

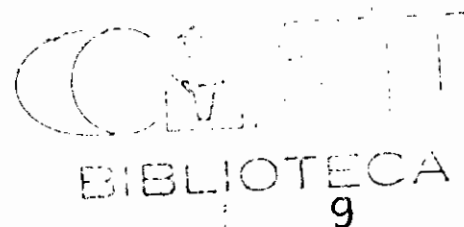


UTILIZACION DE INFORMACION DE ENSAYOS MULTILOCACIONALES
DE EVALUACION DE GERMOPLASMA.
ORGANIZACION DE BASES DE DATOS ^{1/}

Por

Maria Cristina Amézquita ^{2/} y

Manuel A. Franco ^{3/}



10 FEB. 1983

15828

- 1/ Conferencia presentada en el Primer Taller de Trabajo sobre "Organización del Sistema Regional para la recolección, introducción, conservación, evaluación y distribución de germoplasma forrajero para el cono Sur". Programa IICA-BID-PROCISUR. Sub-programa Bovinos. REFCOSUR. Porto Alegre, Brasil, Mayo 22-27, 1988.
- 2/ Jefe Sección Biometría,
Unidad de Servicio de Datos, CIAT
- 3/ Analista de Bases de Datos,
Programa de Pastos Tropicales, CIAT

CONTENIDO

1. INTRODUCCION

Objetivos de una Red. Tipos de Redes. Implicaciones sobre la centralización de información y el análisis de la misma. Objetivo de este documento.

2. ORGANIZACION DE BASES DE DATOS

3. ANALISIS DE ENSAYOS MULTILOCACIONALES

- . Objetivos. Qué preguntas puede responder?
- . Métodos estadísticos apropiados para enfocar distintas preguntas.

4 ESTUDIOS ESPECIFICOS QUE ILUSTRAN EL USO DE INFORMACION DE ENSAYOS MULTILOCACIONALES.

3.1 Clasificación de ambientes con base en parámetros de respuesta de la planta.

Caso: Andropogon gayanus 621 en America Tropical.

3.2 Descripción del comportamiento agronómico de cultivares lanzados comercialmente en un país:

Caso: Andropogon gayanus, Brachiaria dictyoneura y Stylosanthes capitata, en Colombia.

3.3 Identificación de un sitio como Centro Mayor de selección varietal.

Caso: Centro de Selección para variedades de arroz de secano favorecido en Centroamerica.

3.4 Un método para identificar sitios de selección y variedades resistentes a una enfermedad.

Caso: Variedades de frijol (Phaseolus vulgaris), resistentes a la roya.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**ANALISIS DE INFORMACION DE ENSAYOS
MULTILOCAZIONALES DE EVALUACION
DE GERMOPLASMA.
ORGANIZACION DE BASES DE DATOS**

1. INTRODUCCION

El objetivo central de una red de evaluación de germoplasma es el de brindar a sus miembros - las instituciones participantes - apoyo recíproco en dos aspectos fundamentales: a) en la oferta de nuevas alternativas de germoplasma, de donde cada región pueda identificar material que le ayude a solucionar sus problemas limitantes y b) en la posibilidad de hacer extrapolación certera a otros ambientes de su región sobre el comportamiento de materiales que se han mostrado promisorios en puntos de la Red representativos de tales ambientes, mediante un análisis sólido de la información generada por la Red.

Se pueden concebir dos tipos de Redes:

- a) Redes Uniformes, en las cuales la evaluación de su material se realiza según un diseño experimental idéntico para todas las localidades de la Red: evalúa el mismo germoplasma, con iguales prácticas agronómicas y de manejo, bajo épocas de evaluación similares, registra un conjunto común de variables de respuesta en todas las localidades y utiliza técnicas de medición estándares a través de la Red. Bajo estas condiciones, es posible utilizar formatos estándares para registro y almacenamiento de información, realizar análisis por localidad bajo el mismo modelo y cualquier tipo de análisis multi-locacional para efectos de extrapolación es factible.

- b) Redes heterogéneas, en las cuales la evaluación del germoplasma se realiza bajo diferentes diseños experimentales por localidad. Esto puede deberse a que el germoplasma evaluado varía de localidad a localidad; a la necesidad de aplicar factores de manejo diferentes según el ecosistema, sistema de producción o tipo de germoplasma; a la necesidad de evaluar el material en diferentes épocas y frecuencia de evaluación según el ambiente; o a la exigencia de expresar la respuesta de la planta mediante variables de respuesta diferentes en cada ambiente - relevantes a su ecosistema y sistema de producción específicos-. Bajo estas condiciones, el registro, almacenamiento y

análisis de la información en forma estándar a través de la Red ya no es posible. Los análisis para cada ambiente deben realizarse de acuerdo con el diseño experimental específico de cada localidad y responderán a las necesidades propias de cada ambiente particular. Análisis multilocacionales ya no son factibles pues diferentes factores experimentales son controlados en los diferentes sitios de evaluación. Así, el esfuerzo por mantener centralizada la información de una Red heterogénea implica definir formatos muy generales de registro de datos que permitan almacenar información no estándar a través de los diferentes puntos de la Red.

Recordemos el esquema de evaluación de pasturas que sigue la red de Ensayos Regionales del Programa de Pastos Tropicales del CIAT. En la RIEPT los materiales de gramíneas y leguminosas que sobreviven a las limitantes de suelo, clima y factores bióticos de cada ecosistema - evaluados en Ensayos Regionales A (ERA) - son seleccionados para evaluarse según su capacidad de establecimiento y potencial de producción estacional de biomasa bajo corte, en los Ensayos Regionales B (ERB). Los ERB utilizan un diseño experimental idéntico por localidad: Parcelas Divididas con un arreglo jerárquico en la parcela principal, de tal manera que ecotipos pertenecientes a una misma especie aparecen en parcelas contiguas; la sub-parcela la representan las edades de evaluación bajo corte del material. Este diseño es uniforme para todos los sitios de evaluación (aunque los materiales son cortados a distintas alturas según su hábito de crecimiento) (Toledo, J.M. y Schultze-Kraft, R. 1982). Así los ERB representan una red uniforme de evaluación agronómica de monocultivos de gramíneas y leguminosas bajo corte.

De otro lado, las pasturas que entran a la etapa de evaluación en ensayos bajo pastoreo en parcelas pequeñas - 500 m² (ERC) y en parcelas grandes - > 1 ha (ERD), son materiales de gramíneas y leguminosas tropicales seleccionados de los ERB que van a evaluarse por su compatibilidad en mezclas de gramínea - leguminosa bajo el efecto del pisoteo del animal y bajo diferentes sistemas de manejo del pastoreo, en términos de su producción animal (carne, leche). (Toledo, 1983). Fué discutida y analizada la metodología de evaluación de los ERD en La III Reunión de la RIEPT realizada en Lima, Perú en Octubre de 1985. Una de las conclusiones que emanó de esa reunión fué el que no existe un diseño único, apropiado para ensayos de pastoreo. Dependiendo del ecosistema particular, aún las mismas pasturas bajo los

mismos tratamientos pueden requerir prácticas de manejo y dimensiones diferentes en la unidad experimental; distinto tipo y número de animales por unidad experimental según el ecosistema y sistema de producción imperante. Por tanto las variables de respuesta medidas en cada punto de la Red no son necesariamente comparables (Amézquita, M.C., 1986).

Así, los ERC y ERD representan un ejemplo de una red heterogénea de evaluación de pasturas bajo pastoreo.

El objetivo central de este documento es discutir las varias alternativas de análisis de ensayos multilocacionales e ilustrar ejemplos del uso de su información para responder preguntas relevantes. Se revisan métodos estadísticos apropiados para tales análisis. El énfasis de este documento está en el análisis de Redes uniformes. Describimos además las experiencias de CIAT en la organización de la Base de Datos de ERA y ERB de la RIEPT.

2 ORGANIZACION DE BASES DE DATOS

La figura 1 ilustra las etapas necesarias para transformar los "datos" generados por una Red, en "información procesada", para poder luego entregarla a los miembros de la Red para su toma de decisiones técnicas o estratégicas. Los datos se someten inicialmente a un proceso de depuración, - sintáctica y biológica -. Se producen luego análisis individuales por localidad, cuyo objetivo es el de identificar germoplasma promisorio para ese ambiente específico. Seleccionando un conjunto de sitios - según criterios que obedecen a los distintos objetivos del análisis - se realizan los análisis multilocacionales para una región, país o ecosistema de interés. Los resultados de los análisis tanto individuales como multilocacionales se envían a todos los miembros de la Red. Simultáneamente, estos resultados alimentan la Base de Datos de la Red, archivo computarizado que contiene la información producida por la Red. La divulgación de los resultados a los miembros cubre tradicionalmente el aspecto del análisis por localidad y algún tipo de análisis multilocacional. Hay sin embargo muchas otras opciones de utilización de ese recurso, algunas de las cuales presentamos más adelante a manera de ejemplo.

Luego de ocho años de funcionamiento de la RIEPT, contamos en su base de datos estadística, con información

Etapas en el Procesamiento y Análisis de Datos de Redes

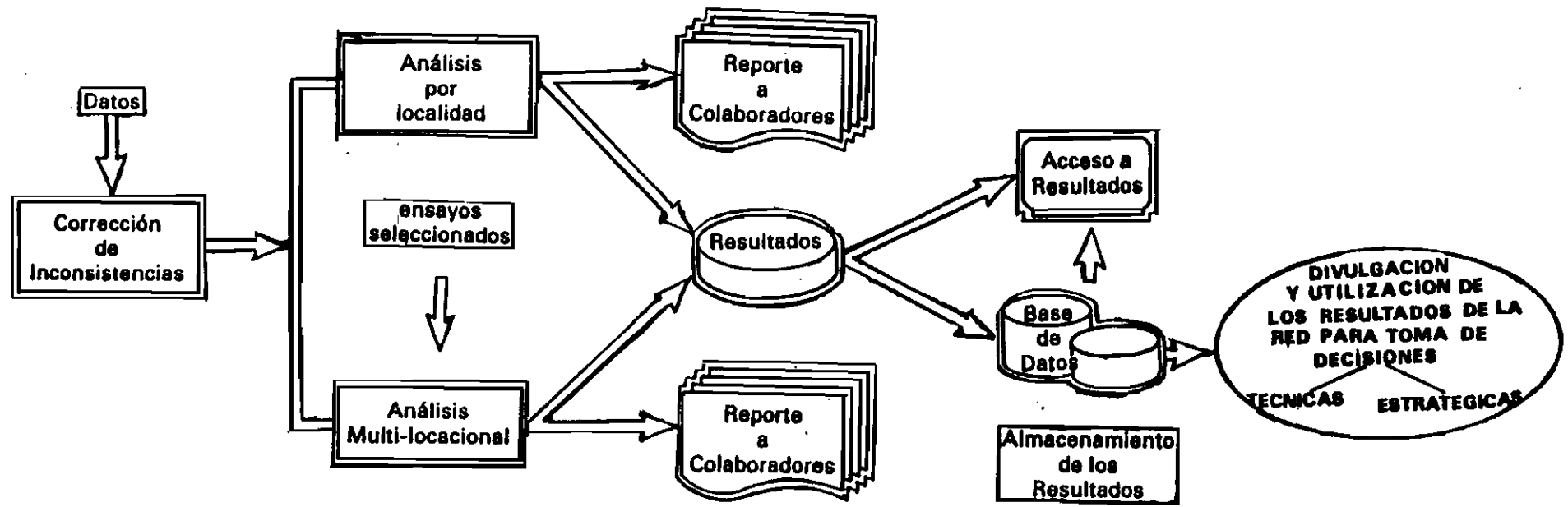


Figura 1:

que caracteriza el comportamiento individual de ecotipos, de gramíneas y leguminosas - pertenecientes a una amplia variedad de géneros y especies forrajeras - evaluados por las instituciones nacionales a través de los cinco ecosistemas mayores del continente de América Tropical.

En la fecha, se cuenta con información de Ensayos Regionales tipos A y B, provenientes de 18 países. El total de ecotipos de gramíneas y leguminosas evaluados es de 234, pertenecientes a 12 especies de gramíneas (6 géneros) y 47 especies de leguminosas (16 géneros). (Ver Cuadros 1a y 1b) (Ver Franco, M.A., Amézquita, M.C. y Toledo, J.M., CIAT, 1987). Sobre cada ensayo se registra:

- a) Información general sobre el sitio de evaluación (localización, suelo, clima, Institución Nacional, colaboradores).
- b) Resultados de los experimentos:
 - Etapa de establecimiento:
 - % cobertura, altura de planta y daño causado por insectos y enfermedades para cada ecotipo a través de evaluaciones.
 - Etapa de producción: (en 2 épocas estacionales contrastantes).
 - Rendimiento de materia seca a través de edades de corte; parámetros de las curvas de crecimiento ajustadas; pruebas de comparación estadística entre ecotipos, para gramíneas y leguminosas independientemente; daño causado por insectos y enfermedades en cada edad de evaluación.
- c) Condiciones climáticas durante el período de evaluación. (Promedios semanales de temperatura y precipitación).
- d) Información de precios y costos de insumos y productos ganaderos en una región o localidad.

La organización de esta base de datos fué posible porque desde la fase inicial de planeamiento de la RIEPT, en 1979, se definieron metodologías estándares de evaluación y formatos uniformes de colección de datos sobre todos los puntos de la Red. (Ver Toledo, J.M., 1982). Esto hizo factible el almacenamiento y posteriores análisis estándares de la información - tanto por localidad como multilocacionales -.

**CUADRO 1a: Especies de gramíneas evaluadas
a través de Ensayos Regionales
A y B de la RIEPT (1979-1988)**

ESPECIE	NUMERO DE ECOTIPOS
1. <u>Andropogon gayanus</u>	7
2. <u>Axonopus micay</u>	1
3. <u>Brachiaria brizantha</u>	7
<u>Brachiaria decumbens</u>	4
<u>Brachiaria dictyoneura</u>	1
<u>Brachiaria humidicola</u>	6
<u>Brachiaria miliforme</u>	1
<u>Brachiaria nigropedata</u>	1
<u>Brachiaria ruziziensis</u>	4
4. <u>Hyparrhenia rufa</u>	1
5. <u>Panicum maximum</u>	5
6. <u>paspalum plicatulum</u>	1
Total	39

**CUADRO 1b: Especies de leguminosas evaluadas
a través de Ensayos Regionales
A y B de la RIEPT (1979-1988)**

ESPECIE	NUMERO DE ECOTIPOS
1. <u>Aeschynomene americana</u>	1
<u>Aeschynomene histrix</u>	1
2. <u>Arachis pintoii</u>	1
3. <u>Canavalia brasiliensis</u>	1
4. <u>Centrosema acutifolium</u>	4
<u>Centrosema arenarium</u>	1
<u>Centrosema brasilianum</u>	14
<u>Centrosema macrocarpum</u>	20
<u>Centrosema pubescens</u>	8
<u>Centrosema schiedeanum</u>	1
<u>Centrosema virginianum</u>	1
5. <u>Codariocalix gyroides</u>	1
6. <u>Desmodium distortum</u>	1
<u>Desmodium heterocarpum</u>	2
<u>Desmodium heterophyllum</u>	2
<u>Desmodium incanum</u>	1
<u>Desmodium intortum</u>	1
<u>Desmodium ovalifolium</u>	6
<u>Desmodium sp.</u>	1
<u>Desmodium uncinatum</u>	1

Cont. CUADRO 1b:

ESPECIE	NUMERO DE ECOTIPOS
7. <u>Flemingia macrophylla</u>	1
8. <u>Leucaena diversif</u>	4
<u>Leucaena leucocephala</u>	27
<u>Leucaena shannonii</u>	1
9. <u>Macroptilium atropurpureum</u>	1
<u>Macroptilium gracile</u>	1
<u>Macroptilium longepedunculatum</u>	1
10. <u>Neonotonia wightii</u>	3
11. <u>Pueraria montana</u>	1
<u>Pueraria phaseoloides</u>	1
12. <u>Stylosanthes capitata</u>	20
<u>Stylosanthes guianensis</u>	24
<u>Stylosanthes hamata</u>	2
<u>Stylosanthes humilis</u>	1
<u>Stylosanthes leiocarpa</u>	1
<u>Stylosanthes macrocephala</u>	14
<u>Stylosanthes scabra</u>	4
<u>Stylosanthes sp.</u>	1
<u>Stylosanthes sympodialis</u>	1
<u>Stylosanthes viscosa</u>	7
13. <u>Teramnus uncinatum</u>	1
14. <u>Vigna vexillatum</u>	1
15. <u>Zornia brasiliensis</u>	4
<u>Zornia glabra</u>	3
<u>Zornia latifolia</u>	3
<u>Zornia sp.</u>	3
Total	196

Es interesante anotar la experiencia de la RIEPT con la Red heterogénea de ERC y ERD, en lo que respecta al almacenamiento y análisis de datos. Hasta la fecha la RIEPT no cuenta con una base de datos de estos ensayos. La descentralización de la información ha creado el riesgo de perderla y por tanto las posibilidades de utilizarla con una visión global por ecosistema son mínimas. El Programa de Pastos Tropicales de CIAT - a través de los viajes de sus Científicos Principales - está comenzando a recuperar parte de la información. Se ha pensado definir unos formatos muy generales de registro de los datos generados por los Ensayos bajo pastoreo, para así poder comenzar a crear una base de datos central.

En todo caso, es importante enfatizar que la existencia de una base de datos no es todo: lo importante es utilizarla, analizar su información, para que sirva como herramienta más objetiva en la toma de decisiones.

3. EL POR QUE DE UN ANALISIS MULTILOCACIONAL

Un análisis de una Red uniforme de evaluación de germoplasma puede perseguir dos objetivos principales: a) producir recomendaciones extrapolables a una región de interés, y b) estudiar la influencia de condiciones externas específicas (factores específicos de suelo, clima, bióticos) sobre ciertas características individuales de la planta.

La condición principal para que los resultados de un análisis multilocacional sean extrapolables a la región de interés radica en que los sitios de evaluación escogidos y las épocas y frecuencias de evaluación del material sean representativos de la variabilidad existente en la región en términos de suelo y clima. La estratificación de la región en ecosistemas y sistemas de producción mayores y la selección posterior de localidades representativas de cada ecosistema y sistema de producción es la primera acción para cubrir la macro-variabilidad existente.

En ensayos de evaluación de pasturas - por ser cultivos perennes o anuales - la variación climática anual y estacional es una fuente de variabilidad en la respuesta de la planta mucho más importante que en cultivos de ciclo vegetativo corto. Existe evidencia experimental de que - tanto el valor absoluto como la varianza - de la

producción de biomasa de un material, bajo condiciones de corte, varía notablemente con la época estacional y el ecosistema (ver Cuadro 2a), así como con el tiempo transcurrido después del establecimiento. Las figuras 2, 3 y 4 ilustran la variabilidad de cinco especies promisorias del género Brachiaria, en términos de su producción estacional de biomasa bajo condiciones de corte, en tres ecosistemas mayores de América Tropical (Fuente de datos: Base de datos ERB, RIEPT, CIAT). Las figuras 5 y 6 muestran el efecto mecánico del corte sobre la producción de biomasa durante tres años sucesivos después del establecimiento, de dos especies de leguminosas: Desmodium ovalifolium (ecotipo 350) - estolonífera - y Stylosanthes guyanensis (ecotipos 136 y 184) - semierectas - ambas adaptadas al ecosistema de Bosque Tropical Estacional. Los datos sugieren que evaluaciones bajo corte provenientes de un segundo o tercer año de evaluación deben ser miradas con cautela. Existe también evidencia experimental de que la productividad de una pastura en términos de producción animal varía notablemente con el año y época estacional (ver Cuadro 2b). Esto implica que en condiciones de pastoreo, una especie o asociación debe evaluarse por espacio de varios años, con evaluaciones periódicas a través de cada época estacional de interés. El tiempo mínimo recomendado por la RIEPT para evaluación de asociaciones en ERD es de 3 años.

Qué tipo de recomendaciones extrapolables a un ecosistema de interés pueden producirse mediante un análisis multilocacional de ensayos de evaluación de germoplasma?

- 1) En primer lugar, un análisis multilocacional es útil para producir una descripción general del ecosistema. (en términos de parámetros tales como suelo, clima, aspectos bióticos y de la respuesta de un rango de ecotipos - de una o más especies o géneros - al rango de condiciones del ecosistema)
- 2) Identificar material superior por su potencial de rendimiento y por su adaptabilidad a un rango amplio de condiciones ambientales del ecosistema.
- 3) Identificar sub-ecosistemas, dentro del ecosistema mayor, en donde el material muestre mínima interacción con el ambiente. Es decir, identificar sub-áreas de generalización.
- 4) Estudiar la capacidad de extrapolación de un sitio dado.

Por otro lado, el interés de un análisis multilocacional puede ser el de estudiar la influencia de condiciones externas (características específicas de suelo, clima o

CUADRO 2a: Ensayos bajo corte. Efecto de época estacional en la producción de biomasa de gramíneas y leguminosas (kg de MS/ha, 12 semanas después del rebrote) ^{1/}

ECOSISTEMA	EPOCA ESTACIONAL					
	Máxima Precipitación			Mínima Precipitación		
	No. de ensayos	Media	CV ^{2/} (%)	No. de ensayos	Media	CV (%)
<u>Gramíneas</u>						
Bosque Tropical	66	5873	36	66	3571	36
Llanos	22	3702	37	21	918	90
<u>Leguminosas</u>						
Bosque Tropical	67	2555	38	68	1684	46
Llanos	22	2019	39	23	527	145
Cerrado	10	3271	35	11	377	65

^{1/} Fuente de datos: Ensayos Reginales B (primer año de evaluación), conducidos en tres ecosistemas mayores de América Tropical. Los datos originales por ensayo fueron extraídos de la Base de Datos RIEPT, Programa de Pastos Tropicales, CIAT.

^{2/} $CV = \sqrt{CME/x}$,
donde: CME = Cuadrado Medio de error combinado sobre todos los ensayos conducidos en ese ecosistema.

FIGURA 2:

VARIABILIDAD DE UN GENERO EN TERMINOS DE SU PRODUCCION ESTACIONAL DE BIOMASA BAJO CORTE

Género: Brachiaria

Ecosistema: LLanos

ESPECIE	EPOCA DE MAXIMA PRECIPITACION			EPOCA DE MINIMA PRECIPITACION		
	\bar{X}	N	CV(%)	\bar{X}	N	CV(%)
B. dictyoneura	3286	15	.63	1292	14	1.35
humidicola	3005	27	.78	859	22	.84
decumbens	2577	18	.64	1124	19	1.02
ruzizensis	2438	7	.92	598	6	.76
brizantha	1836	17	.49	981	17	.78

FIGURA 3: VARIABILIDAD DE UN GENERO EN TERMINOS DE SU PRODUCCION ETACIONAL DE BIOMASA BAJO CORTE

Género: Brachiaria

Ecosistema: Bosque Tropical estacional







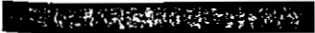



ESPECIE		EPOCA DE MAXIMA PRECIPITACION			EPOCA DE MINIMA PRECIPITACION			
		\bar{X}	N	CV(%)	\bar{X}	N	CV(%)	
B. brizantha		6561	21	96		3893	18	93
B. decumbens		6307	17	73		3914	27	82
B. ruziziensis		4981	4	55		3133	2	121
B. humidicola		4638	28	64		2746	26	138
B. dictyoneura		4432	18	78		1873	17	86

FIGURA 4:

VARIABILIDAD DE UN GENERO EN TERMINOS DE SU PRODUCCION ESTACIONAL DE BIOMASA BAJO CORTE

Género: *Brachiaria*

Ecosistema: Bosque Tropical lluvioso

ESPECIE	Epoca de Maxima precipitación			Epoca de Minima precipitación		
	\bar{X}	N	CV(%)	\bar{X}	N	CV(%)
<i>B. decumbens</i>	5585	28	57	4660	30	76
<i>B. dictyoneura</i>	5264	15	56	3265	16	73
<i>B. humidicola</i>	4321	13	70	2528	17	63
<i>B. ruziziensis</i>	3306	5	91	4388	5	101
<i>B. brizantha</i>	2680	7	74	1992	11	70

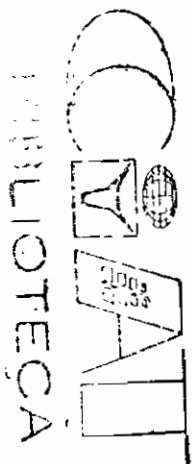


FIGURA 5

EFFECTO DEL AÑO DESPUES DEL ESTABLECIMIENTO
SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA BAJO CORTE
CASO: *Desmodium ovalifolium*
Ecosistema de Bosque Tropical Estacional

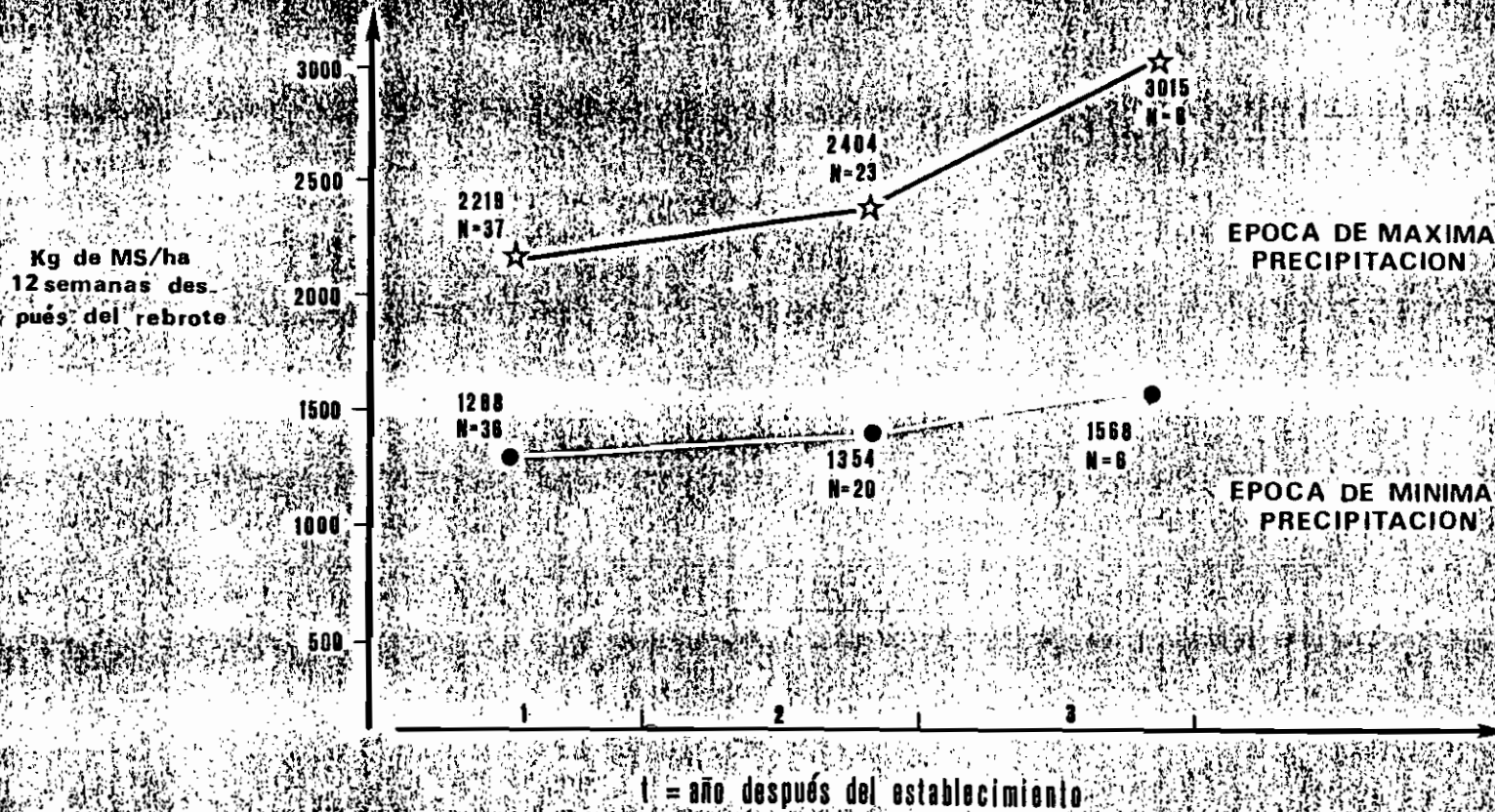
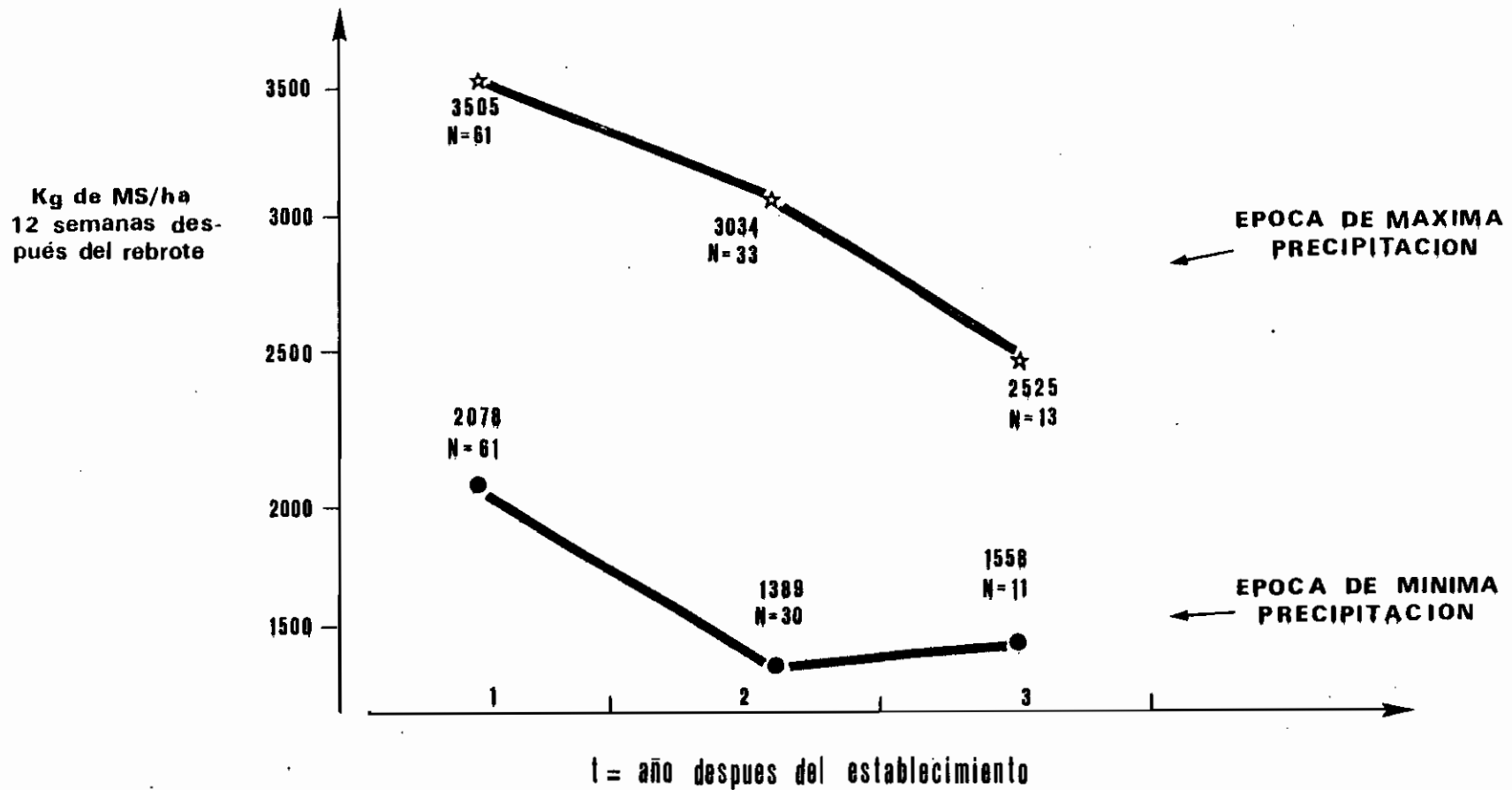


FIGURA 6:

EFECTO DEL AÑO DESPUES DEL ESTABLECIMIENTO
SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA BAJO CORTE
CASO: *Stylosanthes guianensis* (136 y 184)
Ecosistema de Bosque Tropical Estacional



CUADRO 2b: Ensayos bajo Pastoreo. Efecto de las variables época estacional y año de evaluación en la producción de pasturas, expresada ésta como ganancia de peso de los novillos. ^{1/}

EPOCA/AÑO	NOVILLOS CONSIDERADOS (No.)	GANANCIA DE PESO ^{2/} (g/an por día)	CV (%)
Lluvias:			
1979	73	495	21.4
1980	85	548	14.8
1981	85	478	17.2
1982	40	397	16.4
Sequía			
1979	73	140	102.5
1980	85	129	97.3
1981	85	192	64.1
1982	40	252	95.1
Lluvias	283	485a	17.2
Sequía	283	175 b	88.3
Años:			
1980	146	409a	42.3
1981	170	383ab	32.8
1979	170	376ab	48.4
1982	80	348 b	42.7

^{1/} La información proviene de siete ensayos de ganancia de peso de novillos, realizados en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia, entre 1972 y 1982, por el Programa de Pastos Tropicales del CIAT. En el análisis estadístico de los datos de ganancia de peso por estación por año (g/an por día) obtenidos en cada ensayo, cada dato es un promedio de n observaciones donde n representa la duración del período estacional, en meses.

^{2/} Los promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente ($P \leq 0.5$).

FUENTE: Tergas et al., 1984a y 1984b.

niveles de presión de una determinada plaga) sobre una o más características individuales de la planta. En tal caso, las localidades seleccionadas para el análisis juegan el papel de "niveles" del factor cuyo efecto se desea medir, y deben ser escogidas de tal forma que haya mínima confusión entre el factor a estudiar y otros factores externos. Distintos conjuntos de localidades pueden ser seleccionados para estudiar distintos factores. El análisis multilocacional cumple entonces el objetivo de hacer inferencia sobre el efecto de un factor específico y nó de extrapolación sobre la región.

Métodos estadísticos disponibles según los objetivos de un análisis multilocacional.

Análisis de adaptabilidad de ecotipos:

La adaptabilidad de un genotipo se define como "su respuesta fisiológica a mejoras en calidad del ambiente". Entendemos por calidad de un ambiente, el complejo de condiciones de suelo, clima, plagas, enfermedades, malezas y aspectos de manejo del material vegetal (establecimiento, técnicas de evaluación, errores en el muestreo, entre otras). Para cuantificar la "calidad de un ambiente" se han propuesto varias alternativas, siendo la más aceptada la de expresarla mediante el promedio global de rendimiento del cultivo en ese ambiente particular. El rendimiento - como factor resultante de la interacción suelo-clima-factores bióticos-planta, expresa la calidad potencial de ese ambiente para el crecimiento de un genotipo dado del cultivo.

Vamos a suponer que, en el caso de pasturas, la respuesta fisiológica resultante va a expresarse como su producción estacional de biomasa. La respuesta de una pastura se cuantifica ya sea mediante curvas de crecimiento en cada época estacional (es decir, mediante los parámetros de la curva ajustada), o a través de tasas de crecimiento estacionales. Si se trata de pasturas anuales que producen en una sola época estacional (como es el caso de pasturas de corte para producción de heno), se ajustará una sola curva de crecimiento para cada material evaluado y se calculará su tasa de producción en la estación. Si se trata de pasturas perennes - o anuales que producen a través de varias estaciones - se ajustarán para cada material evaluado tantas curvas de crecimiento - y tasas de producción estacional - como épocas estacionales contrastantes haya.

En los últimos quince años, la literatura (Freeman, 1973; Hill, 1975, Westcott, 1986) muestra revisiones amplias de métodos estadísticos disponibles para analizar la adaptabilidad de ecotipos; en otras palabras, métodos de análisis de la interacción genotipo x ambiente. Los métodos más utilizados pueden agruparse en tres: método de regresión, métodos multivariados y métodos geométricos. En todos ellos el índice de la calidad del ambiente se mide como la respuesta promedio de genotipos que crecen en él.

El método de regresión (Yates y Cochran, 1938. Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966) supone que existe una relación lineal entre la respuesta de un ecotipo al ambiente y la calidad del ambiente. (Ver figura 7). La pendiente de la regresión lineal de cada ecotipo representa un primer índice de adaptabilidad del ecotipo; la suma de cuadrados de las desviaciones en torno a la regresión representa una segunda medida de adaptación o "respuesta del ecotipo a mejoras en la calidad del ambiente". Este método ha sido criticado por tres razones fundamentales: (1) Los índices de adaptabilidad resultantes son muy sensibles a datos extremos, es decir al conjunto de localidades seleccionadas; (2) Las dos medidas de adaptabilidad - la pendiente de la regresión y la SC de las desviaciones en torno a la regresión - no son independientes; y (3) La respuesta del genotipo no es independiente del "índice ambiental" estimado como la media general del sitio, que es la variable independiente en la regresión. Sin embargo, con una buena selección de ambientes para el análisis de acuerdo con las necesidades del programa de investigación, y con una modificación en el cálculo del "índice ambiental" - mediante la exclusión del ecotipo específico bajo evaluación -, este método ha mostrado ser útil en la identificación de material promisorio. Con este método, los Stylosanthes capitata 1405, 1315, 1693, 1342, 1728 y 1318 fueron identificados como leguminosas promisorias para el ecosistema de Llanos (sabana bien drenada, isohipertermica); y los Stylosanthes guyanensis 136 y 184 y el Zornia latifolia 728 como promisorias para el ecosistema de bosque tropical, a través del primer análisis de datos de los ERB 1979-1982 (Toledo, Amézquita y Pizarro, 1982) (ver Figuras 8 y 9).

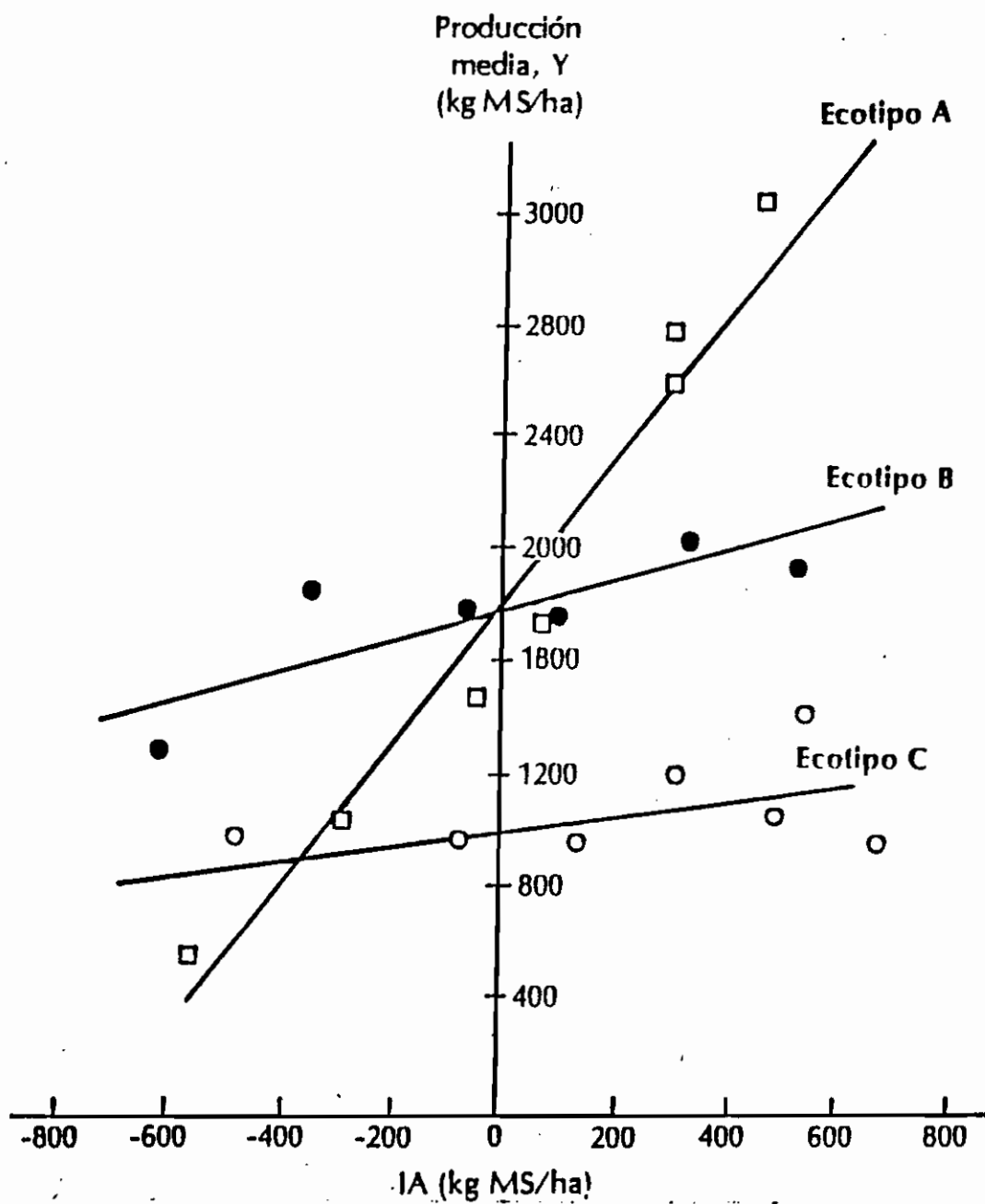


Figura 7: Esquema de las opciones posibles de regresión lineal entre la producción por localidad y el Índice Ambiental, IA, para el modelo lineal $Y = a + bIA$

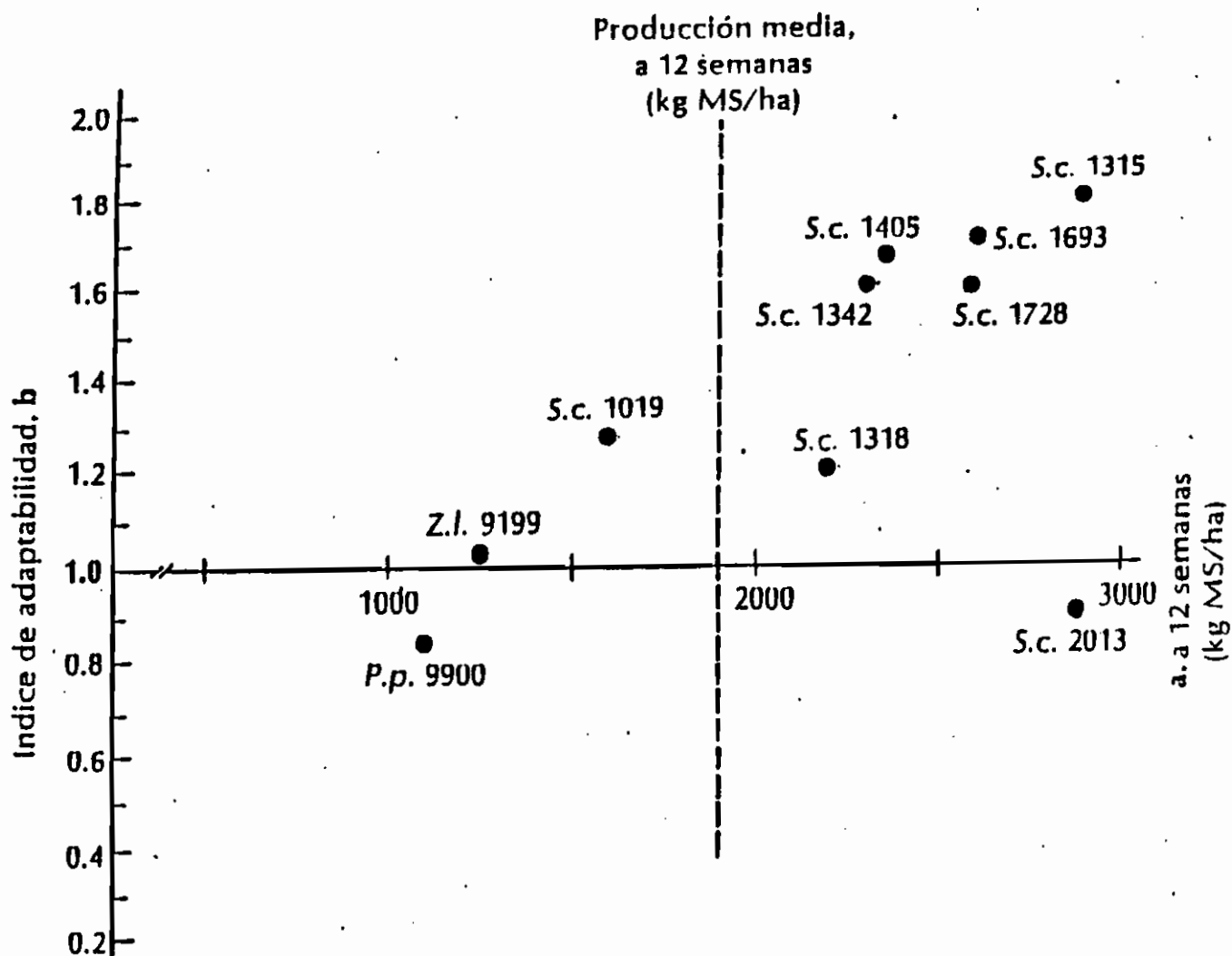


Figura 8; Clasificación de las leguminosas forrajeras según su grado de adaptabilidad, b, y según su potencial de productividad, a, en el ecosistema de Sabana Tropical Bien Drenada Isohipertérmica. S.c.=*Stylosanthes capitata*; P.p.=*Pueraria phaseoloides*; Z.l.=*Zornia latifolia*.

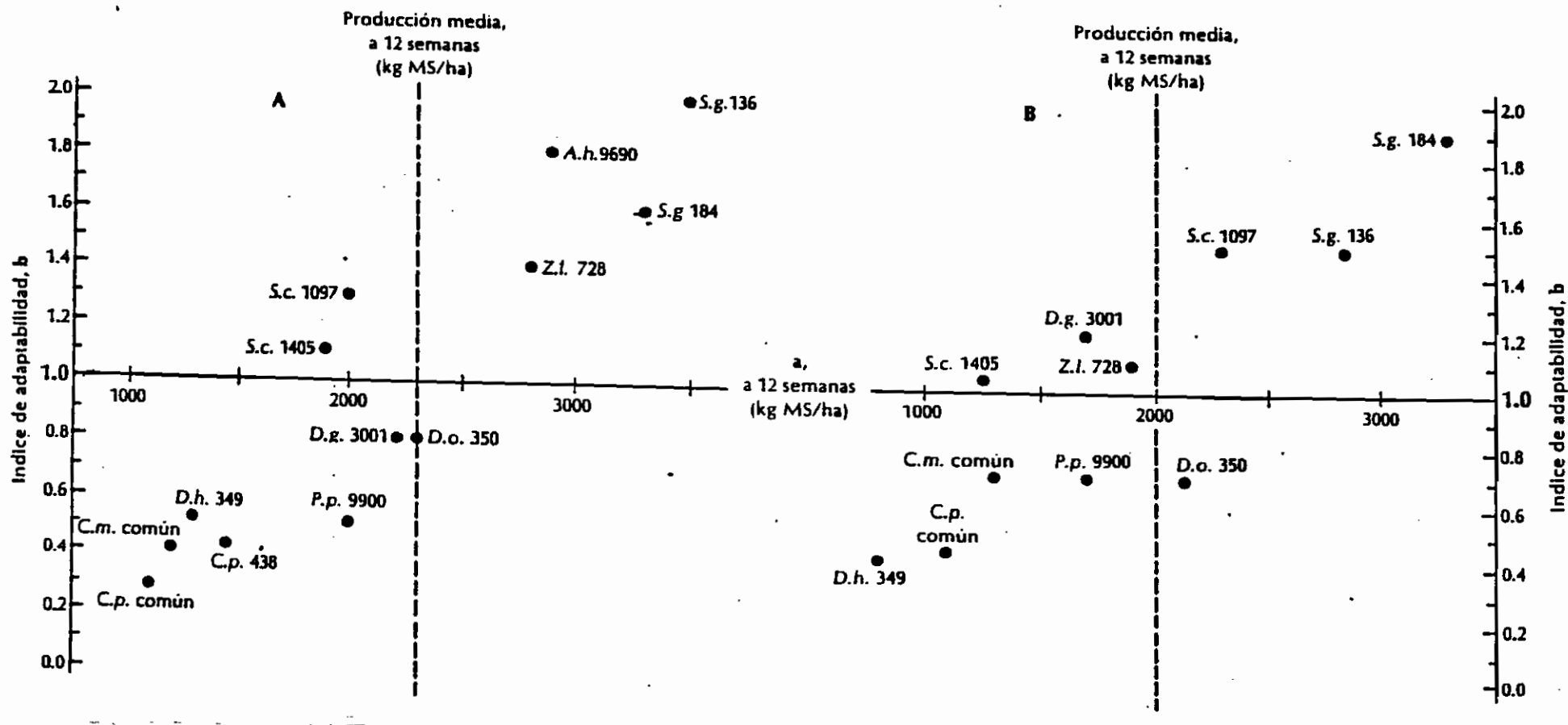


Figura 9: Clasificación de las leguminosas según su grado de adaptabilidad, b, y su nivel de productividad potencial, a, en los ecosistemas de bosque tropical A = durante el período de máxima precipitación; B = durante el período de mínima precipitación.

Los dos métodos multivariados utilizados en el análisis de la interacción genotipo x ambiente han sido el de Cluster Analysis (Abou-El-Fittough, Rawling and Miller, 1969; Mungomery et al, 1974; Byth et al, 1976; Lin and Thompson, 1975, úin, 1982; Fox and Rosiete, 1982) y el de Componentes Principales (Williams, 1952; Perkins and Jinks, 1968; Manden, 1971; Freeman and Dowker, 1973; Hill and Goodnight, 1981). Sinembargo, la principal dificultad con la aplicación del método de Componentes Principales reside en la difícil interpretación de sus resultados (Silvey, 1982).

La aplicación básica del método de Cluster Analysis para entender la interacción genotipo x ambiente es la de agrupar ambientes en los cuales la posición relativa de los genotipos probados sea similar; o de agrupar genotipos que muestren posición relativa similar en todos los ambientes. Así, en el primer caso, se realiza un Cluster Analysis sobre ambientes, utilizando como variables de clasificación las posiciones relativas de cada genotipo en todos los ambientes. En los grupos de ambientes resultantes, la interacción genotipo x ambiente es mínima (la SC de la interacción genotipo x ambiente de cada grupo es menor que la SC de la interacción utilizando todos los ambientes). Un ejemplo de aplicación de este método es el análisis realizado en CIAT sobre los datos de rendimiento de grano (kg/ha) de variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) probadas en el Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol (IBYAN) durante 8 años (1976-1984). (Ver Voysest, O. y García, J., 1987) Los Cuadros 3a y 3b ilustran los resultados de la agrupación de sitios del vivero IBYAN 1984 para frijol negro. La segunda aplicación del método consiste en realizar un Cluster Analysis para agrupación de los genotipos, utilizando como variables de clasificación las evaluaciones (o posición relativa) de los genotipos en cada uno de los ambientes. Se espera que los grupos de genotipos resultantes muestren comportamiento similar a través de ambientes.

Los métodos geométricos tienen como objetivo básico representar cada objeto (genotipo o ambiente en este caso), como un punto en un espacio Euclideo de tal forma que objetos similares se representan por puntos cercanos. La configuración de los puntos luego se investiga para tratar de detectar alguna estructura. Es decir, contrario al Cluster Analysis, este método no forma grupos de objetos. Los métodos geométricos

CUADRO 3a: Identificación de grupos de ambientes con mínima interacción genotipo x ambiente. (Cluster Analysis).

Caso: Análisis del Vivero Internacional de Rendimiento de Frijol (IBYAN). Año 1984, grano color negro. 11 líneas probadas en 19 localidades. (O. Voysest y J. García, CIAT, 1987).

**ANOVA DEL RENDIMIENTO (kg/ha)
UTILIZANDO TODAS LAS LOCALIDADES**

FUENTE DE VARIACION	gl.	F	ProbF
Localidad	18	132.6	0.0001
> Repetición (Localidad)	38		
{ Línea	10	1.3	0.26
{ Línea x Localidad	180	2.5	0.0001
> Error combinado	380		
Total	626		

CUADRO 3b: Identificación de grupos de ambientes con mínima interacción genotipo x ambiente. (Cluster Analysis).

Caso: Análisis del Vivero Internacional de Rendimiento de Frijol (IBYAN). Año 1984, grano color negro. 11 líneas probadas en 19 localidades. (O. Voysest y J. García, CIAT 1987).

ANOVA del rendimiento (kg/ha)
en cada "Grupo" de Localidades

FUENTES DE VARIACION	gl.	F	ProbF
Grupo	5	290.0	0.00001
> Localidad (Grupo)	13	72.0	0.001
> Repetición (Localidad, Grupo)	38	1.9	0.06
{ Línea	10	2.7	0.00001
{ Línea x Grupo	50		
> Línea x Localidad (Grupo)	130	1.7	0.001
Grupo 1	30	1.6	0.3
Grupo 2	20	1.0	0.5
Grupo 3	30	1.2	0.2
Grupo 4	20	0.9	0.5
Grupo 5	20	3.2	0.0002
Grupo 6	20	5.4	0.0001
Error combinado	380		
Total	626		

incluyen: Principal Coordinates Analysis, (Classical Scaling), Non-metric Multidimensional Scaling, el método Biplot y Correspondence Analysis. El método de Principal Coordinates es el único método geométrico que se ha utilizado para estudiar la adaptabilidad de ecotipos. Dada una matriz de distancias entre puntos en un espacio Euclideo, este método (desarrollado por Schoenberg, 1935) determina las coordenadas de los puntos: esos son los "Ejes Principales" o "Coordenadas Principales", independientes entre sí. El método de Principal Coordinates fué utilizado por Crossa, Westcott and González (1986) para analizar la estabilidad de poblaciones de maíz del CIMMYT, medida según el comportamiento de variedades descendientes de ellas, evaluadas en 80 localidades en BCA con 4 replicaciones. La limitante de el método de Principal Coordinate es que el algoritmo computacional no está disponible aún en paquetes estadísticos.

**Un método estadístico para reducir dimensionalidad:
Análisis de Componentes Principales**

El conjunto de información que se registra en cada punto de una Red que evalúa la adaptación de germoplasma al ambiente - incluye básicamente cuatro tipos de datos: a) Caracterización del suelo (parámetros físicos y químicos); b) Caracterización general de clima del lugar (precipitación, temperatura, evaporación potencial, horas luz, etc) y caracterización del clima durante el (o los) períodos de evaluación del germoplasma; c) Nivel de presión de plagas y enfermedades en el sitio y evaluaciones de reacción del germoplasma a plagas y enfermedades específicas consideradas de importancia económica; y d) Variables de respuesta de la planta a ese complejo de factores.

En estas situaciones es muy importante - antes de iniciar un análisis inferencial - examinar si existe alguna estructura de correlación entre los varios parámetros medidos o entre las variables de respuesta evaluadas y reducir tal conjunto a un número menor de factores, independiente entre sí, y que expliquen gran parte de la variabilidad cubierta por los parámetros o variables originales. También es posible que el rango de variabilidad de un determinado parámetro no sea suficiente para explicar variación en la variable de respuesta de interés. En ambas situaciones hay que reducir la dimensionalidad del problema. En el segundo

caso, simplemente eliminando factores de suelo, clima o bióticos cuyo rango entre localidades sea tan estrecho que no permita explicar la respuesta de la planta a ese factor. En el primer caso - ante la existencia de una estructura de correlación entre variables - el uso de la técnica de Componentes Principales es adecuado.

La técnica de Componentes Principales desarrollada por Pearson (1901) y más tarde por Hotelling (1933) es un método multivariado que examina las relaciones entre muchas variables cuantitativas. Dado un conjunto de p variables numéricas, el método produce p Componentes Principales que son combinaciones lineales de las variables originales. Los coeficientes de cada combinación lineal son los vectores propios de la matriz de correlación. Los Componentes Principales obtenidos son variables normalizadas (con media cero y desviación estandar 1) e independientes entre sí. El primer Componente Principal tiene la máxima varianza; el segundo la siguiente varianza en magnitud, y el último la mínima varianza. Es decisión subjetiva del investigador el número de Componentes Principales que desea retener.

4. ESTUDIOS ESPECIFICOS QUE ILUSTRAN EL USO DE INFORMACION DE ENSAYOS MULTILOCAZIONALES

Hasta ahora hemos descrito brevemente la utilidad de algunos métodos estadísticos para reducir dimensionalidad, para cuantificar la adaptabilidad de ecotipos, para agrupar ambientes o ecotipos similares y así entender mejor la capacidad de extrapolación de una red de evaluación de germoplasma. Presentamos a continuación el resumen de algunos estudios que responden a necesidades específicas de un programa de investigación e ilustran el uso de la información centralizada de una Red.

Ejemplo 1:CLASIFICACION DE AMBIENTES CON BASE EN
PARAMETROS DE RESPUESTA DE LA PLANTACaso: Andropogon gyanus
en América Tropical

M.C. Amézquita, E.A. Pizarro, J.M. Toledo. CIAT, 1986

El Programa de Pastos Tropicales de CIAT trabaja en cinco ecosistemas principales, que se han identificado con base en "evapotranspiración potencial durante la estación húmeda" - un indicador climático -. Sin embargo, existe la necesidad de una clasificación más homogénea de sub-ecosistemas dentro de los ecosistemas mayores para mejorar la capacidad de extrapolación de los resultados de investigación.

En este estudio, consideramos la planta como un buen indicador de las diferencias ambientales y utilizamos parámetros de respuesta de la planta para clasificar ambientes. Se utilizaron como fuente de datos, 44 Ensayos Regionales B, ubicados en los ecosistemas de Llanos y Bosque Tropical. Cuatro parámetros de respuesta de la planta fueron seleccionados para el análisis:

- % de cobertura durante la fase de establecimiento.
- Altura de planta durante el establecimiento.
- Tasa de producción de materia seca en la estación seca.
- Tasa de producción de materia seca en la estación lluviosa.

METODOLOGIA

1. Clasificación de ambientes en función de los parámetros de la planta anteriormente descritos, via Cluster Analysis.
2. Reducción de parámetros de suelo, via Componentes Principales.
3. Definición de un "Índice de disponibilidad de agua" - tanto en la estación seca como en la estación lluviosa - como una función de temperatura diaria, precipitación, altitud y latitud del sitio.
4. Identificación de indicadores de suelo y agua que explicaran la agrupación obtenida de ambientes.

CUADRO 4: Componentes Principales de parámetros de suelo.

PARAMETRO DE SUELO	"INDICE DE FERTILIDAD"	"INDICE DE TEXTURA Y ACIDEZ"	"CONTENIDO DE P Y DESBALANCE Ca-K"
	(31%)	(25%)	(15%)
	Coeficientes		
Arena	-0.27	0.56	0.06
Limo	0.32	-0.23	-0.14
Arcilla	0.15	-0.56	-0.14
pH	0.36	0.41	-0.18
P	-0.02	0.16	0.52
Ca	0.36	-0.07	0.58
Mg	0.48	0.01	-0.01
K	0.40	0.19	-0.49
Saturación de Al	-0.39	-0.28	-0.31

CUADRO 5: Grupos de ambientes resultantes (Cluster Analysis)

	GRUPOS					
	1 (n=7)	2 (n=16)	3 (n=7)	4 (n=5)	5 (n=9)	1 Prob
<u>Parámetros de la Planta:</u>						
- Altura de planta (cm)	83	88	65	77	53	
- % de cubrimiento	57	72	63	57	53	
- Tasa de producción de MS estación lluviosa (kg/ha/semana)	759	670	511	349	250	
estación seca (kg/ha/semana)	173	615	129	388	119	
<u>Índice de disponibilidad de agua a la planta (mm):</u>						
- Estación lluviosa	72.6	59.1	49.4	45.2	39.3 ^b	ns ^{1/}
- Estación seca	19.1 ^{ab}	37.1 ^a	15.2 ^b	31.5 ^a	7.4 ^b	(p=0.10)
<u>Componentes Principales de Parámetros del Suelo:</u>						
- Índice de fertilidad	0.99 ^a	0.05 ^{ab}	0.22 ^{ab}	-0.50 ^b	-0.79 ^b	(p=0.00)
- Índice de textura y acidez	0.21	-0.21	-0.25	0.49	0.21	ns
% arena	43	40	36	65	60	**
% arcilla	29	37	37	14	23	ns
- Contenido P e desbalance Ca-K	0.18	0.16	-0.12	-0.20	-0.26	ns

** Nivel de significancia de la prueba Tukey para comparación de promedios de grupo. $p \leq 0.05$

* Significancia de la prueba Tukey para comparación de promedios.
 $0.05 < p \leq 0.01$.

Interpretación de los grupos de ambientes resultantes:

- Grupo 2 Alta tasa de producción de MS durante las dos épocas estacionales.
- Grupo 1 Alta tasa de producción de MS durante la estación lluviosa pero baja en la estación seca.
- Grupo 4 Tasa intermedia de producción de MS en ambas estaciones.
- Grupo 3 Tasa intermedia de producción de MS durante la estación lluviosa, baja en la estación seca.
- Grupo 5 Baja tasa de producción en ambas épocas estacionales.

CONCLUSIONES

Este estudio mostró lo siguiente:

- 1) Se logró una clasificación más homogénea de ambientes dentro de los ecosistemas mayores. Los grupos fueron explicados por "índice de fertilidad" y parámetros de textura del suelo - asociados con producción de materia seca durante la estación lluviosa. Además por el "índice de disponibilidad de agua durante la estación seca" - asociado con producción de materia seca durante la estación seca -.
- 2) El Andropogon gayanus presenta una adaptación excelente a suelos ácidos e infértiles, mostrando sin embargo buena respuesta a una mejor fertilidad y a textura más pesada.

Ejemplo 2

DESCRIPCION DEL COMPORTAMIENTO
 AGRONOMICO DE TRES CULTIVARES LANZADOS
 COMERCIALMENTE EN COLOMBIA:
 Pasto "LLANERO" (B. dictyoneura)
 Pasto "CARIMAGUA" (A. gayanus 621)
 y Cultivar "CAPICA" (S. capitata 10280)

(E. Mesa y M.C. Amézquita - en Proceso)

Fuente de datos: Información sobre 21 ERB realizados en
 Colombia (1979-1987)

En contraste con el ejemplo anterior, en este caso identificamos sub-ecosistemas dentro del país según parámetros ambientales y luego describimos y comparamos estadísticamente el comportamiento agronómico de cada cultivar en las distintas zonas. Utilizamos como variables de comportamiento agronómico el % de cobertura durante el establecimiento un "índice de presión de enfermedades" (Ver Cuadro 7), y la producción estacional de biomasa (kg de MS/ha, 12 semanas después del rebrote).

METODOLOGIA

1. Reducción de parámetros de suelo (Componentes Principales).
2. Clasificación de los ensayos en zonas semejantes, según:
 - . Altura (msnm)
 - . Índice de textura y contenido de MO (Ver Cuadro 6)
 - . Índice de nivel de bases (Ver Cuadro 6)
3. Descripción del comportamiento agronómico de cada cultivar en las distintas zonas.

El Cuadro 6 muestra los dos primeros componentes principales resultantes de la reducción de parámetros de suelo. El Cuadro 7 muestra el rango de variabilidad cubierto por los sitios escogidos con respecto a los indicadores ambientales usados como criterios de clasificación de sitios. El Cuadro 8 describe las zonas resultantes del Cluster Analysis y finalmente se presenta a manera de ilustración en el Cuadro 9 un resumen del comportamiento de uno de los cultivares en las distintas zonas.

CUADRO 6: Reducción de parámetros de suelo a dos Componentes Principales.

PARAMETRO DE SUELO	INDICE DE CONTENIDO DE BASES	INDICE DE TEXTURA Y CONTENIDO DE MO.
	(50%)	(19%)
	———— Coeficientes ————	
pH	0.39	0.13
Sat Al	-0.39	-0.10
Ca	0.37	0.26
Al	-0.36	0.09
Mg	0.31	0.26
K	0.31	0.31
MO (%)	-0.26	0.39
P	0.23	0.003
Arcilla	-0.22	0.54
Arena	0.20	-0.52
Limo	0.02	0.01

CUADRO 7: Rango de variabilidad cubierto por los 21 sitios seleccionados.

PARAMETRO	RANGO	
Altura (msnm)	4	a 1600
Indice de contenido de bases	-0.78	a 2.25
Indice de textura y MO	-1.63	a 3.0
Indice de presión de enfermedades		
- <u>B. dictyoneura</u> (máx. reacción al salivazo) ^{1/}	0	a 3.0
- <u>S. capitata</u> (máx. reacción a insectos chupadores) ^{1/}	1	a 3.0
- <u>A. gavanus</u> (ninguna)		

^{1/} evaluaciones en escala 0-4

^{1/} IRTP = International Rice Testing Program.

CUADRO 8: Descripción de Zonas

ZONA	Promedios de cada parámetro					INDICE DE BASES	INDICE DE TEXTURA Y MO
	ALTURA (msnm)	PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL (m m)	% ARCILLA	% ARENA	% MO		
1 (n=5) Sitios altos, arcillosos, con alto contenido de MO y bajo nivel de bases	1240	2268	51	25	7.2	-0.99	0.82
2 (n=4) <u>Zona cafetera:</u> Sitios altos, moderadamente arcillosos, con menor MO y mayor contenido de bases	1375	1897	23	52	3.3	1.09	-0.24
3 (n=3) <u>Bajos inundables</u> Sitios bajos, arcillosos, con nivel medio de MO y bases	103	3471	51	27	3.1	0.37	2.1
4 (n=8) <u>Llanos:</u> Sitios bajos, arenosos, con bajo MO y bajo nivel de bases	165	2386	28	41	2.3	-0.31	-0.93
5 (n=2) <u>Selva Tropical:</u> Sitios bajos moderadamente arcilloso, de bajo contenido de bases	84	2820	33	34	6.3	-0.77	-0.26

CUADRO 9: Comportamiento agronómico del Brachiaria dictyoneura
- Pasto "LLANERO" - en Colombia.

ZONA	COBERTURA (%)	REACCION AL SALIVAZO (escala 0-4)	PRODUCCION DE MS (kg/ha a 12 semanas del rebrote)	
			Máxima precipitación	Mínima precipitación
2	34 ^a	0	7551 ^a	5270 ^b
1	16 ^b	0.25 ^b	5674 ^a	2183 ^c
5	34 ^a	0.50 ^b	3418 ^b	7450 ^a
4	16 ^b	0.83 ^b	2510 ^b	446 ^d
3	36 ^a	2.0 ^a	1940 ^b	2263 ^c
Promedio General	23	0.86	3557	2291
\sqrt{ME} Error	15.6	0.27 ^{1/}	2550	727
CV(%)	.67	.21 ^{1/}	.71	.32

^{1/} Correspondientes al dato transformado según $\sqrt{x+1}$

Estos dos ejemplos siguientes corresponden a información de cultivos. Son sin embargo ilustraciones metodológicas interesantes y pueden ser aplicables al análisis de ensayos multilocacionales en pasturas.

Ejemplo 3:

IDENTIFICACION DE UN CENTRO MAYOR
DE SELECCION PARA ARROZ DE SECANO
FAVORECIDO EN LA REGION DE
AMERICA CENTRAL Y MEXICO

Cuevas, F.; Amézquita, M.C. y Rosero, M., (1987)

- . 67 pruebas del IRTP ^{1/} (1978-1984)
- . 112 líneas de arroz evaluadas
- . 2 testigos internacionales (CICA 4, CICA 8)

La decisión del Programa de Arroz de iniciar estudios sobre arroz de secano favorecido en la zona de Centro America y México, creó la necesidad de que el Programa identificara un centro mayor de selección varietal para la zona. Se utilizaron datos provenientes de 67 ensayos, correspondientes a 7 años de resultados del IRTP, con un total de 112 líneas evaluadas. Se utilizaron 2 variedades control, comunes a través de sitios y años.

El objetivo del estudio fué identificar un centro de selección, el cual aparte de ser representativo del clima y otras condiciones ambientales de la zona, proveyera la mejor capacidad de generalización para rendimiento y respuesta a enfermedades en la zona. Así, el sitio debía cumplir con dos condiciones:

- a) Maximizar la probabilidad de adopción de líneas seleccionadas por el sitio. Esto es, maximizar la probabilidad de "coincidencia en selección" (p_c), donde $p_c = \text{Prob}(\text{la región seleccione una línea, dado que fué seleccionada por el centro de selección})$.
- b) Reducir al mínimo la probabilidad de que el sitio rechazara líneas promisorias para la región. Esto es reducir al mínimo la probabilidad de "divergencia en el rechazo" (p_d), donde $p_d = \text{Prob}(\text{la región seleccione una línea que fué descartada por el centro de selección})$.

Para efectos de este estudio se consideró que una línea es seleccionada por su rendimiento cuando produce igual a o más que el mejor testigo en el lugar. En forma similar, se consideró que una línea es seleccionada por su resistencia a enfermedades si el valor de "Índice de resistencia a enfermedades" es menor o igual a 4 en una escala de 0-9 (ver definición del Índice en Cuadro 10)

CUADRO 10: Definición del "Índice de resistencia a enfermedades" para arroz de secano favorecido en América Central y México.

ENFERMEDAD	PESO
Pyricularia oryzae	
. Cuello	0.35
. Hoja	0.25
Helminthosporium oryzae	0.25
Rhynchosporium oryzae	0.15
Total	1.00

El Cuadro 11 muestra las probabilidades de coincidencia en selección (p_c) y divergencia en el rechazo (p_d) estimados para cinco sitios de la región candidatos a centro mayor de selección varietal. El Cuadro 12 ilustra la proporción de líneas de alto rendimiento que se encuentran entre el grupo de las líneas seleccionadas como resistentes a enfermedades vs. grupo de las no seleccionadas.

CUADRO 11: Probabilidades ^{1/} de coincidencia en la selección (p_c) y divergencia en el rechazo (p_d) para cinco posibles sitios de selección.

SITIOS CANDIDATOS	SELECCION POR RENDIMIENTO			SELECCION POR RESISTENCIA A ENFERMEDADES	
	% de selección	p_c	p_d	% de selección	p_c
Alanje, Panamá	75	0.84	0.74	30	0.72
Arce, El Salvador	70	0.80	0.77	45	0.60
Cañas, Costa Rica	75	0.81	0.71	37	0.58
Cuyuta, Guatemala	57	0.85	0.81	60	0.57
Guaymas, Honduras	73	0.83	0.70	70	0.59
No. de localidades participantes		60	60		35
D.E. ponderada		0.19	0.26		0.27

^{1/} estimadas como promedio de proporciones

CUADRO 12: Porcentaje de líneas de alto rendimiento entre aquellas seleccionadas, o nó, por resistencia a enfermedades.

SITIOS	SELECCIONADAS POR SU RESISTENCIA A ENFERMEDADES		χ^2
	SI	NO	
	% de líneas de alto rendimiento		
Alanje, Panamá	85	71	2.6 ns
Arce, El Salvador	77	50	7.3 **
Cañas, Costa Rica	56	57	0.02 ns
Cuyuta, Guatemala	56	49	0.6 ns
Guaymas, Honduras	86	45	19.9 **

CONCLUSIONES

1. El método: una manera práctica de evaluar la capacidad de generalización de un sitio.
2. La mejor alternativa en este caso:
 - Centro de Selección por resistencia: Alanje, Panamá
 - Centro de Selección por rendimiento: Guaymas, Honduras

Ejemplo 4:

UN METODO PARA IDENTIFICACION DE SITIOS
DE SELECCION Y LINEAS DE FRIJOL
RESISTENTES A LA ROYA

M. Pastor Corrales y M.C. Amézquita
(en progreso)

10 años de datos IBRN ^{1/} (1975-1984)
12 sitios con más de 2 años de evaluación
42 líneas comunes

Este estudio sirve de apoyo al Programa de Frijol del CIAT en la identificación de sitios apropiados para selección de materiales resistentes a la roya. Proporciona además una herramienta cuantitativa para la identificación de líneas de frijol con resistencia amplia y específica al hongo.

METODOLOGIA:

1. Definición de dos índices: Índice de susceptibilidad al hongo (Is), e Índice de consistencia en su reacción (Ic).
 - . para una línea en un sitio dado
 - . para una línea a través de sitios
 - . para un sitio
2. Clasificación de sitios según su Is e Ic.
3. Clasificación de líneas según su Is e Ic.

Índice de susceptibilidad

$$I_s(1.loc) = \frac{\sum_{i=1}^s f_i w_i}{\sum_{i=1}^s f_i}, \quad 0 \leq I_s \leq 1$$

f_i = No. de evaluaciones con calificación i

^{1/} IBRN = International Bean Rust Nursery.

<u>Calificación:</u>	<u>Peso (w_i)</u>
1. Inmune	0.0
2. Resistente	0.10
3. Intermedia	0.50
4. Susceptible	0.85
5. Muy susceptible	1.00

Indice de Consistencia

$I_c(1,loc) = \frac{\text{Valor absoluto del cambio con respecto a la moda} \times \text{rango de las calificaciones}}{\text{No. de años de evaluación}}$

Por ejemplo, supongamos dos líneas de frijol, con las siguientes evaluaciones en seis años de evaluación e I_c correspondiente.

Línea 1: 2 2 2 3 2 3; $I_c = (2 \times 1) / 6 = 0.33$
 Línea 2: 2 2 2 4 2 2; $I_c = (2 \times 2) / 6 = 0.66$

Con base en los I_s e I_c antes definidos, se realizó una clasificación de sitios según su capacidad potencial para seleccionar material resistente consistentemente a través del tiempo. Los resultados se muestran en el Cuadro 13. En forma similar se agruparon líneas de frijol según su nivel de susceptibilidad al patógeno (I_s), y su consistencia en su reacción a través de los sitios de evaluación (I_c). Los resultados se resumen en el Cuadro 14.

CUADRO 13: Clasificación de sitios con base en su I_c e I_s .

	GRUPO	SITIOS	I_s	I_c
1.	Alta presión de enfermedad, muy consistente a través de los años	Delmas, Africa del Sur	0.57	0.3
2.	Alta presión de enfermedad, menos consistente a través de los años	CIAT (Sem A), Colombia	0.53	1.1
		Isabella, Puerto Rico	0.60	0.9
		Santiago, República Dom.	0.63	0.8
3.	Moderada presión enfermedad, consistente a través años	CIAT (Sem B), Colombia	0.48	0.8
		Beltsville, Maryland, USA	0.50	0.6
4.	Baja presión de enfermedad, baja consistencia a través de los años	Fargo, North Dakota, USA	0.25	1.1
		North Plate, Nebraska, USA	0.29	1.1
		Pailatanga, Ecuador	0.37	1.0

CUADRO 14: Clasificación de líneas con base en su I_s e I_c .

GRUPO	LINEAS	I_s	I_c
1. Ampliamente resistentes	Mexico 309	0.13	0.8
	Redland Pioneer	0.25	0.9
	Cuilapa 72-1	0.25	1.0
	Red Green Leaf B	0.25	0.7
	Cocacho	0.28	0.9
	Ecuador 299	0.29	0.8
	Red Green Leaf C	0.30	0.8
2. Alta resistencia específica	Comp. Chimaltenango 2	0.29	2.8
3. Resistencia específica	Comp. Chimaltenango 3	0.28	1.3
	Mexico 235	0.29	1.1
	Turrialba 4	0.33	1.2
	Negro Jalpatagu	0.38	1.3
	Canario 101	0.40	1.1
	Turrialba 1	0.42	1.3
9. Ampliamente susceptibles	Epicure	0.79	0.3
	Aguascalientes 13	0.79	0.3
	U.S. No. 3	0.80	0.4
	Pinto No. 650	0.83	0.4

CONCLUSIONES

1. Los resultados del método coinciden con las observaciones empíricas de los patólogos del Programa de Frijol.
2. El método puede extenderse a estudios similares con otras plagas o enfermedades.

5. COMENTARIO FINAL

Este documento presenta -a través de ejemplos concretos - alternativas de manejo y utilización de la información generada por una Red Internacional de evaluación de germoplasma. Hace además un breve resumen de los métodos estadísticos que pueden ser útiles para el análisis de ensayos multilocacionales. El documento enfatiza la importancia de la selección apropiada de los sitios experimentales para garantizar así la capacidad de extrapolación de un análisis multilocacional. Se recomienda poner especial cuidado en la selección de sitios que representativos de sub-ecosistemas contrastantes dentro de la variabilidad existente en el ecosistema o sistema de producción de interés: sitios representativos en términos de la variabilidad de suelos, variabilidad estacional y variabilidad en términos del tipo de animal que va a ser utilizado como instrumento de medida de la productividad de una pastura. Se recomienda además tener en cuenta la variabilidad propia de las especies o pasturas mismas, para efectos de una definición apropiada de las técnicas de muestreo a utilizar.

Todo esto con el objeto de presentar al grupo de profesionales miembros de REPCOSUR (Red de Evaluación del Cono Sur) un marco de referencia global en lo que concierne al almacenamiento, manejo y análisis multilocacional del tipo de datos generados por una Red de evaluación de germoplasma. Los aspectos aquí discutidos se espera sirvan de base para futura toma de decisiones de REPCOSUR sobre su mecanismo de centralización, utilización y distribución de la información de la Red.

Finalmente, se enfatiza la importancia de una estrecha comunicación entre los profesionales de las ciencias agrícola y pecuaria con los Biometristas y especialistas en manejo de información. Esto redundará en una utilización efectiva y coherente de uno de los más importantes recursos de una Red: su información.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Amézquita, M.C. 1986. Consideraciones sobre planeación, diseño y análisis de experimentos de pastoreo. En: Lascano, C. y Pizarro, E.A.(eds.). Evaluación de Pasturas con animales: Alternativas Metodológicas. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. pags. 13-40.
2. Amézquita, M.C., Pizarro, E.A. y Toledo, J.M. 1986 Rango de adaptación de Andropogon gyanus. En: Lascano, C. y Toledo, J. (eds.). Monografía de Andropogon gyanus (en proceso de publicación CIAT).
3. Crossa, J., Westcott, B. and Gonzalez, C.A. 1986. Yield stability in some CIMMYT maize populations as measured by the experimental varieties. (In preparation). CIMMYT, México.
4. Cuevas-Perez, F., Amézquita, M.C. and Rosero, M.J. 1987. A methodology for evaluating a location as a selection site for an international plant breeding program. (Sometido a publicación en la revista Euphitica).
5. Franco, M.A., Amézquita, M.C. y Toledo, J.M. 1987. Base de Datos Estadística-RIEPT: Información disponible y opciones para su utilización. CIAT, Cali, Colombia.
6. Freeman, G.H. 1973. Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions. Heredity, 31, 339-354.
7. Freeman, G.H. and Dowker, B.D. 1973. The analysis of variation between and within genotypes and environments. Heredity, 30, 97-109.
8. Hill, J. 1975. Genotype-environment interactions: A challenge for plant breeding. Journal of Agricultural Science, 85, 447-493
9. Hill, J. and Goodchild, N.A. 1981. Analysing environments for plant breeding purposes as exemplified by multivariate analysis of long term wheat yields. Theoretical and Applied Genetics, 59, 317-325.

10. Hotelling, H. 1933. Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. Journal of Educational Psychology, 24, 417-441, 498-520.
11. Pearson, K. 1901. On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. Philosophical Magazine, 6 (2), 559-572.
12. Silvey, V. 1982. Analysis of crop variety adaptation from performance trials in England and Wales. In Proceedings in the Xith International Biometric Conference, p. 157-163, Toulouse.
13. Toledo, J.M. 1982. Objetivos y Organización de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. En: Toledo, J.M. (ed.). Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. p. 13-21.
14. Toledo, J.M. 1983. Ensamblaje de germoplasma en pasturas: problemática de experimentación. En: Paladines, O. y Lascano, C. (eds.). Germoplasma Forrajero bajo Pastoreo en Pequeñas parcelas. Metodologías de Evaluación. CIAT, Cali, Colombia, p. 2-26.
15. Toledo, J.M., Amézquita, M.C. y Pizarro, E.A. 1982. Análisis del comportamiento del germoplasma evaluado por la RIEPT en los ecosistemas de Sabana y Bosque Tropical. En: Pizarro, E.A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. p. 429-446.
16. Toledo, J.M. y Shultze-Kraft, R. 1982. Objetivos y organización de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. En: Toledo, J.M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica, Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. p. 16-18.
17. Voysest, O. y García, J. 1987. Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) IBYAN 1984. CIAT, Cali, Colombia. p. 398-400.
18. Westcott, B. 1986. Some Methods of analysing genotype-environment interaction. CIMMYT, México (internal document).