumo por la cantidad, y súmense los insumos para obtener el *costo variable* de cada tratamiento. Esto incluirá un componente de costo monetario y un componente de costo de oportunidad.
 - C. Restar los costos variables del beneficio bruto de campo promedio para obtener el *beneficio neto* para cada tratamiento.

- II. Escoger el tratamiento a recomendar usando análisis marginal.
 - A. Organizar los tratamientos de retribuciones netas altas a bajas, y calcular la *tasa de retorno* a cada incremento en capital. Graficar la curva de retribuciones netas si están involucrados varios tratamientos.
 - B. Seleccionar como recomendación el tratamiento que ofrezca el mayor beneficio neto y una tasa marginal de retorno de por lo menos 40 por ciento en el último incremento de capital.
- III. Verificar lo adecuado de la recomendación desde el punto de vista de variabilidad de rendimiento y precio.
 - A. Usar el *análisis de retorno mínimo* para comparar las retribuciones mínimas del tratamiento seleccionado con las de todos los otros tratamientos. Si se compara desfavorablemente, una recomendación diferente pudiese ser más consistente con las circunstancias de los agricultores.
 - B. Usar el *análisis de sensibilidad* para determinar si la elección de recomendación es sensible a los precios del producto o de los insumos, que están particularmente sujetos a errores de estimación. Si la recomendación es sensible a estos cambios, considerar otra recomendación u obtener más información acerca de los precios.

9 DOS EJEMPLOS

Nuestro propósito en este capítulo es presentar 2 ejemplos más en los cuales usamos los procedimientos de este manual para derivar recomendaciones a partir de datos agrónomicos. Estos dos ejemplos son diferentes al ejemplo de fertilizante, en el sentido de que éstos implicarán decisiones más del tipo de "sí o no" que del tipo "qué cantidad".

El primero implica escoger entre dos tratamientos y el segundo entre seis. Como hemos mencionado, los procedimientos de este manual son útiles para ambos tipos de decisiones.

En el primer ejemplo examinamos una serie de experimentos de maíz con dos tratamientos que son más bien paquetes de tecnología, el de tecnología "actual" y un paquete de tecnología "intensiva". El problema es si o no recomendar el paquete intensivo. En el segundo ejemplo se examinan una serie de experimentos de trigo que tuvieron 6 tratamientos, 3 variedades, cada tratamiento con y sin fertilizante. La cuestión en este caso, es cuál de los tratamientos será recomendado a los agricultores.

Ensayo con paquetes de tecnología para maíz

Una serie de parcelas de demostración e investigación fueron llevadas a cabo en tres valles tropicales altos. Las parcelas fueron establecidas en campos de los agricultores y se probaron dos tipos de tecnología para producir maíz: un paquete tecnológico con uso intensivo de insumos modernos y un paquete tecnológico que reflejaba aproximadamente la tecnología actual usada por los agricultores de la zona. El paquete de tecnología intensiva incluyó los siguientes insumos: fertilizante en dosis de 100 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de P_2O_5 , una aplicación de insecticida al suelo, dos aplicaciones de insecticida foliar y una aplicación de herbicida. El paquete diseñado para representar la tecnología del agricultor fue diferente al incluir sólo la mitad del fertilizante usado en el paquete intensivo, ninguna aplicación de insecticida al suelo y control de malezas a mano. En todo otro sentido los paquetes fueron iguales.

El propósito de las parcelas fue demostrar a los agricultores los resultados factibles de ser obtenidos con las dos tecnologías y evaluar comparativamente la bondad del paquete intensivo con miras a su recomendación. Los ensayos se hicieron en 26 sitios distribuidos para representar las condiciones del dominio de recomendación: valle tropical alto en este caso. Otros ensayos fueron conducidos simultáneamente para examinar los componentes de los paquetes: respuesta a fertilizante e insecticida, comparación de variedades, etc.

CUADRO 10.

Cálculo de costos variables para los paquetes de tecnología actual e intensiva (por hectárea).

Operación	Insumo	Cantidad	Costo de campo (\$/ha)				
			Monetario		Oportunidad		
			Precio	Costo	Precio	Costo	Total
<i>Paquete tecnología actual</i>							
Fertilización	46-0-0	65 kg	0.54	35.10	—	—	35.10
	20-0-0	100 kg	0.54	54.00	—	—	54.00
	mano de obra	6 días	—	—	3.00	18.00	18.00
				99.10		18.00	107.10
Control de malezas	mano de obra	10 días	—	—	3.00	30.00	30.00
Control insectos (2 aplicaciones)	insecticida	24 kg	1.60	38.00	—	—	38.00
	aspersora	2 días	4.00	8.00	—	—	8.00
	mano de obra	2 días	—	—	3.00	6.00	6.00
				46.00		6.00	52.00
<i>Paquete tecnología intensiva</i>							
Fertilización	46-0-0	130 kg	0.54	70.20	—	—	70.20
	20-20-0	100 kg	0.54	108.00	—	—	108.00
	mano de obra	9 días	—	—	3.00	27.00	27.00
				178.20		27.00	205.20
Control de malezas	herbicida	2 kg	17.00	34.00	—	—	34.00
	aspersora	3 días	4.00	12.00	—	—	12.00
	mano de obra	3 días	—	—	3.00	9.00	9.00
				46.00		9.00	55.00
Control de malezas (3 aplicaciones)	insecticida	36 kg	1.60	58.00	—	—	58.00
	aspersora	3 días	4.00	12.00	—	—	12.00
	mano de obra	3 días	—	—	3.00	9.00	9.00
				70.00		9.00	79.00

CUADRO 11

Presupuesto parcial para los ensayos con paquetes de tecnología para maíz.

Concepto	Tratamiento	
	Tecnología actual	Tecnología intensiva
Rendimiento promedio (ton/ha)	2.78	4.04
Ajuste por pérdidas de cosecha (10%)	x 0.9	x 0.9
Rendimiento neto (ton/ha)	2.50	3.64
Beneficio bruto de campo (\$/ha a \$232.50/ton)	581	846
<i>Costos variables (de cuadro 10)</i>		
fertilización (\$/ha)	107	205
control malezas (\$/ha)	30	55
control insectos (\$/ha)	52	79
Total costos variables (\$/ha)	189	339
Beneficio neto (\$/ha)	392	507
Tasa de retorno = $(507 - 392) / (339 - 189) = 115/150 = 0.77 = 77\%$		

En el Cuadro 10 se muestran los cálculos de costos variables para los dos paquetes (o tratamientos) siguiendo el formato del Cuadro 8. Mano de obra agrícola se puede contratar en el área a un salario de \$3 por día (jornada de 8 horas de trabajo), las aspersoras de mano, pueden alquilarse a un precio de \$4 por día. La estimación del costo de mano de obra para aplicación de agroquímicos y para control de malezas a mano se realizó después de discusiones con los agricultores. Los agroquímicos se pueden comprar en tiendas privadas o agencias del Gobierno a los precios indicados (incluyendo un cargo por entrega del fertilizante).

La mayoría de los agricultores del área comercializan el maíz vendiéndolo a camioneros que pasan por los poblados comprando el grano. Usualmente el maíz no se almacena antes de venderlo. El precio del maíz en los dos últimos ciclos ha sido de \$250/tonelada. El precio oficial de garantía es mayor, pero dado que el gobierno compra sólo cantidades limitadas y los agricultores deben afrontar descuentos por calidad y pagar costos de transporte, el precio pagado por los camioneros se toma como relevante. El precio de campo por tonelada se calculó de la siguiente manera:

<i>Precio pagado por camioneros</i>	\$250.00
<i>Menos:</i>	
cosecha	- 5.25
deshoje	- 3.50
desgrane	- <u>8.75</u>
precio de campo	\$232.50

El costo de cosecha se determinó dividiendo el número de jornales necesarios por hectárea entre el rendimiento promedio en el área y multiplicando luego por el salario. El costo de deshoje y desgrane se estimó a partir de información proporcionada por los agricultores.

El presupuesto parcial para los ensayos puede ahora ser completado como se muestra en el Cuadro 11 que sigue el formato de el Cuadro 3. Los rendimientos promedios han sido reducidos en un 10 por ciento para tomar en cuenta pérdidas de cosecha y otros factores no reflejados en los procedimientos de cosecha y medida experimentales. El costo marginal del paquete intensivo de tecnología es de \$150 por hectárea y la tasa de retorno para la inversión es del 77 por ciento (última línea del Cuadro 11). Una tasa de retorno de 77 por ciento será suficiente para garantizar la recomendación del paquete a menos que los riesgos asociados sean muy altos. El procedimiento para analizar riesgo sugerido en el Capítulo 5 consiste en un listado de los beneficios netos para cada tratamiento y sitio. En este caso sugerimos una modificación al procedimiento que puede ser útil cuando el análisis de presupuesto parcial incluye sólo dos tratamientos (o paquetes en el presente ejemplo).

En el Cuadro 12 se presentan los rendimientos para cada tratamiento en cada uno de los 26 sitios, así como también la ganancia en rendimiento que ofrece la tecnología intensiva en comparación con la tecnología actual. Se puede observar que cuatro de los 26 sitios se perdieron por sequía; dado que la sequía es un accidente climático que está dentro de las circunstancias del agricultor, los resultados de esos ensayos se incluyen en el análisis.

¿Qué tan grande debe ser la ganancia en rendimiento requerida para compensar por el costo adicional de insumos del paquete intensivo?

Esto se determina como sigue:

Formulación de
recomendaciones a partir
de datos agronómicos

Costo marginal en dinero	\$150
Costo marginal en grano (\$150/\$230.50)	0.65 ton
Rendimiento marginal requerido para obtener una tasa de retorno del 40% (0.65×1.40)	0.90 ton

Esto significa que si el agricultor debe recibir una tasa de retorno del 40 por ciento por su inversión, *el paquete intensivo de tecnología debe rendir 0.9 toneladas/hectárea más que el paquete actual de tecnología.*

Podemos ver en el Cuadro 12 que esto ocurre en catorce de los 26 sitios. Además hay otros tres sitios en los cuales el agricultor obtendría un retorno por su inversión pero con una tasa menor que 40 por ciento. Esto haría que quedaran nueve sitios de los 26 totales, en los cuales la ganancia en rendimiento no fue suficiente para cubrir el costo de los insumos adicionales.

Este enfoque para analizar el riesgo es muy conveniente cuando se tienen dos tratamientos, pero sin embargo, no nos dá directamente una evaluación del riesgo de obtener bajos retornos para una y otra tecnología. Esta evaluación la hacemos utilizando el análisis de retornos mínimos descritos en el Capítulo 5.

Primero miramos la columna de rendimientos para la tecnología actual y encontramos que los peores ocho rendimientos (25 por ciento de los peores, incluyendo los cuatro sitios que se perdieron por sequía más los cuatro sitios en itálica) dieron un promedio de 0.36 toneladas/hectárea. Para obtener los beneficios netos, expresados como grano, podemos deducir de estos peores ocho rendimientos la cantidad 0.81 toneladas (costos variables de \$189 entre \$232.50 precio de campo por tonelada de grano) para la tecnología actual y 1.46 toneladas (costos variables de \$339 entre \$232.50 precio de campo por tonelada de grano) para la tecnología intensiva. Los resultados se muestran en el Cuadro 13.

Es claro a partir de este Cuadro que el paquete intensivo de tecnología tiene un riesgo relativo mayor sólo en el caso de pérdida completa de la cosecha. En estos casos (15 por ciento de los sitios de ensayo) el agricultor perdería 0.65 toneladas más de grano en el caso de usar la tecnología intensiva. Evidentemente este es un riesgo bastante serio que desanimaría a muchos agricultores para usar los insumos adicionales del paquete intensivo, aún cuando su tasa de retorno es del 77 por ciento. Probablemente no sería aconsejable recomendar esta inversión a aquellos agricultores demasiado pobres para los cuales una pérdida de cosecha podría ponerlos en una muy mala situación. Sin embargo, en el dominio de recomendación del presente ejemplo prácticamente no había agricultores en semejantes condiciones, razón por la cual el paquete intensivo de tecnología sería apropiado a pesar de los riesgos asociados.

Ensayo con variedades de trigo

La serie de ensayos de variedades que se analizarán, se llevó a cabo en seis sitios diferentes de una zona de temporal. Las variedades se probaron bajo dos tratamientos de fertilizante: el nivel cero y 60 kg. de N más de 20 kg. de P_2O_5 por hectárea. Los resultados (promedios de repeticiones) se presentan en el Cuadro 14. En la Figura 3 también presentamos un diagrama que ayudará a visualizar la relación entre tratamientos varietales y niveles de fertilización. Para cada nivel de fertilizante hemos graficado el rendimiento promedio de cada variedad contra el rendimiento promedio de todas las variedades.

Es evidente que V2 es la variedad con mayor respuesta al fertilizante, V1 le sigue en promedio y la variedad local es la de menor respuesta.

Solamente un análisis económico como el que se presenta a continuación

puede indicar las implicaciones de estos datos al formular recomendaciones para los agricultores.

El primer paso es ajustar los rendimientos promedios por pérdidas de cosecha y almacenamiento, que nosotros estimamos en un 20 por ciento. Después de averiguaciones apropiadas entre agricultores y comerciantes de la región, determinamos que el *precio de campo* de la variedad local es de \$1,000 por tonelada. La variedad V1 es una nueva variedad que había sido introducida tiempo atrás, pero los comerciantes declararon que los habitantes del área no la comprarían debido al color de su grano, aunque se le podría sacar de la región y venderla fuera. Debido a esta circunstancia, el precio de V1 ha sido entre 8 y 10 por ciento menor que el de la variedad local, lo cual significa que su precio de campo es de \$900 por tonelada. La otra nueva variedad, V2, no se había distribuido aún, pero su grano prácticamente no se distingue del de la variedad local, así que suponemos que el precio de campo sea igual al de la variedad local. Los valores brutos de campo, basados en los *rendimientos promedios* de cada variedad, se muestran en la línea 4 del Cuadro 15.

La mayoría de los agricultores tendría que comprar semilla de las dos nuevas variedades, a un precio de campo de \$2 por kilo, de modo que a una densidad de siembra de 75 kg. por hectárea, las nuevas variedades requirieron un gasto en efectivo de \$150. La semilla de la variedad local cuesta solamente \$1.00,

CUADRO 12
Rendimientos (ton/ha) de 26 sitios para los dos niveles de tecnología.

Sitio	Tecnología		Incremento en rendimiento
	Intensiva	Actual	
1	6.98	5.17	1.91**
2	6.24	6.34	-0.10
3	5.49	3.25	2.24**
4	5.84	4.97	0.87*
5	5.26	4.04	1.22**
6	3.00	3.01	-0.10
7	6.07	2.51	3.56**
8	7.81	7.11	0.70*
9	5.25	3.14	2.11**
10	6.10	1.15	-0.05
11	3.04	0.21	2.83**
12	4.86	1.36	3.50**
13	3.33	0.39	2.94**
14	2.06	1.01	1.05**
15	4.63	1.47	3.16**
16	3.43	3.81	-0.38
17	3.71	2.99	0.72*
18	3.41	1.24	2.17**
19	5.43	3.76	1.67**
20	3.67	2.64	1.03**
21	5.19	3.84	1.35**
22	4.26	4.05	0.21
23 (sequía)	0	0	0
24 (sequía)	0	0	0
25 (sequía)	0	0	0
26 (sequía)	0	0	0
Promedio	4.04	2.78	1.26**

**Incremento en rendimiento suficiente para obtener una tasa de retorno de 40% ó más. *Incremento en rendimiento suficiente para obtener una tasa de retorno entre 0 y 40%.

CUADRO 13
Beneficios netos mínimos (ton/ha) para los 26 sitios.

Beneficio neto	Tecnología	
	actual	intensiva
Primero mas bajo	-0.81	-1.46
Segundo mas bajo	-0.81	-1.46
Tercero mas bajo	-0.81	-1.46
Cuarto mas bajo	-0.81	-1.46
Quinto mas bajo	-0.60	0.60
Sexto mas bajo	-0.42	1.54
Septimo mas bajo	0.20	1.58
Octavo mas bajo	0.43	1.87
Promedio de los ocho mas bajos	-0.45	-0.03

CUADRO 14
Datos de una serie de ensayos varietales de trigo (ton/ha).

Sitio	Variedad local		Variedad V1		Variedad V2	
	0-0	60-20	0-0	60-20	0-0	60-20
1	0.84	1.67	1.08	2.25	1.46	2.58
2	0.72	1.50	0.98	2.00	0.76	1.94
3	1.23	1.38	1.68	2.33	0.95	2.27
4	1.22	1.51	1.34	2.31	1.67	2.58
5	1.36	1.30	1.10	2.24	1.40	2.68
6	1.58	1.99	1.53	2.01	1.74	2.97
Promedio	1.16	1.56	1.28	2.19	1.33	2.50

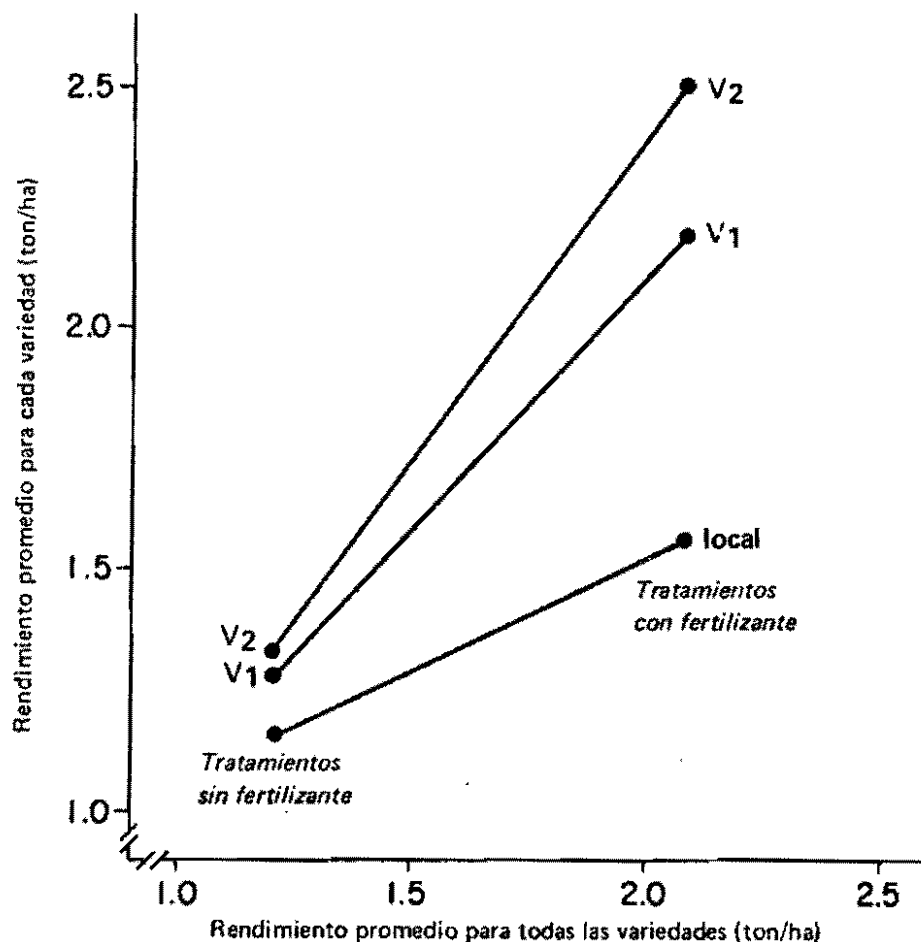


FIGURA 3. Rendimientos y niveles de fertilización para el ensayo de variedades de trigo.

así que el incremento en el costo por semilla sobre la variedad local es de \$100/kg. El precio de campo del N y del P_2O_5 resultó ser de \$5 por día hombre. Las estimaciones resultantes de los costos variables totales por tratamiento se muestran en las líneas 7 y 10 del Cuadro 15.

Finalmente, en la línea 11 del Cuadro 15 presentamos los beneficios netos resultantes de cada una de las alternativas. La variedad V2, cuando se le fertiliza ofrece el beneficio neto promedio más alto, pero de nuevo debido a consideraciones de escasez de capital y riesgos asociados, necesitaremos examinar estos resultados usando los procedimientos descritos anteriormente para estar seguros de cuáles alternativas se habrán de recomendar.

La primera tarea es un análisis marginal de los resultados de presupuesto parcial. Con este fin, ordenamos las alternativas por beneficio neto, según se muestra en el Cuadro 16, y omitimos aquellos tratamientos que dieron beneficios netos más bajos que el de la parcela testigo (la variedad local sin fertilizante).

El tratamiento V1 con fertilizante es dominado por V2 también fertilizado, puesto que ambos tienen el mismo costo variable y el último ofrece un mayor beneficio neto. Únicamente V2 sin fertilizante y V2 con fertilizante quedan como alternativas razonables según este criterio. La alternativa de inversión más pequeña disponible para el agricultor es la de gastar \$75 para adquirir semilla de esta variedad. A cambio de ello, él puede esperar recibir un

CUADRO 14
Presupuesto parcial de ensayos varietales de trigo (por hectárea).

Concepto	N	P ₂ O ₅	Variedad local		Variedad V1		Variedad V2	
			0-0	60-20	0-0	60-20	0-0	60-20
(1) Rendimiento promedio (ton/ha)			1.16	1.56	1.28	2.19	1.33	2.50
(2) Rendimiento ajustado (ton/ha)			1.02	1.37	1.13	1.92	1.17	2.20
(3) Precio de campo (\$/ton)			1000	1000	900	900	1000	1000
(4) Valor bruto de campo (\$/ha)			1020	1370	1017	1728	1170	2200
<i>Costos monetarios variables</i>								
(5) Semilla (75 kg a \$1/kg)			—	—	75	75	75	75
(6) Fertilizante (a \$5/unidad)			—	400	—	400	—	400
(7) Costos monetarios variables (\$/ha)			0	400	75	475	75	475
<i>Costos de oportunidad variables</i>								
(8) Mano de obra por aplicación (días)			—	2	—	2	—	2
(9) Costo de aplicación (a \$50/día)			0	100	—	100	—	100
(10) Costos variables totales (\$/ha)			0	500	75	575	75	575
(11) Beneficio neto (\$/ha)			1020	870	942	1153	1095	1625

retorno neto de \$75 (el primer año), para una tasa de retorno del 100 por ciento en comparación con el tratamiento testigo. Esta es una tasa adecuada para garantizar la inversión del agricultor, y más aún, el agricultor puede esperar recibir beneficios adicionales en el futuro sin necesidad de invertir de nuevo en la semilla. Luego, la tasa de retorno real ha sido subestimada por esta cifra. Sin embargo, la cantidad absoluta de incremento en beneficios netos (\$75) es un tanto pequeña, y es sólo alrededor de 7 por ciento mayor que los retornos netos que pueden obtenerse con la variedad local. Así, los agricultores pudieran no entusiasmarse mucho en hacer este cambio tan pequeño, aún cuando la tasa de retorno por la inversión en semilla es bastante alta.

¿Qué se puede decir acerca de la alternativa de invertir \$500 adicionales por hectárea para aplicar fertilizante a la variedad V2? El incremento esperado en beneficios netos es de \$575 por hectárea para una tasa de retorno de 106 por ciento en comparación con el tratamiento V2 sin fertilizante. Esta tasa es aceptable (si los riesgos no son extraordinariamente grandes), y la magnitud del incremento en retorno neto es bastante significativo: alrededor del 50 por ciento más que los beneficios netos que se obtienen con la variedad local sin fertilizante. Así podemos suponer que la recomendación de la variedad V2 con fertilizante será consistente con las circunstancias de los agricultores.

CUADRO 16
Análisis marginal de los datos de trigo (por hectárea)

Beneficio neto	Tratamiento		Costo variable	Cambio a partir del inmediato superior		
	variedad	N P ₂ O ₅		incremento en costo variable	incremento en beneficio neto	tasa de retorno
\$1625	V2	60 kg 20 kg	\$575	\$500	\$530	106 %
1153	V1	60 kg 20 kg	575	—	—	—
1095	V2	0 0	75	75	75	100 %
1020	Local	0 0	—	—	—	—

Para verificar el riesgo de esta alternativa comparada con las otras, necesitamos examinar el retorno en el peor de los seis resultados y en los peores dos de los seis. Estos se presentan en Cuadro 17 (junto con el promedio de los seis como referencia). Aquí encontramos, como ocurrió en el caso de los ensayos de fertilización, que el tratamiento elegido por el análisis marginal es a la vez el tratamiento con los retornos mínimos más altos. Por lo tanto el análisis de retorno mínimo apoya de nuevo la recomendación de la variedad V2 con fertilizante.

Sin embargo, el análisis de retornos mínimos revela algo que no fue evidente en el análisis marginal de los datos de rendimiento promedio. Supóngase que hay algunos agricultores en el área que no pueden o que no están dispuestos a invertir en fertilizante. El análisis marginal sugiere que para estos agricultores, V2 sería una buena recomendación, pero ellos podrían pensar en seguir usando su vieja variedad. Sin embargo, al observar el Cuadro 17 encontramos que estas dos alternativas tienen retornos mínimos mucho más bajos que la alternativa V1. Por ello, los agricultores con mayor aversión al riesgo podrían preferir la variedad V1, aún cuando en promedio fueran a recibir retornos más bajos que con alguna de las otras alternativas. La variedad V1 parece ser más estable para diferentes ambientes que las otras dos. Más aún, su rendimiento promedio supera a la variedad local bajo condiciones sin fertilización y rinde casi tanto como V2 sin fertilizante. La razón por la cual aparece como una alternativa poco atractiva en el análisis marginal, se debe al descuento en el precio. Por lo tanto sería conveniente realizar un análisis de sensibilidad para examinar las implicaciones de posibles cambios en el precio de esa variedad.

Es conveniente entonces plantear el interrogante de a qué descuento de precio la variedad V1 sin fertilizante suministraría beneficios netos mayores que la variedad local también sin fertilizar. La respuesta es que con un descuento de alrededor del 3 por ciento (un precio de \$970/ton) los beneficios netos serían de \$1,020 por hectárea, los mismos que para la variedad local. Para obtener una tasa de retorno igual, en promedio, a la que se obtiene al invertir en semilla de V2, la variedad V1 tendría que tener un precio aún mayor que el de la variedad local.

¿Cuáles son entonces las conclusiones del análisis? En primer lugar, la recomendación de V2 con fertilizante es buena según lo verifican el análisis marginal y el análisis de retornos mínimos. Para aquellos agricultores que no aplicarán fertilizante, independientemente de la recomendación, se podría recomendar la variedad V1 debido a sus retornos mínimos más elevados. Este juicio debe hacerse con base en la apreciación del agrónomo respecto a la cantidad

CUADRO 17
Análisis de retornos mínimos de los datos de trigo (por hectárea).

Tratamiento	Fertilizante		Beneficio neto más bajo	Promedio de los dos beneficios netos más bajos	Beneficio neto promedio para los seis sitios
	N	P ₂ O ₅			
Local	0	0	\$633	\$686	\$1020
Local	60	20	640	677	870
V1	0	0	701	740	942
V1	60	20	1008	1012	1153
V2	0	0	594	678	1095
V2	60	20	1131	1276	1625

de agricultores dentro de este grupo y la importancia que ellos dan a las diferencias entre los retornos mínimos de la variedad local y V1. Puesto que seis observaciones no son muchas, el agrónomo pudiera pensar en esperar al siguiente ciclo antes de hacer alguna recomendación con respecto a V1 versus la variedad local sin fertilización. Las observaciones adicionales pudieran mostrar que la diferencia en retornos mínimos no es tan grande como aquí se estima sobre la base de sólo seis resultados.

GLOSARIO

- Costo de capital**—Puede ser un costo real o un costo de oportunidad. Cuando es un costo real, el costo del capital es la diferencia entre el monto de inversión solicitado en préstamo y el monto a pagar después de transcurrido el término del préstamo. Cuando es un costo de oportunidad, el costo del capital es lo que se deja de ganar al tener una inversión de capital en una empresa determinada y por un plazo de tiempo determinado.
- Dominancia**—Se dice que una alternativa domina a otra cuando la primera tiene beneficios más altos, e iguales o más bajos costos variables que la segunda.
- Costo de campo (de un insumo)**—Es el precio de campo de un insumo multiplicado por la cantidad de ese insumo, la cual varía con la decisión.
- Precio de campo (de la producción)**—El valor, para el agricultor, de una unidad adicional de producción en el campo antes de la cosecha.
- Beneficio bruto de campo**—Rendimiento neto multiplicado por el precio de campo de todos los productos del cultivo.
- Inversión de capital**—Es el valor de los insumos (propios o prestados) que son asignados a una actividad con la esperanza de recuperarlos más tarde.
- Costo marginal**—Es el aumento en los costos variables que ocurre cuando se cambia una alternativa de producción por otra.
- Beneficio marginal neto**—Es el aumento en el beneficio neto que podrá obtenerse cambiando una alternativa de producción por otra.
- Tasa marginal de retorno**—Es el beneficio marginal neto dividido entre el costo marginal (calculado solamente para alternativas no dominadas).
- Precio monetario de campo (de un insumo)**—Se refiere al precio de compra o de mercado menos otros gastos directos, tales como costos de transporte.
- Precio monetario de campo (de la producción)**—Es el precio de mercado de una unidad de producto menos los costos de cosecha, almacenaje, transporte, venta y los descuentos de calidad.
- Beneficios netos**—El valor de los beneficios menos el valor de las cosas entregadas para obtener los beneficios. Beneficio total bruto de campo menos el total de costos variables.
- Rendimiento neto**—La medida de rendimiento por hectárea en el campo menos las pérdidas de cosecha y almacenamiento.
- Costo de oportunidad**—Es el valor de cualquier recurso en su mejor uso alternativo.
- Precio de oportunidad de campo (de un insumo)**—Se refiere al valor del insumo en su mejor uso alternativo.
- Precio de oportunidad de campo (de la producción)**—Es el precio en dinero, que la familia del agricultor tendría que pagar para adquirir una unidad adicional de producto para su consumo.
- Costo proporcional**—Costos que varían directa y proporcionalmente al rendimiento.
- Dominio de recomendación**—Un grupo de agricultores que perteneciendo a una zona agro-climática determinada tiene granjas y prácticas agrícolas parecidas de modo que una recomendación es aplicable a todo el grupo.
- Prima de riesgo**—Es el monto dado como un porcentaje, que el agricultor requerirá antes de adoptar una alternativa que posee un ingreso esperado variable.
- Análisis de sensibilidad**—El procedimiento por el cual se hacen variar los costos y precios involucrados dentro de un intervalo razonable para determinar si el ordenamiento original de las alternativas se ve afectado.
- Costos variables totales de campo**—La suma de los costos de campo por todos los insumos que son afectados por la alternativa.

PROYECCIONES DE PRODUCCION Y CONSUMO DE CARNE
VACUNA EN AMERICA LATINA PARA 1930 y 1985

por

James R. Simpson, Ph.D.
Profesor Asociado
Economía Agrícola
Universidad de Florida
Gainesville, Florida

Este informe se basa principalmente en proyecciones de la oferta y demanda para carne vacuna en América Latina hasta 1985. El punto clave es que, a menos que hayan cambios drásticos en la política o métodos de producción, los latinoamericanos consumirán en promedio, menos carne vacuna por persona que en los años anteriores. Sin embargo, las exportaciones de carne vacuna aumentarán levemente, al rededor de 1,112,000 toneladas métricas en 1930, y 935,700 en 1985. Estas proyecciones se comparan con 637,400 toneladas en 1975. Existen varias razones para estos resultados tan dicótomos.

La mayoría de los países latinoamericanos tienen crecimientos de población muy grandes. En algunos países, como El Salvador o Puerto Rico, la densidad de población por kilómetro cuadrado es alta. Otros países, como por ejemplo Brasil o Paraguay, a pesar de estar ubicados en el otro extremo del espectro de densidad de población, tienen un crecimiento de población muy elevado por kilómetro cuadrado.

Debo especificar que he incluido en las proyecciones solamente a 16 países, por lo tanto las cifras que presentaré son parciales. Sin embargo, como éstas representan el 95% de los totales de producción, consumo y oferta disponible para exportación, referiré estas cifras como totales para América Latina.

Volviendo a las proyecciones se espera que la producción aumentará de 7,312,000 toneladas en 1975 a 8,356,000 en 1985 (aumento de 1.4% por año). Mientras tanto, el consumo total está proyectado a incrementar en forma más lenta: 1% por año. A continuación describiré la lógica y metodología usada en las proyecciones.

Primero, debemos especificar la diferencia entre los términos "proyecciones" y "predicciones". Una predicción, en términos económicos, se refiere a la creencia de un investigador de que algo va a suceder. Las predicciones, se refieren generalmente a períodos cortos de tiempo. Las proyecciones, en cambio, son generalmente extrapolaciones de información o datos históricos ajustados, con lógica y conocimiento a los factores bajo investigación. De cualquier manera, las observaciones deben ser usadas con cuidado. Espero que ustedes acepten hoy las proyecciones con este espíritu.

Informe presentado en la Duodécima Conferencia Anual Sobre Ganadería y Avicultura en América Latina, 8-12 de mayo de 1978, Universidad de Florida

Consumo de Carne Vacuna

Ha llegado el momento de explicar las causas por las que podemos esperar que el consumo (per capita) por cabeza declinará en casi todos los países de Latino América hasta 1985, aunque los saldos disponibles para la exportación aumentarán. En primer lugar, como ustedes saben, el crecimiento mayor de población ocurrirá en las clases de más bajo ingreso económico. Este grupo se caracteriza tradicionalmente por el bajo consumo de carne vacuna por cabeza y pensamos que así será en el futuro. Un gran aumento en las clases de bajo ingreso económico traerá consigo una disminución en el consumo por cabeza, pues el término por cabeza (o per capita) no es más que el consumo total dividido por el total de la población.

Otra razón para la diferencia entre consumo per capita y exportaciones es que desde hace mucho tiempo varios países latinoamericanos han considerado las exportaciones de carne vacuna como fuente principal de intercambio internacional. Con el crecimiento de población y paralelamente de las importaciones de productos manufacturados los gobiernos presionaran más para aumentar las exportaciones de carne. Las recientes experiencias de vedas (períodos en que de alguna manera está restringida la venta interna y consumo de carne) en varios países de América Latina afirma lo expuesto. En mi opinión, el consumo de carne vacuna será reducido por vedas y/o escala de precios en la mayoría de los países latinoamericanos antes de 1985. También si los precios mejoran las exportaciones aumentarán. En 1975 los precios fueron bajos, y como resultado, las exportaciones (y producción) fueron bajas.

Las gráficas 1-4 muestran el consumo per cápita durante el período 1959-1975 y las proyecciones hasta 1985 para los 16 países latinoamericanos¹. Como puede verse en las gráficas 1-3 hay un elemento de estabilidad en consumo per cápita que sugiere la utilización de tendencias históricas como un factor para realizar proyecciones. En la gráfica 4 aparecen algunas excepciones en Argentina, Paraguay y Uruguay. Entre estos países se observan grandes fluctuaciones debido a la política gubernamental y a las condiciones climáticas. Además, la base es mayor por lo que trae consigo mayores fluctuaciones. Esto muestra que si bien puede darse un alto nivel de confianza a las proyecciones en las gráficas 1-3, no sucede lo mismo con la gráfica 4. Solamente tendremos tendencia de incremento si separamos los 3 países presentados en la gráfica número 4 por presentar una tendencia declinante. Por su importancia en el consumo internacional de carne vacuna, sería mejor examinar más detenidamente a estos 3 países.

El factor de inestabilidad política que ha caracterizado Argentina en la última década puede continuar por unos años más. Concomitante, habrán cambios en la política de exportación de carne y fluctuaciones en el consumo per capita. Se puede esperar entonces, a través de la política oficial de gobierno, una disminución en el consumo de carne vacuna per capita sustituyéndose con otros tipos de carne, la continuación de vedas y aumento de precios internos de carne vacuna.

La situación en el Uruguay es más o menos igual. Este país está atravesando por una crisis económica grave, y el gobierno ha puesto énfasis en reducir el consumo interno y aumentar las exportaciones de carne vacuna para equilibrar la balanza de pagos. Cabe destacar que las exportaciones de carne en Uruguay son muy importantes para su economía ya que representan más del 50% del total de exportaciones. Esta política ya está en marcha y como ejemplo de ésta basta mencionar el período de veda por 4 meses que atravesó durante el año 1973. Este redujo considerablemente el consumo per capita en el país, el cual hace unos años tuvo el privilegio de tener el índice más alto de consumo per capita de carne vacuna en el mundo. Además, mientras la balanza de intercambio internacional está desnivelada se tendrán que reducir las importaciones de productos tales como fertilizantes y maquinaria agrícola. Si esto sucede, la producción de carne aumentará significativamente. El círculo vicioso continuará.

La situación en el Paraguay es similar, la diferencia es que este país tiene un crecimiento muy elevado de población. En cualquier caso los resultados son iguales: el consumo per capita de carne vacuna debe disminuir.

Pasamos ahora a las proyecciones en términos de cifras. Estas proyecciones fueron realizadas utilizando el método estadístico de regresión para el consumo per capita de carne vacuna para todos los países sobre el período 1961-1975². La única variable independiente usada en la regresión fué tiempo y, como se esperaba, la relación variaba mucho. Los coeficientes de determinación (R^2) fueron de 0.00 para Argentina hasta 0.98 para Panamá (ver cuadro 1). Las proyecciones por sí mismas son nada más extrapolaciones de las curvas de tendencia hasta 1985. Tanto las gráficas de los datos históricos como las proyecciones fueron comparadas en una etapa siguiente con estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y otros investigadores independientes. Después de las comparaciones unos ajustes fueron realizados para Costa Rica, Brasil, Paraguay y Perú. Estos ajustes toman en cuenta la política esperada en relación a la protección de la balanza de pagos. La etapa final fué la modificación de las proyecciones a través de su incorporación en un modelo político-económico en el nivel mundial.

En el cuadro 2 mostramos las proyecciones de consumo per capita y consumo total para Centro América, Panamá y República Dominicana. El cuadro 3 contiene las proyecciones para América del Sur. Es evidente que, a pesar de que el consumo per capita para la mayoría de los países baja, el consumo total aumenta.

Producción de Carne Vacuna

Las proyecciones de producción de carne vacuna para cada uno de los países también fueron realizadas con extrapolaciones de tendencias lineares. Una razón por lo que los R^2 se ven relativamente altos (ver cuadro 1) es que, aunque la producción de carne está sujeta a condiciones climáticas, la disponibilidad de pasto, y las restricciones o polí-

tica gubernamental, es improbable que cambie la tendencia en forma marcada debido a modelos de producción inherente y factores biológicos. (este punto se discutirá con detalle más adelante).

Las proyecciones de producción son mostradas en los cuadros 2 y 3. En todos los casos menos Uruguay, está indicado un aumento de producción. En Uruguay, la tendencia ha sido una declinación leve de producción. Aquella tendencia sospechosa ha sido aceptada. Reitero que se espera que la producción aumente a casi 7.7 millones de toneladas para el año 1980, para todos los países latinoamericanos y alcance 8.4 millones para el año 1985 (ver cuadro 4).

El consumo total también está proyectado a aumentar de 6.7 millones de toneladas en 1975 a 7.4 en 1985. Se puede comparar esto con un promedio anual de 5.4 millones para el período 1969-1971.

Las proyecciones de carne disponible para exportación (986,000 toneladas en 1986 en comparación a 634,700 en 1975) están sujetas a posibles cambios, sobre todo debido a nuestra incapacidad de proyectar futuros cambios políticos. En otras palabras, pensamos que la mayoría de los errores serán cometidos en las cifras de consumo o exportación, pero no con respecto a la producción. A continuación daremos una explicación más detallada con respecto a producción.

La Estabilidad en la Producción de Carne Vacuna

Como fué notado anteriormente, con las excepciones de variaciones cíclicas debido a las condiciones climáticas, políticas gubernamentales, etc., la tendencia a largo plazo en la producción de carne es relativamente estable. Grandes aumentos en una década no son probables a pesar de que los precios internacionales alcancen valores muy altos, como hemos visto en los años recientes.

Es bien cierto que los sistemas de producción difieren en cada país. Lo que se aplica a Méjico, por ejemplo, puede ser inaplicable para El Salvador o Brasil. Sin embargo, hay generalizaciones que se pueden apreciar. Primero, la producción de carne vacuna es distinta de la producción de cosechas anuales debido a un retraso en planificación pues los productores están en espera de información si los precios altos van o no a continuar. Entonces, se quedan con las vacas viejas y terneros que normalmente hubieran sido descartados en un esfuerzo para aumentar su rodeo.

Asumiendo un sistema de lotes de engorde, un fenómeno reciente en varios países latinoamericanos, los primeros machos de estas vacas no van a estar disponibles para faena hasta por lo menos 3 años después que primeramente aguardaron los descartes. Considerando que los productores de ganado pueden tomar de 2 a 4 años para estar convencidos del aumento de precios³, ésto implica 5-7 años después del aumento en precios antes que los machos adicionales sean mandados al frigorífico. Por otro lado, si creemos la situación donde los productores de ganado engordan los machos en pastos naturales y los venden de 3 a 4 años de edad, el sistema más común en América Latina, el efecto mayor de los primeros machos faenados en frigoríficos lo veremos 10 años después del aumento inicial

de los precios.

Cuando este análisis es combinado con la baja producción de novillos destetados (40-50 por ciento en la mayoría de los países de Latino América), es indudable que grandes aumentos de producción dentro de la próxima década no son probables y una posición conservadora debe ser adoptada.

Política y Precios

Como hemos establecido, las tendencias de producción pueden ser extrapoladas con un grado relativo de seguridad, ha llegado el momento de comentar brevemente sobre el aspecto del consumo. Como bien es conocido, la intervención gubernamental es una política aceptada en latinoamérica. Como la carne es un artículo primordial en el régimen alimenticio, los aumentos en el precio mundial causan un dilema a los legisladores. Por un lado, los oficiales dan la bienvenida a los precios elevados porque la mayoría de los ingresos se derivan de impuestos de exportación ad valorem. Históricamente la magnitud del cambio no es bien conocida en vista de métodos tradicionales, y los cambios tan variables en la política.⁴

La inestabilidad política ha desalentado a los inversionistas debido a los arriesgado de su planificación. Además, casi siempre resultan en tasas desfavorables de consumo/producción, las cuales impiden el uso de nuevas prácticas de producción. De esta manera, el potencial tecnológico y la producción se mantienen a niveles bajos en comparación a los países desarrollados.⁵

El otro extremo del dilema de el alza de precios en el mercado mundial es la presión que ejerce sobre los precios nacionales haciendo que éstos suban. Esta situación desde un punto de vista político es peligrosa.

La Crisis de Energía y las Exportaciones de Carne en Latino América

Seríamos descuidados si en nuestros comentarios finales no tocamos el tema de la crisis de energía ya que su impacto en los países en desarrollo ha sido descrito como "catastrófico". En lo que respecta a la exportación de carne, ésta ha sido considerablemente afectada y podemos esperar consecuencias de mayor trascendencia.

Al mismo tiempo que los países en desarrollo han tenido que pagar más por sus importaciones de petróleo, sus saldos se han agravado. Esto, a su vez, ha requerido una reducción drástica de otras importaciones--y la carne vacuna ha sido una de éstas. Como la mayoría de la carne de América Latina es exportada a Europa, Estados Unidos, y hasta cierto punto al Japón, en lugar de las naciones que producen petróleo, las consecuencias para estos países latinos exportadores de carne son obvias.

Las naciones importadoras simplemente no tienen y no tendrán las divisas necesarias para pagar por la carne importada así como otras importaciones. Además, en caso de una recesión económica mundial, el aumento de ingresos sería más lento y por tanto los consumidores de carne tendrán que reducir el consumo de carne.

En resumen, la demanda mundial de carne no mejorará mientras los precios del petróleo estén altos. Desgraciadamente solo puedo sugerir los pasos a seguir para evaluar la situación; pero no puedo solucionarla. Habiendo otros factores influyendo, cualquier estimado debe ser cuidadosamente considerado. Sin embargo, estoy bien seguro que el precio mundial para la carne vacuna mejorará en los próximos años, llegando a su máximo en 1981 ó 1982, y después decaerá una vez más.

Finalmente, estoy seguro que los latinoamericanos consumirán menos carne en los próximos años, aunque, al mismo tiempo, las exportaciones aumentarán algo más en comparación con años anteriores.

Notas

¹Se ha hecho la conversión de libras a toneladas métricas de datos publicados por el United States Department of Agriculture (USDA) in su Foreign Agricultural Circulars, Livestock and Meat.

Se puede anotar que el USDA es la única fuente de datos actuales relacionados al consumo per capita de carne para la mayoría de los países mundiales.

²Extrapolación de tendencias per capita es un procedimiento común en proyecciones de productos agrícolas. Sin embargo FAO y el Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) no han usados este método. Ellos prefieren extrapolaciones basados en crecimiento de ingreso per capita con el argumento de que hay mayor correlación con esta variable para el consumo de carne. Creo que esto puede ser para los países desarrollados pero, como muestran los datos históricos para América Latina, no es válida para esta región. Estoy actualmente realizando investigaciones con respecto a este problema metodológico.

³Ver por ejemplo Ernesto S. Liboreiro, "Effects of the European Economic Community Agricultural policies on Argentine Exports of Beef," disertación no publicada, Michigan State University, East Lansing, 1970, p. 197.

⁴Referencias útiles son James M. McGrann, "Macroeconomic Analysis of Opportunities for Increasing Beef Production: The Pampean Area, Argentina," disertación no publicada, Texas A and M University, College Station, 1973, pp. 175-183; también, James R. Simpson, "International Trade in Beef and Economic Development of Selected South American Countries," disertación no publicada, Texas A & M University, College Station, 1974.

⁵Ver también la referencia al McGrann en nota 4 para un análisis de Argentina.

CUADRO 1. Los coeficientes de determinación (R^2) para el consumo per capita y la producción de carne en distintos países Latino-americanos

Región y País	Coeficientes de Determinación	
	Consumo per capita ^a	Producción
<u>América Central, Panamá y el Caribe</u>		
Costa Rica	Adj.	.96
República Dominicana	.71	.86
El Salvador	.83	.43
Guatemala	.13	.88
Honduras	.03	.86
Méjico	.13	.79
Nicaragua	.15	.83
Panamá	.67	.98
<u>América del Sur</u>		
Argentina	Adj.	.00
Brasil	Adj.	.86
Chile	.10	.02
Colombia	.69	.57
Paraguay	Adj.	.02
Perú	Adj.	.08
Uruguay	.14	.02
Venezuela	.63	.97

^aPeríodo 1961-1975.

CUADRO 2. Datos históricos y proyecciones del consumo y la producción de carne y déficit y sobrantes de América Central, Panamá y República Dominicana, 1930-85.

País y año	Consumo per capita	Consumo total	Producción total	Déficit	Sobrantes
	---kilo---	-----1000 ton. métrica-----			
Costa Rica					
1975	10.0	19.7	60.3		40.6
1980	9.0	20.6	68.9		48.3
1985	9.0	23.5	82.0		58.5
República Dominicana					
1975	6.0	28.2	37.1		8.9
1980	5.0	30.3	44.3		14.0
1985	4.3	30.8	50.1		19.3
El Salvador					
1975	6.0	24.1	26.4		2.3
1980	4.1	18.5	22.7		4.2
1985	3.1	17.5	29.9		12.4
Guatemala					
1975	9.0	54.7	71.5		16.8
1980	7.4	52.5	82.5		30.0
1985	7.1	58.3	94.7		36.4
Honduras					
1975	7.0	19.3	41.4		22.1
1980	6.1	21.9	53.0		31.1
1985	5.9	25.0	63.9		38.9
Méjico					
1975	14.0	842.1	889.0		46.9
1980	12.6	881.6	927.5		45.9
1985	13.0	1073.2	1072.4	0.8	
Nicaragua					
1975	14.0	30.2	57.8		27.6
1980	14.4	39.4	81.0		41.6
1985	14.9	47.9	95.1		47.2
Panamá					
1975	25.0	41.8	45.3		3.5
1980	26.5	51.1	52.2		1.1
1985	27.5	61.0	60.4	0.6	
Subtotal					
1975		1060.1	1228.8	0.0	168.7
1980		1115.9	1332.1	0.0	216.2
1985		1337.2	1548.5	1.4	212.7

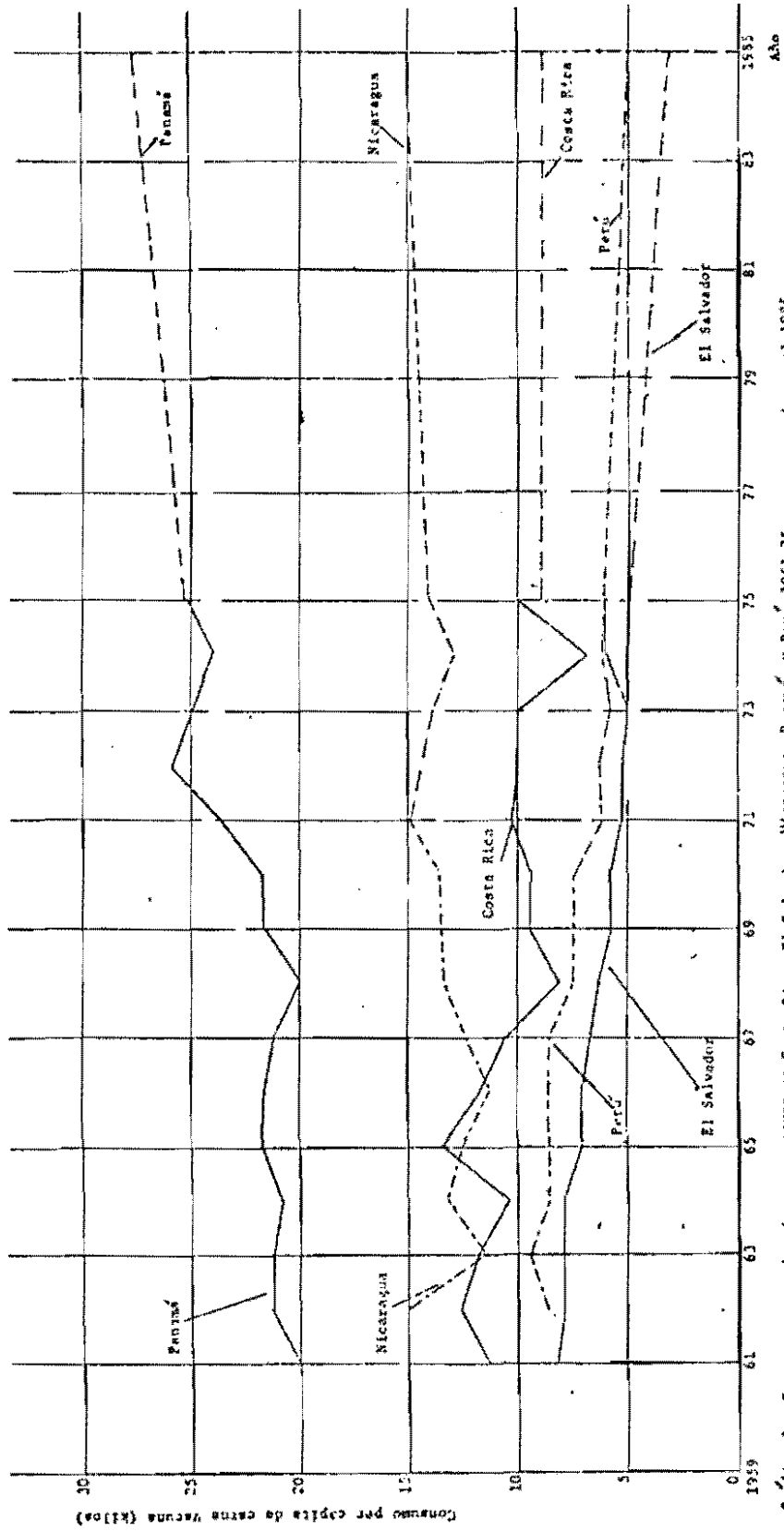
CUADRO 3. Datos históricos y proyecciones del consumo y la producción de carne y déficit o sobrantes de otros países de Sudamérica, 1980-1985.

País y año	Consumo per capita	Consumo total	Producción total	Déficit	Sobrantes
	---kilo---	-----1000 ton. métrica-----			
Argentina					
1975	85.0	2174.3	2438.6		264.3
1980	72.5	1962.1	2342.6		380.5
1985	70.6	2024.7	2346.2		321.5
Brasil					
1975	20.0	2124.6	2150.0		25.4
1980	18.0	2275.0	2574.4		299.4
1985	19.0	2756.6	2928.0		171.4
Chile					
1975	22.0	225.5	215.5	10.0	
1980	14.9	166.9	163.0	3.9	
1985	13.7	168.5	168.1	0.4	
Colombia					
1975	18.0	423.7	470.2		46.5
1980	14.4	435.1	484.7		49.6
1985	12.2	427.6	518.2		90.6
Paraguay					
1975	30.0	79.5	115.0 ^a		35.5
1980	29.0	88.8	118.0		29.2
1985	25.0	88.5	120.0		31.5
Perú					
1975	6.0	93.7	84.6	9.1	
1980	5.4	95.9	83.0	12.9	
1985	4.8	97.8	81.0	16.8	
Uruguay					
1975	86.0	263.2	345.0		81.8
1980	52.3	170.7	308.7		138.0
1985	45.6	156.2	314.2		158.0
Venezuela					
1975	21.0	251.8	264.3		12.5
1980	20.6	291.7	290.3	1.4	
1985	20.4	333.4	331.8	1.6	
Subtotal					
1975		5636.3	6083.2	19.1	466.0
1980		5486.2	6364.7	18.2	896.7
1985		6053.3	6807.5	18.8	773.0

^a Estimados.

CUADRO 4. Resumen de datos históricos y proyecciones del consumo total, producción y sobrante de carne disponible para la exportación en distintos países de América Latina, 1980-1985.

	Consumo total	Producción total	Disponible para Exportación
	-----1000 ton. métrica-----		
Total			
1970	5369.9	6369.4	999.5
1975	6696.4	7312.0	615.6
1980	6602.1	7696.8	1094.7
1985	7390.5	8356.0	965.5
América Central, Panamá y República Dominicana			
1970	685.0	950.4	265.4
1975	1060.1	1228.8	168.7
1980	1115.9	1332.1	216.2
1985	1337.2	1548.5	211.3
América del Sur			
1970	4684.9	5419.0	734.1
1975	5636.3	6083.2	446.9
1980	5486.2	6364.7	878.5
1985	6053.3	6807.5	754.2



Gráfica 1. Consumo per capita de carne vacuna en Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, Panamá, y Perú, 1961-75 con proyecciones al 1995.

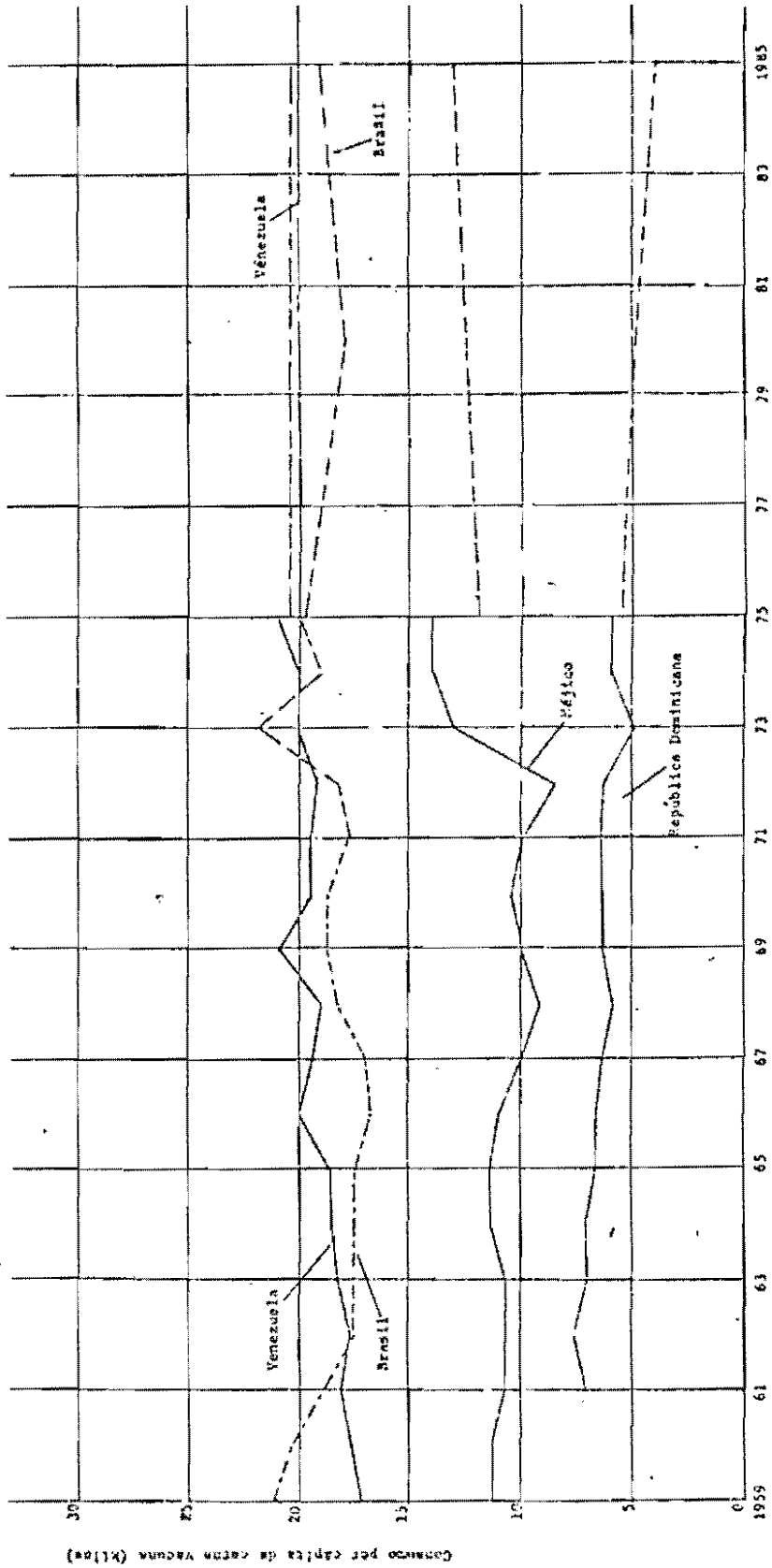
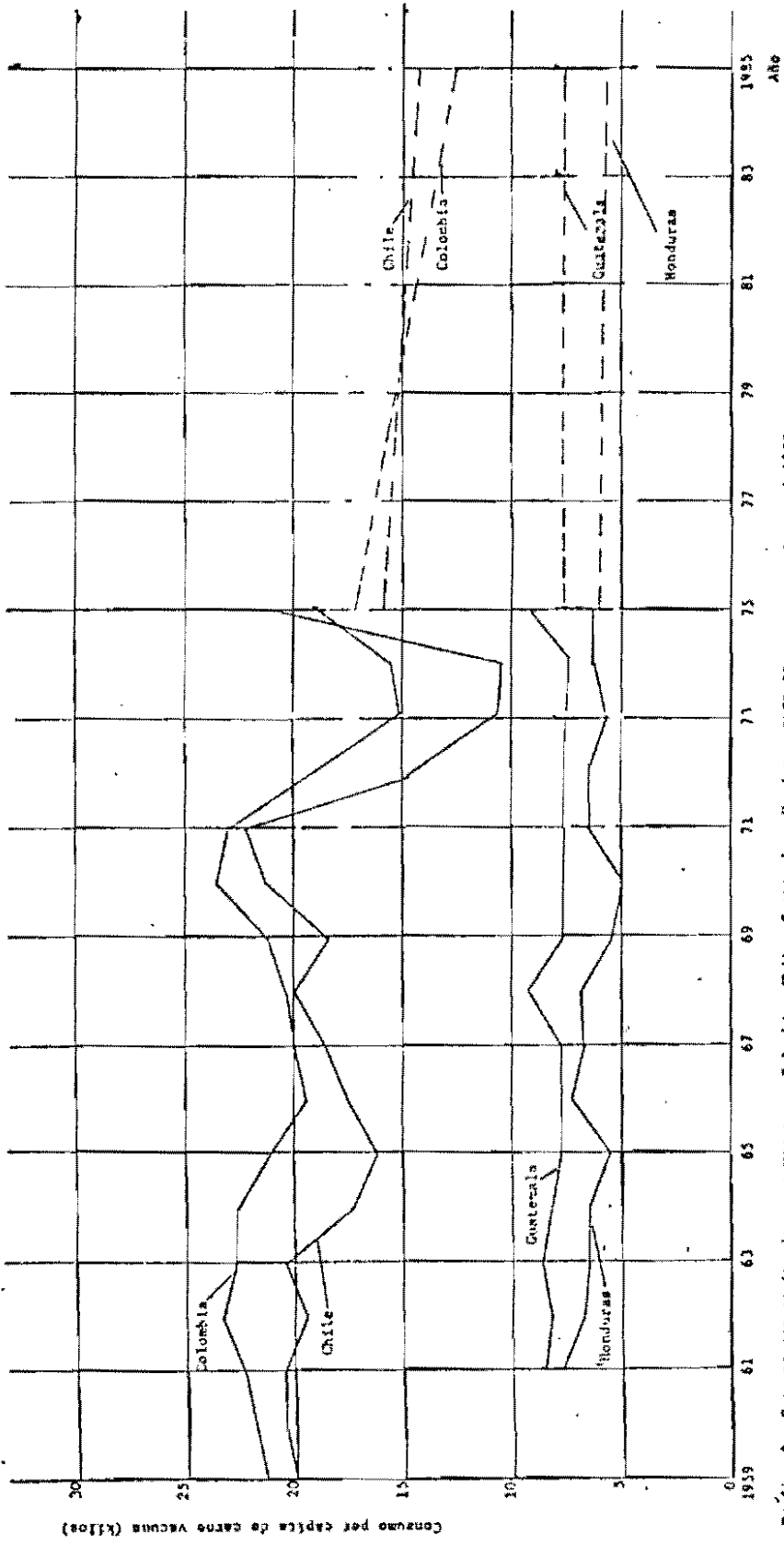


Gráfico 2. Consumo per cápita de carne vacuna en Brasil, la República Dominicana, México y Venezuela, 1959-75 con proyecciones al 1985

Ade



Gráfica 3. Consumo per cápita de carne vacuna en Colombia, Chile, Guatemala y Honduras, 1959-75, con proyecciones al 1985

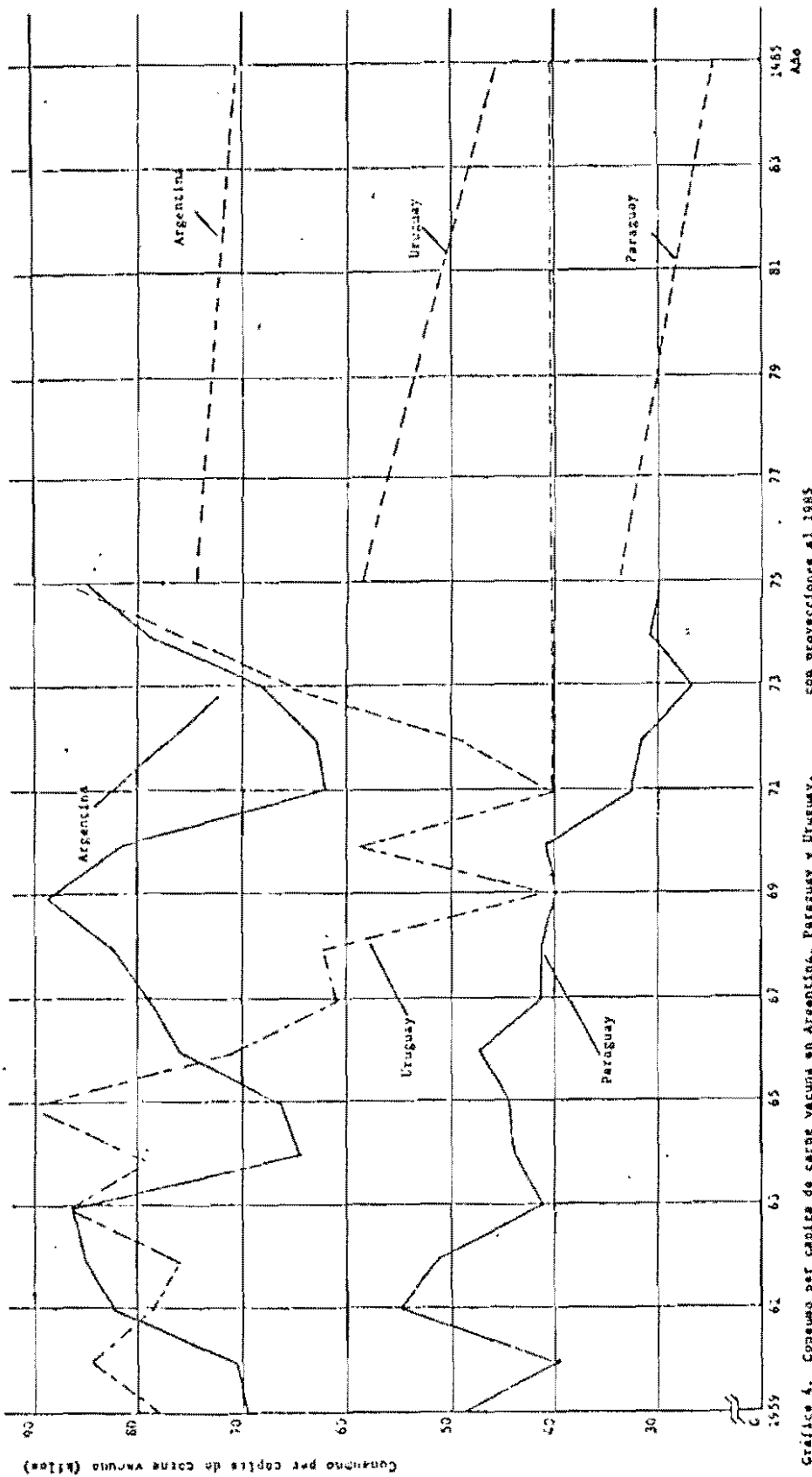


Gráfico 4. Consumo per cápita de carne vacuna en Argentina, Uruguay y Paraguay, con proyecciones al 1985



EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CRIA
Y ENGORDE EN LOS LLANOS ORIENTALES COLOMBIANOS

Gustavo A. Nores*
Rubén Darío Estrada*

RESUMEN

Utilizando resultados preliminares obtenidos en un experimento de sistemas de hatos, se evaluó la rentabilidad de sistemas alternativos de cría mediante simulación a nivel de finca, efectuada con un modelo de presupuesto computarizado. El mismo hato inicial se desarrolló durante un período de 25 años y el flujo de ingresos netos de la finca se utilizó para calcular la tasa interna de retorno de cada sistema, mediante el método de flujos de caja descontados.

Los tratamientos experimentales considerados como sistemas alternativos fueron: (a) sistema nativo con suplementación de sal, (b) suplementación ad libitum con minerales, (c) idem pero destetando todos los terneros a los tres meses de edad, (d) pastoreo del hato reproductor en praderas de Melinis minutiflora durante la estación lluviosa y de sabana nativa durante la estación seca, y (e) idem más destete precoz. Adicionalmente, se simularon dos sistemas bajo un conjunto de supuestos específicos: (f) pastoreo del hato reproductor en praderas de Brachiaria decumbens, y (g) pastoreo en mezclas de gramíneas y leguminosas.

De las alternativas para las que se cuenta con resultados experimentales, el pastoreo en praderas de sabana nativa con suplementación mineral es el sistema más rentable. Destete precoz no es rentable bajo las condiciones actuales de manejo y de costos; aunque podría convertirse en una alternativa

* Economistas, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Trabajo presentado en el Seminario de Pastos y Forrajes Tropicales, CIAT, Abril de 1978.

económica en el caso en que una alta proporción de la finca se implantara con praderas mejoradas. Pastoreo de todo el hato reproductor en praderas de M. minutiflora es menos rentable que el sistema de sabana nativa. Los resultados de simulación indican que B. decumbens, en ausencia de subsidios vía crédito a bajas tasas de interés, sería de una rentabilidad similar al sistema nativo, mientras que el pastoreo del hato de cría en mezclas de gramíneas y leguminosas pueden ser significativamente más rentable.

Se evaluó la rentabilidad a nivel de finca de engorde en M. minutiflora y B. decumbens en base a resultados experimentales de cuatro años. Además, se simuló el engorde en mezclas de gramíneas y leguminosas sobre la base de supuestos conservadores en materia de ganancias de peso. Nuevamente, B. decumbens mostró ser más rentable que M. minutiflora, y las mezclas de gramíneas y leguminosas con bajo empleo de insumos parecen ser alternativas mucho más atractivas desde el punto de vista económico.

Los resultados de los análisis de sensibilidad indican que el valor de los insumos aplicados a las praderas, así como la frecuencia de su aplicación, afectan los niveles de rentabilidad en forma significativa. La respuesta animal a la fertilización de las praderas debe ser relativamente alta para que dicha práctica sea rentable. En conclusión, el uso de insumos mínimos (bajos costos de establecimiento y mantenimiento) parece ser la estrategia de investigación adecuada para sistemas en que el grueso del hato pastoree en praderas mejoradas. Sólo podrán utilizarse económicamente niveles altos de insumos cuando se emplee una superficie reducida de pradera mejorada de manera estratégica (con alta respuesta animal) o bajo condiciones de altos subsidios crediticios y/o a los precios de los insumos.

INTRODUCCION

En los Llanos Orientales de Colombia* predomina el sistema de cría extensiva. Las prácticas más comunes incluyen el pastoreo en praderas nativas, con cargas que oscilan entre 0.1 a 0.25 UA /ha, y suplementación con sal (no necesariamente ad libitum). Algunas fincas tienen un área pequeña de pastos mejorados, generalmente de menos de un 3% del área total. Las especies más comúnmente utilizadas son M. minutiflora Beauv., y B. decumbens Stapf. En general la productividad de los hatos es bastante baja. La tasa promedio de nacimientos es del orden de 45-55%, la proporción de abortos es alta y el número de vacas que conciben durante la lactancia es muy bajo (8, 11, 12). La alta tasa de mortalidad de terneros es otro factor que contribuye a que la tasa de extracción de la región sea baja (1,7).

En este estudio se evaluó la rentabilidad, a nivel de finca, de sistemas alternativos de cría y re cría o levante, utilizando los resultados preliminares de un experimento de ciclo parcial de vida de hatos de cría. El experimento fue realizado en el Centro de Investigaciones Agropecuarias-Carimagua del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), como un proyecto en colaboración entre el ICA y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El objetivo del experimento fue estudiar los efectos de diversas técnicas de manejo en el desempeño reproductivo y el crecimiento de hatos reproductores, e incluía las siguientes variables: suplementación mineral, pastoreo en sabana nativa y/o M. minutiflora, suplementación con úrea y melaza, destete precoz y dos razas de toros. Los resultados promedio de cuatro años reproductivos (reportados en 1) se utilizaron para evaluar la rentabilidad de sistemas seleccionados a nivel de la finca. La suplementación de úrea-melaza no se incluyó como sistema alternativo ya que en el experimento no se detectó ningún efecto de esta suplementación en los parámetros reproductivos (1).

* Para una descripción detallada de las condiciones ambientales, así como los sistemas de producción prevalentes, ver 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

SISTEMAS Y SUPUESTOS

Los tratamientos experimentales considerados como sistemas alternativos fueron:

Sistemas 1 y 2: Sistemas tradicionales en que todo el hato pastorea en sabana nativa, recibiendo suplementación de sal ad libitum con una ingestión promedio de 12 kg/año/UA de sal (similar a los Hatos 2 y 3 del experimento). En el Sistema 1 se asumió que la mortandad de terneros era de 15% en vez del resultado experimental de 26%, ya que este último valor parece sobreestimar las pérdidas reales a nivel de finca. En efecto, incluso una mortandad de terneros de un 15% implica que el hato se reduce en tamaño con el tiempo. Por lo tanto se incluyó el Sistema 2 como un caso más representativo del sistema prevalente en la región (Cuadro 1).

Sistemas 3 y 4: Pastoreo de todos los animales en praderas nativas, con suplementación ad libitum de una mezcla mineral completa con una ingestión promedio de 16 kg/año/UA (como en los Hatos 4 y 5).

Sistemas 5 y 6: Iguales a los anteriores pero con destete de todos los terneros a los 86 días de edad. En el experimento, los terneros destetados recibieron un suplemento calórico-protéico (20% de proteína) de 0.75 kg/día durante un mes, y Axonopus scoparius (Flugge) Hichte ad libitum y picado. Durante un período adicional de dos meses se les suministró 0.5 kg/día del mencionado suplemento, pastoreando en rotación Paspalum plicatulum Michx., Stylosanthes guianensis (Aubl.) Sw (cuando se encontraba disponible), y una mezcla de M. minutiflora e Hyparrhenia rufa (Wees) Stapf. Después de los seis meses de edad, los terneros pastorean sabana nativa y reciben solamente suplementación mineral. Dada la ubicación y las condiciones de las praderas utilizadas en los tratamientos de destete precoz del experimento, y con el fin de extrapolar los resultados de los tratamientos a nivel de finca, se asumió que dichos pastos necesitaban irrigación durante la época seca. Por lo tanto, se añadió a los costos de este tratamiento, el valor de un equipo pequeño de irrigación y los gastos correspondientes de mano de obra y operación.

Sistemas 7 y 8: Pastoreo de vacas, toros y terneros lactantes en praderas de M. minutiflora durante la estación lluviosa y sabana nativa durante la estación seca; todos los animales recibieron suplementación mineral ad libitum, con un consumo promedio de 22 kg/año/UA (como en los Hatos 6 y 7).

Sistemas 9 y 10: Similar a Sistemas 7 y 8 pero destetando a los 86 días, con un tratamiento de los animales destetados similar al utilizado para los Sistemas 5 y 6.

Sistema 11: Igual al Sistema 7, pero con pastoreo en praderas de B. decumbens durante la estación lluviosa con una carga de 1.7 UA/ha, y sabana durante la estación seca. Se asumió que el desempeño reproductivo y de aumento de peso serían iguales a los del Sistema 7, y que esta especie requeriría una fertilización inicial similar a M. minutiflora, con una aplicación adicional de 200 kg/ha de Escoria Thomas cada dos años.

Sistema 12: Pastoreo de vacas, toros y terneros lactantes en una pradera hipotética de mezclas de gramíneas y leguminosas, con una carga de 2.0/1.0 UA/ha, en las estaciones lluviosa y seca respectivamente. En este sistema, los parámetros de reproducción y producción asumen valores arbitrarios considerados como metas deseables.

Para cada sistema basado en resultados experimentales (Sistemas 3 al 10) se consideraron dos casos en términos de las tasas de natalidad y mortandad de terneros. En el primer caso, se extrapolaron los valores experimentales de estos parámetros directamente al nivel de finca (sistemas denotados por números impares). En el segundo caso (sistemas denotados por números pares) ambos parámetros recibieron valores arbitrarios a nivel de finca que eran más bajos que los obtenidos en el experimento. En cada caso los valores de las tasas de natalidad se obtuvieron restando una desviación standard de los valores medios experimentales correspondientes. Los porcentajes de mortandad de terneros también fueron fijados arbitrariamente a niveles más bajos que los experimentales, suponiendo un buen manejo de los animales durante la etapa cercana al parto.

Los principales parámetros biológicos utilizados para simular el desarrollo del hato bajo cada sistema se presentan en el Cuadro 1. Dado que, al

comienzo del experimento, la distribución de frecuencia del peso de las vaquillas en el momento de la concepción alcanzaba su máximo a los 270 kg, se utilizó este peso como criterio de apareamiento en todos los sistemas. La edad de apareamiento para cada sistema se obtuvo simulando el crecimiento de las vaquillas a partir del peso promedio experimental por tratamiento a los 18 meses de edad, añadiendo los promedios de ganancias de peso anual obtenidas en experimentos con novillos en tratamientos similares (6), y haciendo un ajuste de un 10% menos para tomar en cuenta las diferencias de peso entre machos y hembras. En sistemas de destete precoz versus destete normal, se asumió que las diferencias absolutas de peso que se observaron a los 18 meses de edad se mantenían a través del tiempo.

Otros parámetros utilizados en el desarrollo de hatos para todos los sistemas fueron: relación toro/vaca 1:20; reemplazo de vacas 15% anual; reemplazo de toros 20% anual; e igual proporción de machos y hembras en los nacimientos.

METODO

Sobre la base de dichos parámetros y supuestos, se simuló el desarrollo de un hato inicial de 190 vacas para todos los sistemas durante un período de 25 años, para una finca comercial de 2.500-3.000 ha. El flujo de ingresos netos de la finca se utilizó para calcular la tasa interna de retorno de cada sistema mediante el método de flujos de caja descontados. Los precios utilizados corresponden a precios promedios de 1976 a nivel de finca, asumiéndose que estos precios permanecerían constantes a través del tiempo en términos reales. A efectos del computo, se utilizó un modelo de presupuesto computerizado (HATSIM), desarrollado en el CIAT (2).

Los costos de establecimiento de praderas utilizados, fueron los costos de sistemas convencionales de siembra (2 disqueadas) en 1976; es decir, US\$120, 133 y 155 por ha para M. minutiflora, B. decumbens y la pradera de gramíneas y leguminosas, respectivamente. Se supuso que M. minutiflora persistiría 25 años sin necesidad de refertilizar; que la persistencia de la B. decumbens sería de 12 años y requeriría sólo 30 kg/ha de P_2O_5 al establecimiento y una refertilización similar cada dos años. Asimismo, se supuso que la persistencia de la pradera de gramíneas y leguminosas sería de 12 años

y requeriría 50 kg/ha de P_2O_5 , 25 de K_2O y 20 de S y 20 de Mg en el momento de establecimiento. El costo anual de mantenimiento de esta pradera se estimó en US\$22/ha/año, equivalente a aplicaciones de 30 kg/ha de P_2O_5 , 10 de K_2O , 5 de S y 5 kg/ha de Mg, a precios de 1976.

Debido a que los precios de los insumos y del ganado varían de acuerdo a la distancia al mercado, las evaluaciones se realizaron para dos regiones: (a) la comprendida entre Puerto López y Puerto Gaitán, y (b) el área alrededor de Carimagua, que está más alejada del mercado (Bogotá). Los precios de mercado de tanto los insumos como del ganado fueron corregidos tomando en cuenta los costos de transporte, con el objeto de obtener los precios a nivel de finca para cada región.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 2 resume el desempeño resultante de los sistemas para fincas comerciales de 2.500 a 3.000 ha. Estos resultados se analizan a continuación, utilizando como criterio la tasa de retorno al capital y manejo.

Minerales

Los sistemas 3 y 4, de pastoreo en sabana nativa con suplementación mineral son los más rentables entre las alternativas consideradas. La única excepción es el Sistema 12, el cual simula el caso de una pradera con mezcla de gramíneas y leguminosas. En orden decreciente de rentabilidad lo siguen los Sistemas 5 y 6 (que incluyen el destete precoz), y el Sistema 2 (sistema nativo suplementado con sal).

Cuando se analiza la viabilidad de la adopción de una nueva tecnología, se debe considerar la rentabilidad de pasar del sistema existente al sistema propuesto. La tasa de retorno incremental puede utilizarse como estimado de dicha rentabilidad. Es decir, el retorno al capital adicional requerido por el nuevo sistema, incluyendo el capital circulante. Esta tasa de retorno incremental se define como aquella tasa que, utilizada para descontar, iguala el valor descontado de los aumentos en ingreso bruto al valor descontado de los aumentos en costos. En el caso de pasar del Sistema 2 al Sistema 3, se encontró que la tasa de retorno incremental era de un 25% (Cuadro 3). Por tanto, la suplementación mineral puede considerarse como altamente rentable

en el caso de los Llanos Orientales colombianos. Una de las razones por las cuales dicha práctica no se ha generalizado aún en dicha región, puede ser la reducción de ingresos netos que ocurre durante los primeros años de su implementación, hasta que la producción adicional es vendida (Cuadro 2). Asimismo, debido al gran tamaño de las fincas y a las distancias entre potreros, la falta de medios de transporte en las fincas hace que en muchos casos el suministro regular de minerales a todo el ganado resulte dificultoso. La irregularidad en la suplementación de minerales probablemente reduce el impacto de este tratamiento. Además de los factores anotados, otras razones como ausentismo, las dificultades de acceso a las fincas durante la estación lluviosa y dificultades para obtener en el mercado mezclas de alta calidad regularmente, pueden contribuir a explicar por qué en esta región no se ha generalizado aún el uso regular de la suplementación mineral.

Destete Precoz

A pesar de que esta práctica resulta en un gran aumento de la natalidad, no resultó rentable a los niveles actuales de costos y manejo de la región. Como puede observarse en el Cuadro 2, la tasa de retorno del Sistema 5 fue más baja que la del Sistema 3. Asimismo, se observó una reducción considerable en el ingreso neto durante los primeros años siguientes a la implementación de dicha práctica.

El desempeño relativamente pobre de los terneros precozmente destetados, especialmente los que fueron destetados durante la estación seca (1), el alto costo del suplemento calórico-protéico y de la mano de obra, y los costos de establecimiento y mantenimiento del pasto mejorado contribuyen a este resultado, contrarrestando los beneficios económicos de una mayor producción. Como se señala en CIAT (1), "debido a la baja fertilidad del suelo y la distribución de la precipitación, no existe actualmente tecnología disponible (para esta región) para producir a nivel de finca, y con bajos niveles de insumos: (1) los componentes de un concentrado adecuado; (2) especies forrajeras de corte, con alto rendimiento durante el año; y (3) especies forrajeras con valor alimenticio adecuado". En la actualidad, por tanto, el destete precoz en sistemas de monta continua no resulta rentable en esta región, debido a que requiere disponibilidad de alimentos de alta calidad durante todo el año.

A pesar de la demora en la recuperación de lo invertido, esta práctica resulta ligeramente más rentable que el destete normal en sistemas de pastoreo intensivo (9 y 10 versus 7 y 8), ya que, al aumentar la eficiencia reproductiva se reduce la inversión requerida en pradera por unidad de producto (ventas de ganado). Sin embargo, estos resultados más que un indicativo de rentabilidad del destete precoz, reflejan la necesidad de reducir el costo de las praderas mejoradas si se han de implantar en una proporción importante de la finca.

No obstante, debido a que es un hecho que el destete precoz aumenta considerablemente las tasas de natalidad al reducir el "stress" de la lactancia, esta práctica amerita nuevas investigaciones tanto en términos de un período de lactancia más prolongado (más de 84 días) para evitar la suplementación con concentrados, como en relación a lograr un mejor desempeño de los destetos mediante el uso de forrajes de alto valor nutritivo durante todo el año. Esto enfatiza una vez más la necesidad de continuar los esfuerzos de investigación en materia de pastos y forrajes adaptados a la región.

Praderas Mejoradas

Los sistemas basados en el pastoreo en M. minutiflora durante la época de lluvias (Sistemas 7 y 8) alcanzaron una rentabilidad de sólo la mitad de la obtenida con sistemas de sabana nativa (Sistemas 3-4, Cuadro 2). Ello se debe a que la inversión total requerida se duplica, pues se trata de una gramínea de baja receptividad (0.5 UA/ha).

Con una capacidad de carga más alta (1.7 UA/ha) como en el caso del Sistema 11 (simulado con B. decumbens, suponiendo el mismo desempeño productivo y reproductivo que en el caso de M. minutiflora) se aumenta notablemente el retorno al capital. Sin embargo, el estimado obtenido para la tasa de retorno incremental (9.4%, Cuadro 3) cuando se sustituye el sistema nativo por éste, sugiere que en operaciones de cría no es altamente rentable el pastoreo de todo el hato reproductor en B. decumbens. Como se verá más adelante, el crédito subsidiado aumenta la rentabilidad de este sistema.

El Sistema 12, en el que se simula el hato reproductor pastoreando mezclas de gramíneas y leguminosas, parece ser una alternativa promisoría desde el punto de vista económico. Ambas tasas internas de retorno, la

global y la incremental, pueden considerarse atractivas (Cuadro 2 y 3). Mas aún, si resultase posible obtener resultados reproductivos similares mediante el uso estratégico de una área menor en pradera mejorada, el retorno de la inversión (que sería más pequeña) aumentaría considerablemente, aumentando así la probabilidad de que un grupo más amplio de productores adoptara este sistema. Por uso estratégico se entiende el pastoreo de la pradera con animales que tienen una alta capacidad de respuesta). Tal sería el caso del pastoreo con vacas lactantes durante la época seca en particular, o para recuperar animales enfermos o débiles y evitar pérdidas de capital por mortandad.

La pradera nativa tiene una marcada estacionalidad en términos de volumen de materia seca producida y calidad (es decir, digestibilidad, contenido de proteína, ...). Como ello también ocurre, en general, con los pastos mejorados (los cuales usan capital, un recurso escaso), no es recomendable sustituir un sistema por el otro, sino más bien suplementar el pasto nativo con pastos mejorados, aprovechando así la calidad superior de estos últimos durante la estación seca. Esto es particularmente válido para explotaciones de cría con monta continua.

Aquellos pastos mejorados de alta carga, cuya producción es altamente estacional tanto en volumen como en calidad, pero cuya digestibilidad es baja durante la estación seca, pueden sin embargo ser atractivos para engorde durante la época de lluvias, en áreas con alto valor de la tierra. Sustitución de tierra cara por capital puede ser justificable en tal caso. Asimismo, la posibilidad de obtener altas ganancias de peso debido a efectos compensatorios permitiría una rápida rotación del capital invertido en los animales.

Sin embargo, en áreas con bajos costos de oportunidad de la tierra, como ocurre en los Llanos Orientales, poca es la ventaja que se obtiene reemplazando los pastos nativos por pastos mejorados, como M. minutiflora, el cual además de su baja receptividad posee baja calidad nutritiva durante la estación seca. En explotaciones de cría, no existen ganancias compensatorias en un sentido reproductivo. La falta de concepciones, así como los abortos y la alta mortalidad durante la estación seca, no pueden compensarse durante la estación productiva de la pradera. Por lo tanto, en la investigación en forrajes, se debe hacer énfasis en la búsqueda de suple-

mentar los pastos nativos con pastos mejorados que tengan un alto valor nutritivo durante la estación seca, en vez de reemplazar el uno por el otro.

Jarvis (3), después de un análisis detallado de la difusión de pastos mejorados en Uruguay, concluye: "la mayoría de los productores encuentran que los pastos artificiales son altamente rentables cuando se les siembra en una proporción reducida de sus fincas, pequeña proporción que suministra una mejor base nutritiva durante los meses cruciales del invierno;.... (los pastos mejorados) se han utilizado para suplementar los tradicionales, no para reemplazarlos... y no han sido rentables para la mayoría de las fincas que los sembraron en proporciones altas".

Dado que los pastos mejorados representan una inversión considerable y no exenta de riesgos, es razonable que los productores los utilicen de "manera estratégica" como suplemento del forraje disponible en los pastos nativos. Las praderas mejoradas se utilizan primero para el pastoreo de animales con una alta capacidad de respuesta. Un aumento de la proporción de tierra en pradera mejorada implicaría pastorearla con animales que poseen una menor capacidad de respuesta, o durante etapas del ciclo de vida de los animales en que éstos responden en menor proporción, y por tanto dicho aumento en área podría ser poco rentable y riesgoso. Mas aún, a menos que sea económicamente viable conservar los forrajes (mediante henificación o ensilaje), parte del forraje de la pradera mejorada (y de la pradera nativa) probablemente será desperdiciado durante la estación lluviosa. Aunque la quema de la sabana nativa es una práctica muy común en la región, su uso para controlar el crecimiento excesivo representa un riesgo en el caso de algunas gramíneas y leguminosas introducidas. Puede resultar riesgoso tanto el pastoreo insuficiente como el pastoreo excesivo en términos de la persistencia de la pradera, particularmente en el caso de mezclas de leguminosas y gramíneas. Como dice Jarvis (3) "se requiere considerable experiencia antes de poder manejar adecuadamente las praderas mejoradas... y cuanto más grande sea la proporción de éstas en una finca, mayor será la sofisticación de manejo y dedicación requerida".

Por lo tanto, parece lógico concluir que en la investigación sobre pastos se debe hacer énfasis en la búsqueda de praderas de fácil manejo y buena calidad forrajera durante la estación seca, y que la investigación en

manejo animal debe hacer hincapié en el uso estratégico de las praderas mejoradas, en lugar de emplearlos para pastoreo de todo el hato reproductor.

Persistencia y Riesgo de Establecimiento

El Cuadro 4 ilustra el efecto de la persistencia de la pradera en la tasa interna de retorno. En los sistemas que usan un área limitada de pastos mejorados para destete precoz (tal como ocurre en el Sistema 5), la duración de la pradera tiene un efecto negligible. Sin embargo, cuando el área sembrada es de gran tamaño y la carga es baja (0.5 UA/ha), los retornos del capital son bastante sensibles a la duración de la pradera (Sistemas 7 y 9).

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del análisis de sensibilidad sobre la persistencia de pastos y las pérdidas al establecimiento. Se consideran dos casos: el Sistema 7 y el Sistema 7', este último bajo el supuesto de una reducción del 50% en los costos de establecimiento de la gramínea (M. minutiflora). Puede observarse que la reducción en el costo de establecimiento sin que se afecte la capacidad de carga, no sólo aumenta el retorno a la inversión, sino que también implica que estos retornos son menos sensibles a fracasos en establecimiento de la pradera y a los riesgos de persistencia. Esta es una de las razones por las cuales una política de insumos bajos y prácticas tales como una labranza mínima, representan alternativas promisorias cuando todo el hato reproductor pastorea la pradera mejorada. Estas alternativas pueden no ser relevantes cuando se trata de áreas pequeñas para uso estratégico.

Financiación

En Colombia, como en otros países de América Latina, la tasa nominal de interés en préstamos bancarios es más baja que la tasa de inflación. Esto de hecho implica financiación bajo condiciones de subsidio. Se asumen las siguientes condiciones: una tasa anual de inflación esperada de un 30%, una tasa nominal de interés del 18% y cuatro años de gracia en un préstamo de 12 años de plazo. Estas condiciones prevalecen actualmente en los Llanos Orientales, aunque posiblemente no prevalezcan a largo plazo. El Cuadro 6 se incluye para ilustrar el efecto que este tipo de incentivo tiene sobre el retorno del capital del ganadero. Puede observarse que a medida que aumenta la proporción de la inversión inicial financiada bajo estas condiciones,

también se producen aumentos en la rentabilidad de todos los sistemas. Pero aún con una financiación de un 60%, el Sistema 7 (pastoreo en praderas de M. minutiflora) no es tan rentable como los Sistemas 2 y 3 (pastos nativos mas sal y minerales respectivamente) sin ninguna financiación. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el Sistema 11 que simula pastoreo de B. decumbens. Con una financiación de mas de 30-40% bajo tales condiciones de subsidio, este sistema resulta más rentable que los Sistemas 2 y 3. Ello contribuye a explicar porque en la actualidad muchos productores de los Llanos están implantando dicha gramínea.

Valores de la Tierra

Cuando se analiza la rentabilidad de sistemas alternativos de producción que son relativamente similares en intensidad del uso de la tierra, el valor de ésta no se incluye en la inversión inicial a efectos del análisis económico. La pregunta pertinente es: dado que el productor ya ha invertido en tierra, ¿cuál de los sistemas de producción es más rentable?

Sin embargo, cuando comparamos los retornos sobre el capital de una determinada tecnología en dos regiones ecológicamente homogéneas, pero que enfrentan precios distintos para insumos y productos (debido a la diferencia en las distancias a los mercados), el valor de la tierra debe ser incorporado en el análisis para explicar las diferencias de rentabilidad entre las regiones. Si se adopta la misma tecnología en ambas áreas, se espera que los precios de la tierra compensen en buena parte la diferencia en rentabilidad debida a los distintos precios de insumos y productos. Las regiones más lejanas al mercado, y por tanto con precios menos favorables, tendrán un retorno al capital más bajo (vis-à-vis la región cercana al mercado) cuando el valor de la tierra no se incluye en el monto de la inversión inicial. Esto explica la diferencia en retornos entre la Región A y la Región B, como se muestra en el Cuadro 2. Al comparar los sistemas de destete normal (3 y 7) con los sistemas de destete precoz (5 y 9), puede observarse que las diferencias regionales en retornos son mayores en el caso de sistemas que incorporan el destete precoz. Esta es una indicación de lo obvio: la tecnología que utiliza un mayor volumen de insumos (concentrados en este caso) tiene menor probabilidad de adopción en regiones más lejanas del mercado debido a costos de transporte.

El Cuadro 8 ilustra el efecto producido por una tecnología (praderas

mejoradas) ahorradora de tierra sobre el retorno al capital total del ganadero, incluyendo el valor de la tierra. Se asumió que el precio real de la tierra aumentaría a una tasa anual del 2%. En dicho cuadro, el área por debajo de la línea representa situaciones en las que el Sistema 11 (B. decumbens más minerales) es preferible al Sistema 3 (pasto nativo más minerales, Cuadro 7), utilizando como criterio la tasa de retorno total al capital. Esto explica en parte porque, usualmente, la tecnología ahorradora de tierra (pastos con alta capacidad de carga), es adoptada primero en áreas cercanas a los mercados, en las cuales la tierra tiene mayor valor, aún cuando las condiciones ecológicas sean similares.

En resumen, el hecho de que en los Llanos Orientales muchos productores están sembrando B. decumbens, aunque este pasto no sea más rentable que el sistema nativo, resulta explicable por factores tales como: (1) financiación subsidiada, (b) valores más altos de la tierra en regiones cercanas al mercado, (c) costos de establecimiento más bajos que los que se asumen en este estudio, debido a circunstancias particulares de algunos productores (por ejemplo, bajo costo de oportunidad de maquinaria y/o mano de obra utilizada en otras empresas de su propiedad), y (d) propósitos de engorde o ceba, analizados a continuación.

Sistemas de Engorde o Ceba

Se simuló una finca de engorde de 1.000 ha en la Región A, sobre la base de resultados obtenidos durante cuatro años de experimentación en la Estación Experimental del ICA en Carimagua (1, 6). Como en casos anteriores, el análisis económico se llevó a cabo para un período de 25 años. Se utilizaron los precios de 1976 y se asumió que estos precios permanecerían estables a través del tiempo. El flujo de ingresos netos se usó para calcular la tasa interna de retorno, utilizando el método de flujos de caja descontados, quedando los precios, por consiguiente, expresados en términos reales.

Se evaluaron cuatro sistemas de engorde: (a) pastoreo en M. minutiflora durante 274 días con una carga de 0.44 UA /ha, (b) igual al anterior pero con carga de 0.88 UA /ha, (c) pastoreo en B. decumbens durante un período similar con carga de 1.3 UA/ha, y (d) igual al anterior pero con carga de 1.7 UA/ha. Los resultados de los cuatro sistemas aparecen en el Cuadro 9. Utilizando el retorno al capital (excluyendo el valor de la tierra) como

criterio, puede verse que aunque el Sistema B produce mayor rendimiento por ha es menos rentable que el Sistema A, el cual tiene una carga más baja. Sólo en áreas donde los valores de la tierra fueran altos sería más rentable el Sistema B que el A.

Se puede llegar a una conclusión similar al comparar los Sistemas C y D. Es decir, aunque el capital invertido en pastos esté produciendo más en los sistemas con mayor carga, el capital invertido en los animales produce considerablemente menos, contrarrestando dichos beneficios y resultando en una tasa de retorno global más baja. Por lo tanto, bajo las condiciones prevalentes en la región, la carga óptima parece estar más cercana a la producción máxima por cabeza que la producción máxima por ha. En regiones con alto valor de la tierra se daría la situación inversa.

El Sistema C es considerablemente más rentable que los otros sistemas. Este resultado tiende a reforzar los obtenidos en la simulación del Sistema 11 con pastoreo del ható reproductor en B. decumbens. Como ya se indicó, se asumió en los cálculos que esta especie en particular podría persistir durante 12 años sin pérdida de productividad y que no necesitaría nueva fertilización, a excepción de aplicaciones de 30 kg de P_2O_5 cada dos años. Debe anotarse, sin embargo, que no hay hasta el presente evidencia concluyente sobre el mantenimiento de la productividad de esta especie sin aplicaciones periódicas de N.

Adicionalmente, se simularon dos sistemas de engorde en una pradera de gramíneas y leguminosas (casos hipotéticos E y F). Las ganancias de peso asumidas, así como las tasas de retorno al capital y manejo resultantes, se presentan en el Cuadro 9. Resultados experimentales, aunque preliminares e incompletos debido a la falta de persistencia de la leguminosa (S. guianensis en este caso) nos inducen a pensar que las ganancias de peso por cabeza y por ha asumidas son viables, e inclusive conservadoras (1, 6). Al comparar los retornos sobre la inversión de los sistemas que utilizan gramíneas (A, B, C y D) con los retornos de los sistemas basados en mezclas de gramíneas y leguminosas (E y F), se corrobora la superioridad esperada de estos últimos, reforzando la necesidad de continuar buscando mezclas persistentes y adaptadas a la zona.

El Cuadro 10 se incluye para ilustrar el tipo de resultados económicos que podría esperarse de distintas praderas que necesitasen niveles y frecuen-

cias de insumos diferentes a fin de lograr una producción animal similar. Cada casilla del cuadro representa una pradera diferente que requiere la aplicación de una cantidad determinada de fertilizantes (por el valor indicado en la columna respectiva) con una frecuencia determinada (como se indica en la fila) a fin de producir lo mismo que el Sistema C con igual carga (Cuadro 9). Cabe señalar que, en la región de Carimagua y a los precios de 1976, las cantidades indicadas en el Cuadro 10 permitirían adquirir los siguientes volúmenes de N ó P_2O_5 :

<u>kgs de</u>	<u>en forma de</u>	<u>US\$28</u>	<u>US\$42</u>	<u>US\$56</u>
N	úrea	50	75	100
P_2O_5	Escoria Thomas	67	101	135
P_2O_5	SFT	39	58	78

Como puede observarse en el Cuadro 10, si se mantienen todos los otros factores estables, las praderas que requieren fertilización frecuente (aún a niveles bajos), son notablemente menos rentables que las que sólo requieren tasas de establecimiento bajas. Las praderas que necesitan la misma fertilización pero con mayor frecuencia son también notablemente menos rentables. A fin de compensar estas diferencias en retornos, es preciso que la respuesta animal a la fertilización de la pradera sea suficientemente alta. Por ejemplo, si una pradera necesita una dosis de mantenimiento de 75 kg/ha/año de N (por un valor de US\$42), se estima que la producción animal debe ser por lo menos de un 50% mayor a fin de ser tan rentable como el Sistema C (B. decumbens).

Por consiguiente, parece lógico concluir que, en el caso de la región de Carimagua, las praderas que necesitan fertilización frecuente pueden ser alternativas económicas quizá sólo en casos de pastoreo estratégico con animales de alta capacidad de respuesta.

Alternativamente, en el caso de aquellos sistemas en que el pastoreo de la pradera se realice con la mayor parte del hato (fincas de engorde, o pastoreo con todo el hato reproductor) los resultados anteriores indican con claridad la importancia de seleccionar especies y variedades sobre la base de criterios de insumos bajos, reforzando la necesidad de desarrollar mezclas persistentes de gramíneas y leguminosas.

Conclusiones

Para el caso de los Llanos Orientales colombianos, se concluye que la suplementación de la dieta animal con una mezcla mineral completa es una práctica altamente rentable. Factores tales como la demora en recuperar lo invertido, la falta de transporte en la finca, el ausentismo de los propietarios, el difícil acceso a las fincas durante la estación lluviosa y la irregularidad en los suministros de los mercados, pueden estar contribuyendo a retardar la adopción de dicha práctica en la región.

A pesar del gran aumento en la tasa de natalidad, se encontró que el destete precoz no era rentable a los niveles actuales de costos y requerimientos de manejo de la región. Sin embargo, se concluye que esta práctica amerita que se lleven a cabo nuevos esfuerzos de investigación para evaluar los resultados de una lactancia más prolongada (de más de 84 días pero menos de 9 meses), con el fin de evitar la suplementación de los destetos con concentrados, y para mejorar el desempeño de los destetos mediante una buena base forrajera durante todo el año.

Además de la suplementación mineral, investigaciones previas identificaron la baja calidad del forraje nativo, particularmente durante la estación seca, como el segundo factor limitante de mayor importancia para aumentar la producción de carne en la región. Los sistemas basados en el pastoreo de todo el hato reproductor en M. minutiflora durante la estación lluviosa, y en sabana nativa durante la estación seca, resultaron ser de una rentabilidad inferior en un 50% a la del sistema nativo. De esta forma se confirma la importancia de desarrollar una base forrajera de buena calidad para la estación seca. Se concluye que no se trata de sustituir los pastos nativos por pastos mejorados, sino más bien de suplementar los primeros con estos últimos, capitalizando así en su mayor calidad durante la estación seca. Mas aún, dada la ausencia de ganancias compensatorias en reproducción, se concluye que la investigación en manejo animal debe hacer énfasis en el uso estratégico de las praderas mejoradas, en vez de pastorear todo el hato reproductor sin considerar el estado fisiológico y/o la condición de cada animal.

La comparación de los resultados económicos obtenidos mediante la simulación de ceba en mezclas de gramíneas y leguminosas vis-à-vis ceba en dos gramíneas (M. minutiflora y B. decumbens), confirman la necesidad de

continuar investigando con miras a obtener mezclas persistentes. Finalmente, los resultados de los análisis de sensibilidad indican con claridad que la selección de especies y variedades debe basarse en criterios de insumos bajos. Reducciones en los costos de establecimiento y mantenimiento, sin afectar la productividad de la pradera, no sólo aumenta los retornos a inversión sino que también conduce a que éstos sean menos sensibles a fallas en el establecimiento y riesgos de persistencia. Esta es una de las razones por las cuales una política de insumos bajos y prácticas tales como labranza mínima, representan alternativas promisorias para la región considerada.

Cuadro 1. Parámetros utilizados en el desarrollo de los hatos de sistemas de producción alternativos.

Sistema	Tratamientos			Parámetros					
	Pasto	Minerales	Destete	Tasa de natalidad	Tasa de mortandad		Tasa de apareamiento de las vaquillas ^b		
					Terneros ^a	Adultos	2-3 años	3-4 años	4-5 años
----- % -----									
1 ^c	nativo	sal	normal	46	15	5	0	60	100
2 ^d	nativo	sal	normal	50	8	5	0	60	100
3 ^c	nativo	mezcla completa	normal	65	12	5	0	90	100
4 ^e	nativo	mezcla completa	normal	51	8	5	0	90	100
5 ^c	nativo	mezcla completa	precoz	87	13	4	0	80	100
6 ^e	nativo	mezcla completa	precoz	77	8	4	0	80	100
7 ^c	gor + nat	mezcla completa	normal	64	10	5	10	90	100
8 ^e	gor + nat	mezcla completa	normal	60	7	5	10	90	100
9 ^d	gor + nat	mezcla completa	precoz	85	8	4	0	90	100
10 ^e	gor + nat	mezcla completa	precoz	77	7	4	0	90	100
11 ^f	Br.d + nat	mezcla completa	normal	64	10	5	10	90	100
12 ^f	leg. + nat	mezcla completa	normal	77	7	3	20	100	-

a/ Hasta de un año

b/ Peso >270 kg

c/ Basado en resultados de cuatro años de experimentación

d/ Basada en datos de encuesta

e/ Natalidad y mortalidad de terneros se reducen en una desviación standard de acuerdo al estimado experimental

f/ Los valores de los parámetros son supuestos

Cuadro 2. Resumen del desempeño simulado de sistemas de producción alternativos en los Llanos Colombianos.

Sistema	Area en pastos mejorados		Tamaño del hato reproductor		Inversión*		Ingreso anual neto*		Tasa de retorno**	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Pastos	Total**	Año 5	Año 13	Región A B	
	----- ha -----		----- vacas -----		----- '000 US\$ -----				----- % -----	
1	-	-	190	127	-	90	6.4	5.2	5.5	3.6
2	-	-	190	182	-	90	7.5	7.3	8.1	6.3
3	-	-	190	230	-	91	6.3	10.7	10.0	9.0
4	-	-	190	230	-	91	5.9	10.2	9.8	8.9
5	12	12	190	190	4	97	5.0	10.8	9.1	7.5
6	12	12	190	190	4	97	5.6	7.6	8.4	7.4
7	450	650	190	325	78	172	6.7	9.6	5.0	3.7
8	450	650	190	325	78	172	6.7	9.0	4.6	3.3
9	450	516	190	250	67	160	4.2	18.2	6.3	4.8
10	450	516	190	250	67	160	4.7	16.0	5.2	4.6
11***	100	190	190	325	25	118	6.7	9.6	8.5	n.a.
12***	95	162	190	325	25	121	7.5	27.9	14.0	n.a.

* Los valores corresponden al año 8, Región A

** Incluye valor del ganado y de mejoras, excluye el valor de la tierra

*** Basado en valores supuestos para el desempeño animal

Cuadro 3. Retorno incremental al capital y al manejo, al pasar del sistema tradicional (2), a sistemas alternativos.

Sistema	Tratamiento		Inversión '000 US\$	Tasa de retorno	
	Pasto	Suplemen. Mineral		Total	Incremental
				----- % -----	
2	nativo	sal	90	8.1	-
3	nativo	minerales	91	10.0	-
2 a 3			1	-	25.0
11	<u>B.decumbens</u> + nativo	minerales	118	8.5	-
2 a 11			28	-	9.4
12	Mezclas con leguminosas + nativo	minerales	121	14.0	-
2 a 12			31	-	22.0

Cuadro 4. Tasas de retorno: análisis de sensibilidad con relación a la persistencia de las praderas.

Sistema	Persistencia de la pradera (años)			
	24	12	9	6
	----- % retorno -----			
5	9.1	9.0	8.9	8.8
7	5.0	2.8	1.3	-*
7 ^{***}	7.1	5.9	5.0	3.7
9	6.3	4.2	2.7	0.9

* Valor negativo

** Se supuso una reducción del 50% en el costo de establecimiento

Cuadro 5. Tasas de retorno del Sistema 7: análisis de sensibilidad con respecto a la persistencia de la pradera y fallas de establecimiento

Fallas en el establecimiento de la pradera	Persistencia de la pradera (años)					
	24		12		9	
	7*	7'***	7	7'	7	7'
----- % del área -----	----- % de retorno -----					
0	5.0	7.1	2.8	5.9	1.3	5.0
20	4.4	6.7	2.4	5.5	0.9	4.6
40	4.0	6.3	2.0	5.2	0.6	4.3
60	3.5	6.0	1.7	4.9	0.3	4.0
80	3.2	5.7	1.3	4.6	0.0	3.8

* Costo real

** Suponiendo una reducción de los costos de establecimiento de un 50%

Cuadro 6. Tasas de retorno al capital propio del productor en sistemas alternativos financiados con crédito subsidiado

Sistema	Porcentaje de financiación de la inversión inicial*				
	0	20	40	60	80
	----- % de retorno -----				
2	8.1	(n.a.)**	(n.a.)	(n.a.)	(n.a.)
3	10.0	10.8	(12.8)	(15.1)	(18.8)
7	5.0	5.6	6.3	7.2	(8.8)
7'***	7.1	7.9	8.9	10.2	(12.0)
11	8.5	9.6	11.0	13.1	(16.8)

* Excluyendo el valor de la tierra

** Las cifras entre paréntesis son casos improbables incluidos sólo como ilustración.

*** Se supuso una reducción de los costos de establecimiento de un 50%

Cuadro 7. Tasas de retorno* del Sistema 3 (pradera nativa con suplementación mineral): análisis de sensibilidad con respecto a los valores de la tierra y al porcentaje de la financiación de la inversión inicial, bajo condiciones de subsidio.

Valor de la tierra		Porcentaje de financiación de la inversión inicial**				
		0	20	40	60	80
Col\$/ha	US\$/ha	----- % -----				
0	0	10.0	10.8	12.8	15.1	18.8
500	14	6.9	7.2	7.9	8.6	9.4
1000	28	5.5	5.7	6.1	6.4	6.8
1500	42	4.7	4.8	5.1	5.3	5.6
2000	56	4.2	4.3	4.5	4.7	4.9

* Tasas de retorno al capital propio del productor y sobre la inversión total incluyendo el valor de la tierra

** Excluyendo el valor de la tierra

Cuadro 8. Tasas de retorno* del Sistema II (*B. decumbens* más pradera nativa y suplementación mineral): análisis de sensibilidad con respecto a los valores de la tierra y porcentaje de financiación de la inversión inicial bajo condiciones de subsidio.

Valor de la tierra		Porcentaje de financiación de la inversión inicial**				
		0	20	40	60	80
Col\$/ha	US\$/ha	----- % de retorno -----				
0	0	8.5	9.6	11.0	13.1	16.8
500	14	6.5	7.0	7.0	8.5	9.5
1000	28	5.4	5.8	6.2	6.7	7.2
1500	42	4.8	5.1	5.3	5.7	6.0
2000	56	4.3	4.6	4.8	5.0	5.2

* Tasas de retorno al capital propio del productor y sobre la inversión total incluyendo el valor de la tierra

** Financiación de la inversión inicial excluyendo la tierra

Cuadro 9. Desempeño animal y tasas de retorno al capital¹ y al manejo en sistemas de engorde en praderas mejoradas, en los Llanos Orientales colombianos.

Sistema	Pradera	Carga	Producción		Tasa de retorno	
			Por cabeza	Por ha		
		an/ha	g/día	kg/año	kg/año	-- % --
A ²	M. minutiflora	0.44	416	114	50	7.2
B ³	M. minutiflora	0.88	277	76	67	4.8
C ³	B. decumbens	1.3	376	103	134	12.1
D ⁴	B. decumbens	1.7	292	80	136	8.0
E ⁴	Mezcla con leguminosas	2.1/0.9	411	150	270	19.3
F ⁴	Mezcla con leguminosas	2.1/0.9	500	182	328	25.2

1/ Excluyendo el valor de la tierra

2/ Basado en resultados de cuatro años de experimentación

3/ Basado en resultados de tres años de experimentación

4/ Los parámetros del desempeño animal son valores supuestos

Cuadro 10. Retornos a la inversión* en sistemas de engorde simulados que tienen idéntico desempeño animal con la misma carga, pero que requieren aplicaciones de insumos con diferente frecuencia.

Cada	Valor de insumos (US\$/ha)			
	0	28	42	56
	----- % de retorno -----			
año	12.1	4.6	1.0	**
2 años	12.1	8.5	6.7	5.0
3 años	12.1	10.2	8.7	7.6
4 años	12.1	10.4	9.7	8.9

* Excluyendo el valor de la tierra

** Retorno negativo

LITERATURA CITADA

1. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. Annual Report 1977. CIAT, Cali, Colombia.
2. Juri, P., N.F. Gutiérrez y A. Valdés. 1977. Modelo de simulación por computador para fincas ganaderas. CIAT, Cali, Colombia (mimeo).
3. Jarvis, L. 1977. Predicting the ultimate diffusion of new technologies under varying profitability: Artificial pastures in the Uruguayan livestock sector. University of California, Berkeley (mimeographed).
4. Mullenax, C.H., J.S. Plaxico and J.M. Spain. 1969. Alternative beef production systems for the Eastern Plains of Colombia. Special Report No.1, CIAT, Cali, Colombia.
5. Paladines, O. 1975. Management and utilization of native tropical pastures in America. pp.25-47. En: Proceedings of the Seminar on Potential to Increase Beef Production in Tropical America. Serie CE-N°10, CIAT, Cali, Colombia.
6. _____ y J. Leal. 1978. Manejo y productividad de las praderas en los Llanos Orientales de Colombia. En: Seminario sobre Producción y Utilización de Forrajes en Suelos Acidos e Infértiles del Trópico. CIAT, Cali, Colombia.
7. Raun, N.S. 1968. Producción de ganado de carne en los Llanos Orientales. Agricultura Tropical, 24:643-650.
8. _____ . 1976. Beef cattle production practices in the lowland American tropics. World Animal Review, 19:18-23.
9. Rubio, E. y A. López U. 1968. La explotación ganadera en los Llanos Orientales. Agricultura Tropical, 24:616-641.
10. Spain, J.M. 1978. Establecimiento y mantenimiento de pastos en suelos de sabana en los Llanos Orientales de Colombia. En: Seminario sobre Producción y Utilización de Forrajes en Suelos Acidos e Infértiles del Trópico. CIAT, Cali, Colombia.
11. Stonaker, H.H. et.al. 1975. Influence of management practices on productivity. pp.63-81. En: Proceedings of the Seminar on Potential to Increase Beef Production in Tropical America. Series CE-N°10, CIAT, Cali, Colombia.

- ✓12. Stonaker, H.H. et.al. 1976. Differences among cattle and Farms as related to beef cow reproduction in the Eastern plains of Colombia. Tropical Animal Health and Production, 8:147-154.