

2569

PRESENTACION CURSO PASTOS

FITOMEJORAMIENTO FORRAJES

061653

J.Miles

El fitomejoramiento, como disciplina, es la ciencia y la práctica del mejoramiento genético de especies cultivadas de plantas. En principio, el fitomejoramiento de especies forrajeras no es diferente del mejoramiento de cualquier cultivo anual como por ej: el maíz o el frijol. Estamos sujetos a las mismas leyes genéticas. Sin embargo, en la práctica el mejoramiento de especies forrajeras, y especialmente de forrajes tropicales, tiene ciertos aspectos que lo distinguen del mejoramiento de cultivos.

En cualquier programa de fitomejoramiento la definición de objetivos claros y específicos es básica. Para especies forrajeras la meta final es un genotipo, una variedad nueva, que, bajo condiciones comerciales de producción ganadera, resulta en una pastura estable y persistente que produce mayores ganancias de peso en los animales que la variedad que va a reemplazar. Pero el conjunto de características que producen este resultado final es difícil de medir directamente. Entre mas específicos puedan ser los objetivos de un proyecto determinado de fitomejoramiento--el aumentar el nivel de resistencia a cierta enfermedad, por ej, --mas probable es que el proyecto tenga éxito. Cabe advertir que no en todos los casos son conocidas las características específicas que contribuyen al resultado final. Y el fitomejorador de especies forrajeras tiene que asesorarse de expertos en varias disciplinas para establecer sus objetivos.

Una vez definidos los objetivos, el fitomejorador sigue dos pasos básicos para lograrlos: Tomando, como su materia prima, la variación genética existente en determinada especie, el fitomejorador 1) Crea nueva variabilidad -- nuevas combinaciones genéticas -- (mediante cruzamiento entre diferentes genotipos) y luego, 2) evalúa estos nuevos genotipos para selec-

UNIDAD DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

039454

04 NOV. 1998

48530

1 cionar genotipos superiores en forma genéticamente estable y reproducible,  
2 que pueden ser propagados y entregados a los agricultores como nuevas va-  
3 riedades comerciales. El segundo proceso de evaluación y selección es ne-  
4 cesario ya que en el estado actual del desarrollo de la ciencia de la gené-  
5 tica, el control que se puede ejercer sobre el proceso de la creación de  
6 nueva variabilidad genética no es, de ninguna manera, perfecta.

7 De estos dos aspectos básicos del fitomejoramiento-- la creación y la  
8 evaluación de nueva variabilidad genética-- este último, es con mayor fre-  
9 cuencia la parte más difícil y costosa. Rara vez un fitomejorador no tie-  
10 ne la capacidad de crear más variabilidad de lo que tiene capacidad de eva-  
11 luar adecuadamente. La evaluación de genotipos no es un campo reservado  
12 al fitomejoramiento dentro del Programa de Pastos Tropicales. Al contra-  
13 rio, el trabajo básico de todo el Programa es evaluar y seleccionar entre  
14 un amplio rango de variabilidad genética natural a nivel de género, especie  
15 y genotipo, representado en la colección de germoplasma. Si existe alguna  
16 diferencia entre el fitomejoramiento y Agronomía de Forrajes, por ej., radi-  
17 ca en el hecho de que un proyecto de fitomejoramiento trabaja dentro de un  
18 menor rango de variabilidad genética ya que la creación de variabilidad me-  
19 diante cruzamiento está restringido prácticamente dentro de especies. Por  
20 ello, el fitomejorador tal vez necesite una metodología de evaluación más  
21 refinada.

22 Hay dos factores básicos que producen la variabilidad que se observa  
23 entre diferentes individuos de una misma especie; que son el factor genéti-  
24 co y el factor ambiente.

25 Todas las especies de plantas cultivadas abarcan mayor o menor rango  
26 de variabilidad genética; y es claro que diferentes genotipos sembrados en  
27 un mismo ambiente no se comportan igual, cuando se evalúan en condiciones

1 ambientales similares. Es igualmente claro que un mismo genotipo no se  
2 comporta igual bajo diferentes condiciones ambientales.

3 El hablar de la "evaluación de genotipos" no es del todo exácto ya  
4 que en realidad es imposible medir directamente el genotipo. Lo que si  
5 se mide directamente, o sea la expresión de determinada característica de  
6 determinado genotipo, en determinado ambiente es el llamado fenotipo que es  
7 el producto en mayor o menor grado de factores genéticos y factores ambien-  
8 tales.

9 Lo que se entiende por factores ambientales son, simplemente, todos  
10 esos factores que interyienen en la expresión fenotípica de una caracterís-  
11 tica que no son de origen genético.

12 Gran parte del trabajo de un fitomejorador es el tratar de minimizar  
13 el efecto variable de factores ambientales sobre el fenotipo para acercar-  
14 se lo más posible a una medida directa del genotipo verdadero. La variabi-  
15 lidad en el fenotipo debida a factores ambientales no está sujeta a la se-  
16 lección. Es solo cuando el fitomejorador llega a distinguir diferencias  
17 genéticas (a través del fenotipo) -diferencias no enmascaradas excesivamen-  
18 te por variabilidad ambiental -que puede realizar una mejora genética.

19 Hay básicamente dos maneras de disminuir el efecto variable de facto-  
20 res ambientales sobre la expresión fenotípica. Una es crear un ambiente  
21 más uniforme para la evaluación de los genotipos y la otra es repetir los  
22 genotipos bajo evaluación a través de ambientes.

23 Como ejemplo de la creación de un ambiente más uniforme, se puede  
24 considerar la evaluación de resistencia a enfermedades en ensayos de inver-  
25 nadero o de laboratorio. Reacción a una enfermedad de una serie de genoti-  
26 pos sembrados en el campo, puede ser muy variable debido a desuniformidad  
27 del inóculo natural o diferencias en condiciones de temperatura o humedad

1 relativa. En el invernadero se puede controlar mucho mejor las condicio-  
2 nes de temperatura, humedad, etc., además de la uniformidad de la aplica-  
3 ción del inóculo. Pero, siempre cuando se crea un ambiente uniforme, pero  
4 artificial, para probar genotipos, hay que asegurarse que las condiciones  
5 creadas se asemejan a las condiciones de campo. De nada sirve que se eva-  
6 lúen genotipos por resistencia a enfermedades en estado de plántula bajo  
7 condiciones controladas y uniformes en el invernadero si la reacción de  
8 plantas adultas en el campo es muy diferente.

9 La segunda manera de manejar el efecto variable de factores ambien-  
10 tales sobre la expresión fenotípica es mediante la repetición de genotipos  
11 a través de ambientes, o sea, el sembrar dos o más parcelas de cada genoti-  
12 po en un ensayo, o repetir ensayos de genotipos en diferentes localidades  
13 o diferentes años, o repetir un ensayo de genotipos bajo diferentes condi-  
14 ciones de fertilidad de suelo o manejo. Cualquier diferencia en el com-  
15 portamiento de un mismo genotipo o sea en su expresión fenotípica, de una  
16 parcela a otra en una localidad o en diferentes localidades representa di-  
17 ferencias debidas a factores ambientales. Y con la repetición de genotí-  
18 pos, éstas diferencias en la expresión fenotípica debidas a diferencias am-  
19 bientales, tienden a cancelarse y la expresión promedia de determinado ge-  
20 notipo a través de ambientes, tiende a aproximarse al valor real del geno-  
21 tipo. Además de lograr un estimativo más preciso del valor promedio de  
22 los genotipos, la repetición de genotipos en diferentes ambientes permite  
23 medir su reacción a diferentes condiciones ambientales. Pero, lógicamente  
24 la repetición de genotipos implica un aumento en el costo de la evaluación.  
25 El sembrar un ensayo de líneas experimentales en dos localidades, vá a cos-  
26 tar dos veces más de lo que cuesta sembrar en una sola. Siempre van a  
27 existir limitantes de orden económico que controlan la amplitud de repeti-  
ciones que sean factibles. Y uno tiene que determinar si el sembrar otra

1 repetición más, compensa su costo en términos del valor de la información  
2 adicional que proporcionaría.

3 El hecho reconocido de que un genotipo determinado se comporta de  
4 distinta manera bajo condiciones ambientales diferentes es en cierto sen-  
5 tido de poca importancia para el fitomejorador. Por ej., si se supiera  
6 que, de un grupo de cien líneas experimentales bajo evaluación, la línea  
7 23 es la mejor línea de todas, en todos los ambientes de interés, (aún sa-  
8 biendo que esta línea no se comporta igual en los diferentes ambientes),  
9 entonces la selección en base a un ensayo en un solo ambiente sería tan  
10 efectiva como la selección en base a cincuenta ensayos en cincuenta ambien-  
11 tes.

12 Desafortunadamente, rara vez el fitomejorador tiene tanta suerte.  
13 Es más común encontrar que el genotipo que sobresale en un ambiente no es  
14 el mejor en otro ambiente. Este es el fenómeno denominado INTERACCION  
15 GENOTIPO-AMBIENTE. Significa que el comportamiento relativo de una serie  
16 de genotipos cambia según el medio ambiente donde se siembren. Como ejem-  
17 plo sencillo, se pueden considerar tres ecotipos de una especie cualquiera  
18 y su reacción a una enfermedad en dos ambientes. Sembrados en el ambiente  
19 A, resulta que el ecotipo 1 es totalmente resistente, el ecotipo 2 muy  
20 susceptible, y el ecotipo 3 muestra cierto nivel de tolerancia que le per-  
21 mite persistir. Llevados los mismos tres ecotipos a una prueba en otro  
22 ambiente B, donde existen diferentes razas del patógeno, resulta que el  
23 ecotipo 1 es altamente susceptible, el ecotipo 2 altamente resistente, y  
24 el ecotipo 3 muestra un nivel intermedio de tolerancia. Qué hace el fito-  
25 mejorador frente a esta situación? Si prueba los tres ecotipos solamente  
26 en ambiente A seleccionaría el ecotipo 1. Si los prueba en el ambiente  
27 B, seleccionaría el ecotipo 2. Pero con ensayos en las dos localidades y

1 buscando el mejor ecotipo para los dos ambientes, el ecotipo seleccionado  
2 no sería ni el 1 ni el 2, sino el 3, que aunque no es totalmente resistente  
3 en ninguna de las dos localidades, de todas maneras tiene suficiente tole-  
4 rancia en ambas. Y serían diferentes los ecotipos seleccionados si se bus-  
5 cara el mejor para cada una de las dos localidades. Claro que esto es so-  
6 lo un ejemplo, donde la causa de la interacción genotipo-ambiente es obvia.  
7 En muchos casos donde se detecta una interacción genotipo-ambiente signifi-  
8 cativa, resulta difícil o imposible determinar los factores que la causan.

9 Por lo tanto, resulta obvio que los objetivos de un proyecto de fito-  
10 mejoramiento tienen que incluir alguna definición del rango de ambientes pa-  
11 ra los cuales se piensa obtener una variedad mejorada. Mientras más amplio  
12 sea el rango de ambientes, más difícil vá a resultar encontrar una línea  
13 adaptada a través de todo el rango de ambientes.

14 Se mencionó anteriormente que, en principio, el mejoramiento genéti-  
15 co de forrajés no es diferente del mejoramiento de cualquier cultivo anual.  
16 Sin embargo, sí hay diferencias muy importantes en la práctica y ahora se  
17 puede considerar los aspectos especiales del fitomejoramiento de especies  
18 forrajeras en general y del fitomejoramiento de especies forrajeras tropica-  
19 les.

20 Primero que todo hay que recordar que el trabajo de mejoramiento en  
21 pastos no está limitado a una sola especie como lo es un programa de mejo-  
22 ramiento de determinado cultivo. Al comienzo de un proyecto de mejoramien-  
23 to de pastos, el fitomejorador tiene que tomar una decisión que ya está de-  
24 cidida para el fitomejorador de cualquier cultivo y esta es la de seleccio-  
25 nar la especie que merece un esfuerzo de fitomejoramiento. Una especie bue-  
26 na puede ser mejor como está, que otra después de largos años de fitomejora-  
27 miento. Una especie que tenga algún problema (susceptibilidad a una enfer-

1 medad, por ej.), podría ser simplemente descartada si existe otra especie  
2 que la pueda reemplazar, en vez de tratar de corregir la deficiencia median  
3 te un costoso proyecto de fitomejoramiento. Esta opción de poder descartar  
4 especies enteras es, realmente, un lujo que no puede permitirse el fitome-  
5 jorador de otro cultivo como el maíz o frijol. En ciertas regiones del  
6 mundo hay ya especies forrajeras tan bien adaptadas y ampliamente cultiva-  
7 das que la situación es prácticamente la misma que para cualquier otro cul-  
8 tivo establecido. Pero, aquí en el trópico, estamos lejos de tener identi-  
9 ficadas definitivamente las especies, y en algunos casos los géneros. Con  
10 la continua colección e introducción de nuevo germoplasma, la lista de espe-  
11 cies "promisorias" está permanentemente sujeta a la posibilidad de modifica-  
12 ción.

13 Un importante limitante en un programa de fitomejoramiento de forra-  
14 jes es la casi imposibilidad de crear condiciones comerciales de producción  
15 en ensayos de muchos genotipos diferentes. Las condiciones comerciales pa-  
16 ra las cuales estamos buscando especies forrajeras son las de pasturas aso-  
17 ciadas, gramíneas con leguminosas, bajo pastoreo. La prueba de un cultivo,  
18 como maíz o frijol, puede generalmente hacerse en parcelas pequeñas donde  
19 puede medirse con suficiente precisión el rendimiento de grano y otras ca-  
20 racterísticas de importancia. Para pastos, al contrario, la prueba defini-  
21 tiva de una nueva variedad ni siquiera es el rendimiento de un producto de  
22 la planta sino de un producto animal. Y esto no se puede medir directamen-  
23 te en parcelas pequeñas. Para medir producto animal -- la última medida de  
24 la calidad de una nueva variedad de pastos -- se requieren parcelas grandes  
25 y esto limita el número de genotipos que se pueden evaluar directamente.  
26 Así que un programa de fitomejoramiento de pastos que fácilmente tenga capa-  
27 cidad de producir cientos y aún miles de líneas para probar, se vé forzado

1 a eliminar una gran proporción de estas líneas en base a características  
2 que solo están indirectamente relacionadas con el producto final. Además,  
3 este gran número de líneas tiene que evaluarse al principio bajo condicio-  
4 nes muy diferentes a las condiciones comerciales de producción de pastos.  
5 Generalmente, las primeras evaluaciones se hacen, como para cultivos anua-  
6 les, en surcos sencillos o parcelas pequeñas, con siembra en mono-cultivo--  
7 una gramínea o una leguminosa sola-- y bajo corte. En estas condiciones se  
8 pueden evaluar ciertas características agronómicas de las diferentes líneas  
9 tales como hábito de crecimiento, precocidad de floración, rendimiento de  
10 semilla, resistencia a insectos o enfermedades, rendimiento de materia se-  
11 ca, y calidad en base a pruebas de laboratorio (e.g. contenido de proteína,  
12 digestibilidad, etc). Y es en base a ésta clase de datos que se descarta  
13 la gran mayoría de las nuevas líneas, sin ni siquiera haberlas visto un so-  
14 lo animal. La pregunta clave es: ¿Qué tan buena es la correlación entre  
15 los datos agronómicos tomados en condiciones muy artificiales de surcos o  
16 parcelas pequeñas de mono-especie bajo corte, con el comportamiento en tér-  
17 minos de persistencia y rendimiento de producto animal, bajo condiciones  
18 comerciales de pasturas asociadas bajo pastoreo?

19 Hay características muy importantes de un pasto que son imposibles  
20 de medir al nivel de parcelas pequeñas. Ahora, es lógico pensar que cier-  
21 tas características medidas en parcelas pequeñas tienen mucho que ver con  
22 comportamiento bajo condiciones comerciales. Si una línea se vé suscepti-  
23 ble a cierta enfermedad en la parcela pequeña, se puede suponer que no vá  
24 a persistir tampoco bajo condiciones de pastura. Si una línea tiene baja  
25 producción de semilla puede descartarse con confianza, ya que es poco pro-  
26 bable que esta línea resulte ser un éxito comercial debido a lo difícil que  
27 es su propagación. Hay muchas experiencias que sugieren que los análisis



1 de laboratorio de calidad nutricional tiene buena -- pero no perfecta -- co  
2 rrelación con el comportamiento animal. En cuanto al rendimiento de mate-  
3 ria seca, hábito de crecimiento, o precocidad, por ej. características medi  
4 das en parcelas pequeñas, son pocos los datos que existen para establecer  
5 una correlación con comportamiento animal bajo condiciones comerciales.

6 Así que fitomejorador está obligado a descartar muchas líneas y seleccionar  
7 otras pocas en base a criterios que tienen validez en mayor o menor grado  
8 desconocida. Pero algún criterio de comportamiento de las líneas bajo con-  
9 diciones bastante diferentes a las condiciones comerciales si tiene que a-  
10 plicarse para reducir el número de líneas que pasan a pruebas bajo pasto-  
11 reo, porque sería simplemente una imposibilidad económica probar varios  
12 centenares de líneas potenciales bajo pastoreo en condiciones que apróxi-  
13 man a las comerciales.

14 En general, y a diferencia con los cultivos, los pastos se cultivan  
15 en un ambiente relativamente poco modificado. Es decir, se espera que los  
16 pastos crezcan con menos aplicación de fertilizantes, prácticamente sin  
17 ningún control de plagas ni enfermedades y generalmente sin riego. Además,  
18 los pastos son generalmente sembrados en suelos de mas baja fertilidad nati-  
19 va que los cultivos. Así, una línea seleccionada necesita mayor rango de  
20 adaptación y adaptación a condiciones más adversas que generalmente se re-  
21 quieren para una variedad mejorada de un cultivo. La necesidad de mayor  
22 rango de adaptación implica que la evaluación de las líneas experimentales  
23 debe ser más extensa de lo que se requiere para evaluar y probar líneas de  
24 cultivos. Y entre más extensa sea la evaluación, más costosa.

25 La gran mayoría de las especies forrajeras exitosas son perennes y  
26 tienen que persistir en la pastura a través del tiempo. La persistencia  
27 es una de las características más importantes en un forraje. Pero la eva-

1 luación de persistencia implica naturalmente la evaluación a través del  
2 tiempo, así aumentando el costo de la evaluación. Al mismo tiempo la eva  
3 luación adecuada en una especie perenne implica obligatoriamente que el  
4 progreso en el programa de mejoramiento sea, por naturaleza, más lento que  
5 para un cultivo anual.

6 El aspecto básico que distingue el trabajo en mejoramiento de es-  
7 pecies forrajeras tropicales del mejoramiento de cultivos o de forrajes  
8 en otras latitudes es el hecho de que el esfuerzo en pastos tropicales,  
9 tanto aquí en el CIAT como en otras partes del mundo, es relativamente re-  
10 ciente. Es significativo el hecho de que en los otros Programas en el  
11 CIAT -- yuca, frijol y arroz -- el fitomejoramiento ha sido, desde el co-  
12 mienzo, componente clave del esfuerzo mientras que, en el Programa de Pas-  
13 tos Tropicales es realmente muy reciente el esfuerzo que se ha hecho en el  
14 campo del fitomejoramiento y aún sigue siendo una parte pequeña del es-  
15 fuerzo global del Programa. El que trabaja con Pastos Tropicales, está  
16 frente a un vasto rango de material de valor potencial (pero en muchos ca-  
17 sos no totalmente conocido) a nivel de géneros, especies y la variación  
18 natural existente dentro de especies. Este material está en pleno proceso  
19 de ser coleccionado, introducido y evaluado. En algunas partes del mun-  
20 do hay especies y aun variedades de conocido valor. Pero aún en estos ca-  
21 sos siempre existe la posibilidad de que introducciones nuevas puedan reem-  
22 plazar variedades, y aún especies y géneros establecidos. Toca cumplir,  
23 pues una gran labor de evaluación de germoplasma introducido antes de que  
24 se deba pensar en montar un programa extenso en fitomejoramiento. Hay que  
25 identificar las especies más promisorias y los ecotipos individuales que  
26 mejor se comporten. Además, antes de emprender un proyecto de fitomejora-  
27 miento tienen que ser identificados los limitantes específicos de cada eco

1 tipo seleccionado y, entre toda la variabilidad existente en la especie,  
2 identificar cuáles ecotipos tienen las características especificadas requere  
3 ridas para mejorar los ecotipos seleccionados.

4 Con lo nuevo de los trabajos en pastos mejorados, sobre todo en las  
5 leguminosas tropicales en América Latina, existe realmente muy poca infor-  
6 mación sobre el comportamiento y los limitantes de variedades conocidas ba  
7 jo condiciones comerciales. No se puede, como lo puede hacer el mejorador  
8 de arroz o maíz, salir a coleccionar del agricultor, información sobre las ca  
9 racterísticas -- las ventajas y los limitantes -- de variedades comerciales  
10 establecidas. En muchas especies no se tiene ni siquiera un estándar de  
11 comparación a nivel experimental.

12 Como el fitomejoramiento se entiende como "mejoramiento" de alguna  
13 variedad ya establecida, es difícil, hasta cierto punto, hablar de "fito-  
14 mejoramiento" en este contexto. Como el material que estamos probando en  
15 muchas especies es nada más que introducciones directas de la naturaleza,  
16 puede resultar más fácil -y más efectivo -simplemente salir a coleccionar mas  
17 variación genética ya existente en la naturaleza que tratar de crear nue-  
18 va variación en un proyecto de mejoramiento.

19 Estamos en una situación única en comparación con la situación exis-  
20 tente en un cultivo establecido. Y es la de estar realmente en las prime-  
21 ras etapas de la misma domesticación de especies silvestres.

22 La condición prácticamente silvestre de muchas de nuestras especies  
23 forrajeras tropicales lleva otras implicaciones para el fitomejorador. La  
24 literatura existente sobre factores genéticos como el tipo de polinización  
25 (o sea si la especie es de autopolinización o de polinización cruzada), re-  
26 laciones genéticas entre especies (o sea potencial de intercambio genético  
27 dentro de especies y entre diferentes especies), métodos de cruzamiento, en-

1 tre otros -- factores de gran importancia para el fitomejorador -- es práctica-  
2 mente nula para muchas especies forrajeras tropicales. El fitomejorador  
3 tiene que obtener toda esta información antes de que pueda lanzarse a un  
4 proyecto de fitomejoramiento efectivo y eficiente.

5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27