

Mejora genética de la producción forrajera de la alfalfa.

Nuevas variedades para la Meseta Norte

FERNANDO HIDALGO MAYNAR y ANDRÉS MARTÍNEZ MARTÍNEZ

Asociación de Investigación para la Mejora de la Alfalfa.
(A.I.M.A.).—Barrio de Movera, 165.—50016 ZARAGOZA

RESUMEN

AIMA decidió, hace ahora unos 20 años, acometer la selección genética del ecotipo Aragón por ser esta alfalfa la más cultivada en España. El objetivo programado fue la mejora de su rendimiento forrajero, ya que su calidad nutritiva es excelente y no existen plagas ni enfermedades especialmente graves.

La gran variabilidad genética de este ecotipo y la deficiente adaptación de las variedades extranjeras fueron los motivos por los que se descartaron del proceso selectivo, al menos en principio, los cruzamientos intervarietales.

Se describen las tres líneas de mejora que hemos desarrollado para la selección de la alfalfa Aragón «per se», sus resultados y conclusiones.

Las dos mejores variedades que se han obtenido por este método son VICTORIA y CAPITANA, las cuales superan al ecotipo en un 8-9 %.

En 1975 se inició otro método de mejora basado en los cruzamientos intervarietales con el doble objetivo de superar esos resultados y crear unas nuevas variedades que se

adaptaran a las distintas áreas climáticas españolas, lo que en ambos casos requería la introducción de germoplasma de alfalfas precoces y tardías.

Con esta finalidad se programaron 4 líneas de selección diferentes, pero complementarias. Esto nos permitió obtener rápidamente nuevas variedades y al mismo tiempo desarrollar un método de selección de mayor nivel técnico que, aunque de más larga duración, es de mejores y más seguros resultados.

Estas líneas han dado como resultado la obtención de las variedades VERDAL, BARAKA, CAMPERA, ATREVIDA y SPRINTER que abarcan una amplia gama de precocidades suficiente para cubrir las necesidades de las diferentes regiones climáticas españolas.

Finalmente, se describen las características específicas de algunas de estas variedades mejoradas que nosotros consideramos las más adecuadas para su cultivo en la Meseta Norte española.

LA MEJORA DE LA ALFALFA ARAGÓN «PER SE»

Ahora hace unos 20 años, A.I.M.A. decidió abordar la mejora genética de la alfalfa Aragón dada su gran importancia para la agricultura nacional, pues con ella se siembra el 80 % de la superficie destinada a este cultivo.

Previamente comprobamos que en todas las zonas en donde se cultivaba esta alfalfa no existían problemas serios producidos por plagas de difícil control fitosanitario ni graves enfermedades que limitaran considerablemente su producción, siendo por otra parte su calidad nutritiva excelente.

Por todo ello, llegamos a la conclusión de que se debía acometer en primer lugar la mejora de su rendimiento forrajero, ya que es el factor de mayor interés agronómico.

Era razonable, al menos en principio, confiar en el éxito de los trabajos de selección para la mejora del rendimiento, pues al ser una población alógama natural aún no había experimentado por parte del hombre ningún proceso de selección científica y, por otra parte, mostraba a nivel de planta aislada una gran variabilidad en los caracteres agronómicos más importantes.

Al iniciar este programa de selección genética se descartaron los cruzamientos de la alfalfa Aragón con variedades ex-

tranjeras, pues si bien esto nos hubiera permitido incorporar una mayor variabilidad genética y conseguir una elevada heterosis, como contrapartida este material foráneo mostraba una deficiente adaptación al medio y en consecuencia muy escasa persistencia, según habíamos podido comprobar en los ensayos de adaptación y evaluación agronómica realizados con 250 variedades en el Centro de Zaragoza.

Simultáneamente a la iniciación de los primeros procesos de selección, comprobamos la gran variabilidad fenotípica de los principales caracteres cuantitativos y posteriormente, mediante ensayos de campo y los adecuados dispositivos experimentales, determinamos la heredabilidad en sentido lato del carácter producción de forraje; esto nos permitió conocer la varianza debida a causas genotípicas al poder separarla de la producida por los efectos ambientales y el error experimental.

El valor medio, calculado como promedio de cuatro determinaciones, para la varianza genotípica de la producción forrajera fue del 61 %, que es bastante alto, por lo que eran grandes las posibilidades de selección para el carácter rendimiento siempre que se consiguiera fijar en las descendencias los genes y alelos responsables de este carácter.

Sin embargo, los resultados de los numerosos ensayos para determinar la heredabilidad dieron valores próximos a 0, lo que nos indica que la varianza aditiva del rendimiento forrajero, que es la que se transmite a la descendencia en régimen de panmixia, es con toda seguridad muy pequeña. Esto demuestra que la simple elección de plantas superiores y la selección masal y sus variantes son sistemas ineficaces para la mejora de la producción forrajera.

Esta última conclusión la pudimos confirmar en la práctica por los resultados obtenidos con nuestras dos primeras variedades registradas: Aragón 44 (selección de poblaciones) y Ebro N.º 7 (selección masal), cuyos rendimientos son ligeramente superiores al ecotipo Aragón y hasta en algunos casos inferiores, debido a su menor espectro genético que restringe sus posibilidades de adaptación.

Basados en estos estudios iniciales y en las consideraciones de tipo agronómico y económico que hemos señalado, se ha desarrollado un programa de selección de la alfalfa Aragón «per se» basado en las pruebas de progenies para la obtención de variedades sintéticas e híbridas.

La ejecución de este programa ha tenido una duración apro-

ximada de 15 años debido a que, según nuestro criterio, para la más exacta evaluación de esta planta perenne se requieren como mínimo tres años de cultivo para todas y cada una de las distintas fases del proceso de selección.

Se desarrolló siguiendo tres líneas de mejora distintas y que describimos a continuación:

- La línea de mejora con la que se inició este programa es la más clásica y comprende la selección fenotípica de plantas superiores, la evaluación de sus progenies mediante las pruebas de aptitud combinatoria general y específica y la recombinación de las mejores plantas-madres en parcelas de policruzamiento para la obtención de variedades sintéticas.
- La segunda línea consiste en una primera fase de selección de las mejores líneas y plantas a través de un proceso de autofecundación durante tres generaciones; por este sistema se pretende eliminar genes deletéreos y concentrar y fijar los posibles genes mayores. En una segunda fase, con las plantas S 3 previamente seleccionadas, se realizaron los estudios de su aptitud combinatoria general y específica y, finalmente, con las plantas S 3 cuyas progenies habían dado los mejores resultados se obtuvieron una serie de variedades sintéticas e híbridas.
- Por último, la tercera línea, iniciada con posterioridad a las dos primeras, se programó a la vista de los resultados que se iban obteniendo en las mismas y también como consecuencia de los resultados de los estudios de heredabilidad de distintos caracteres, la correlación entre ellos.

En el curso de estos trabajos de mejora comprobamos la existencia del fenómeno denominado competencia intra-específica que consiste en que los incrementos del rendimiento forrajero conseguidos en los procesos de selección tienden a anularse cuando las variedades mejoradas pasan de la siembra en planta aislada a siembras realizadas a la densidad normal de cultivo.

Al mismo tiempo, pudimos constatar que los caracteres, altura de la planta y precocidad, son mucho menos afectados por la competencia intra-específica, y están positivamente correlacionados con el rendimiento y además tienen una heredabilidad bas-

tante alta. Visto que se dan estos factores favorables, iniciamos esta tercera línea de mejora basada en su selección conjuntamente con la del rendimiento.

La primera de estas líneas de selección ha dado como resultado la obtención de tres variedades sintéticas inscritas en el Registro Nacional: AIMA I, VICTORIA y CAPITANA. La primera de ellas tuvo que dejar de comercializarse debido a su baja productividad en semilla.

Las variedades VICTORIA y CAPITANA superan a la alfalfa Aragón en un 8 %, manifestándose su mayor rendimiento a partir del 2.º año de cultivo, llegando a obtenerse incrementos forrajeros de un 20 % en el 4.º y 5.º año de explotación. Son adecuadas preferentemente para cultivos de larga duración, en los regadíos de climas que permiten 5 a 7 cortes anuales, y, en estas condiciones, pueden sustituir ventajosamente a la alfalfa Aragón.

Con la segunda línea de selección hemos conseguido unos resultados poco sobresalientes en la mejora del rendimiento, lo que parece indicar que son escasas las posibilidades de éxito siguiendo este método de mejora. Las variedades experimentales obtenidas solamente han alcanzado, en el mejor de los casos, resultados similares a los logrados con la primera línea de selección. Como este proceso de mejora es mucho más lento de ejecución y de mayor complejidad técnica que el primero, hemos desistido, por el momento, de continuar los trabajos en esta línea.

Por último, la selección por altura de planta y velocidad de rebrote nos ha permitido obtener dos sintéticas experimentales destacadas en las que se ha conseguido aumentar la altura y la velocidad de rebrote, respectivamente. Sin embargo, la selección, según los ensayos previos, ha tenido unos efectos nulos o poco interesantes en el incremento de vigor esperado, dada la correlación existente entre estos caracteres.

Como consecuencia de estos trabajos hemos comprobado que, aunque la selección del carácter altura es eficaz y puede llegar a fijarse de forma satisfactoria mediante varios ciclos de selección, para obtener una variedad de superior productividad parece necesario combinar la selección por altura con cruces por plantas que tengan también una gran frondosidad y gran número de tallos, lo que parece difícil de conseguir dentro del propio ecotipo. Actualmente estamos trabajando en este sentido con nuestra variedad experimental Sintética XXI seleccionada por altu-

ra, pero los todavía incipientes trabajos no permiten establecer conclusiones definitivas.

Finalmente, por los resultados obtenidos con estas tres líneas de selección, es nuestra opinión que la mejora del rendimiento forrajero de un ecotipo de alfalfa utilizando exclusivamente su propia variabilidad genética y realizada en la propia zona de origen tiene pocas probabilidades de alcanzar incrementos superiores al 9 %, y aún esto, a costa de una posible disminución de su adaptación como consecuencia de tener una variabilidad genética más limitada que la del ecotipo.

LA MEJORA POR CRUZAMIENTOS INTERVARIETALES

Para intentar superar los incrementos del rendimiento forrajero que se han obtenido en el Programa de selección genética de la alfalfa Aragón «per se», iniciamos en el año 1975 otro método de selección basado fundamentalmente en la realización de cruzamientos intervarietales.

Esta decisión también estuvo motivada por la necesidad de crear nuevas variedades que nos permitieran mejorar los rendimientos de la alfalfa no sólo en las zonas en las que tradicionalmente se cultiva el ecotipo Aragón, sino también en las restantes áreas climáticas españolas. Para conseguir estos objetivos se deben obtener variedades con una amplia gama de precocidad, lo que exige la introducción en los procesos de mejora de germoplasma de alfalfas precoces y tardías, Medicago sativas y Medicago medias de muy distintos orígenes.

Como consecuencia de nuestros primeros trabajos pudimos comprobar que para conseguir incrementos superiores a los que habíamos alcanzado (8-9 %) mediante las tres líneas de selección anteriormente descritas, era necesario romper el equilibrio ecológico existente entre la población que constituye el ecotipo y su propio medio ambiente, equilibrio alcanzado tras un proceso de adaptación y selección natural operado a lo largo de varios siglos.

El procedimiento más directo para romper este equilibrio consiste en utilizar progenitores de diversos orígenes, por tanto genéticamente muy diversos, con los cuales se aumenta la variabilidad genética y es posible conseguir un mayor grado de heterosis y un nuevo equilibrio ecológico de la nueva población a niveles productivos más altos.

Este principio básico de la mejora genética no se había utilizado en nuestros primeros trabajos de selección debido, como ya señalamos, a que la alfalfa Aragón ofrecía posibilidades de mejora por tener una gran variabilidad, mientras que las 250 variedades extranjeras que habíamos ensayado demostraron una deficiente adaptación en el Valle Medio del Ebro.

Por tanto, al introducir en este nuevo proceso de mejora variedades extranjeras resultó necesario realizar previamente cruzamientos, fundamentalmente por la alfalfa Aragón, con la finalidad de obtener un material para selección dotado de un buen nivel de adaptación y persistencia, condición «sine quanon» para los progenitores.

Las nuevas variedades que se obtuvieran mediante estos cruzamientos intervarietales debían cumplir los siguientes objetivos:

- Producir una gran heterosis capaz de superar los problemas de la competencia y de la desfavorable evolución del vigor.
- Tener una amplia gama de precocidades capaz de cubrir las necesidades de la agricultura nacional, desde variedades de tipo precoz para las zonas más cálidas del Sur y Levante hasta otras de tipo tardío para las zonas frías de la Meseta Norte y Cornisa Cantábrica.
- Incrementar la precocidad para superar los «huecos» productivos del ecotipo Aragón, es decir, aumentar los rendimientos de los cortes de pleno verano y últimos de la temporada.
- Mejorar los primeros cortes y la resistencia a las heladas primaverales incorporando el gran vigor inicial y resistencia de las alfalfas de tipo flamenco y similares.

Antes de pasar a describir los métodos y trabajos que hemos desarrollado para alcanzar dichos objetivos debemos señalar aquí que los mecanismos de la herencia del rendimiento forrajero en la alfalfa, planta autotetraploide, son muy complejos y todavía mal conocidos.

En esta planta los procesos de selección se complican extraordinariamente debido a la formación en la meiosis de gametos diploides que impiden la libre asociación entre todos los alelos en la primera generación de síntesis. Por ello, incluso para

los fines prácticos de la mejora, se estima que la población que se obtiene de un cruzamiento solamente alcanza el equilibrio después de la 4.^a generación; es necesario manejar un mínimo de 400 individuos para tener todos los genotipos posibles y aún así las segregaciones extremas se producen con tan bajas frecuencias que es sumamente fácil perderlas durante los procesos de multiplicación.

A estos problemas, que son comunes a todas las plantas autotetraploides, hay que añadir los derivados de la dificultad de fijar y conservar el vigor en las variedades obtenidas, así como los producidos específicamente en la alfalfa por el fenómeno de la competencia intra-específica.

Para superar estas dificultades y enfocar con mayores conocimientos nuestro programa de cruzamientos intervarietales se estudió la heredabilidad de algunos caracteres agronómicos importantes mediante el ensayo en campo de tres cruzamientos (Moapa x Aragón, Du Puits x Aragón y Moapa x Du Puits) y de sus tres variedades progenitoras, con lo que se abarcó una amplia gama de las alfalfas cultivadas, desde las precoces hasta las tardías.

Los caracteres estudiados en este ensayo fueron la precocidad (medida por el rebrote primaveral, velocidad de rebrote y rebrote otoñal) y la persistencia.

Se encontró que los valores medios de estos caracteres en las progenies F 1 y F 2 son similares a los valores promedios de sus respectivos progenitores, lo que indica que tienen una heredabilidad bastante alta.

Los estudios de heredabilidad dieron los siguientes valores:

Heredabilidad del rebrote primaveral: 0,26.

Heredabilidad de la velocidad de rebrote: 0,21.

Heredabilidad del rebrote otoñal: 0,61.

Heredabilidad de la persistencia: 0,64.

A juzgar por estos resultados, el rebrote otoñal y la persistencia son altamente heredables pero, los intervalos de confianza (que indican los estudios estadísticos) son muy amplios; existen grandes diferencias entre las distintas progenies de un mismo tipo de cruzamiento, según sean los progenitores utilizados.

Se comprobó que la persistencia, que representa el grado de adaptación de una variedad al medio, es un factor dominante que se transmite con gran seguridad a las descendencias.

El rebrote otoñal tiene una heredabilidad similar a la persistencia, mientras que los caracteres rebrote primaveral y velocidad de rebrote muestran una heredabilidad más baja y no parece que se transmitan por mecanismos de dominancia sino más bien por un tipo de herencia cuantitativa.

Como consecuencia de estos estudios se confirmó que deben utilizarse en los procesos de selección unos progenitores que muestren una buena adaptación y que su precocidad sea la adecuada a la zona para la que se destina la nueva variedad.

Por último, la falta de homogeneidad de las progenies de un cruzamiento intervarietal impiden que el seleccionador pueda elegir «a priori» los progenitores, lo que exige que para cada cruzamiento se tengan que utilizar numerosos individuos de cada variedad para poder obtener los mejores resultados.

Por otra parte, nuestros estudios teóricos basados en la estructura genética de la alfalfa y la evolución de los coeficientes de parentesco y consanguinidad nos han llevado a la elección de un método de mejora que, pensamos, puede superar alguno de los problemas que hemos esbozado anteriormente como es la fijación del vigor.

Siguiendo las investigaciones realizadas por eminentes genetistas como Busbice, Demarly, Gallais, Guy, etc. y desarrollando a partir de estas teorías unas fórmulas matemáticas de la genética de poblaciones, hemos demostrado que se pueden obtener variedades superiores en rendimiento forrajero cuando se componen sintéticas mediante 7 ó más plantas F2 de buen vigor y orígenes muy diferentes.

Las variedades así obtenidas permiten conjugar un alto vigor inicial con su conservación e incluso incremento en la sucesivas generaciones que son necesarias para su multiplicación comercial.

Como la realización de este método de selección es de larga duración y muy difícil la obtención de dicho tipo de plantas F2, se decidió abordar la mejora por cruzamientos intervarietales según cuatro líneas de selección distintas, pero concurrentes, que nos permitieron conjugar la rapidez con la precisión técnica.

Estas cuatro líneas son:

- Obtención de nuevas variedades por cruzamientos entre variedades o entre plantas de origen extranjero previamente seleccionadas por su buena adaptación al medio y elevada productividad.

- Obtención de top-crosses, siendo uno de los progenitores ecotipo Aragón y el otro plantas seleccionadas de distintas variedades extranjeras o del propio ecotipo.
- Variedades sintéticas obtenidas por policruzamientos de híbridos intervarietales F 1, seleccionados por sus buenas características y por los resultados de las pruebas de Aptitud Combinatoria General.
- Variedades sintéticas compuestas por 7 ó más híbridos F 2, de orígenes muy variados, seleccionados por sus buenas características y por los resultados de sus progenies en las pruebas de Aptitud Combinatoria General.

El objetivo era disponer de unas nuevas variedades en el plazo de tiempo más breve posible, por lo que las primeras líneas son de ejecución poco elaborada pero podían dar resultados a corto plazo, mientras que la 3.^a y la desarrollada mediante plantas F 2 resultan de aplicar técnicas más científicas y controles de selección mucho más rigurosos que implican un proceso de obtención de larga duración.

Las 4 líneas de mejora se iniciaron simultáneamente, ya que, en cierta medida, las dos últimas se derivan del material y estudios realizados previamente para las dos primeras.

Obtención de variedades sintéticas a partir de variedades y plantas extranjeras seleccionadas

Los estudios para la evaluación agronómica de numerosas variedades extranjeras así como de las plantas más destacadas nos permitió realizar una serie de cruzamientos de las mejor adaptadas y más productivas por la alfalfa Aragón, que dieron como resultado la obtención de 4 variedades experimentales (V-3, V-4, Intervarietal A e Intervarietal V).

Las variedades de V-3 y V-4 se obtuvieron por el cruzamiento en polinización libre de plantas seleccionadas de Aragón y de algunas variedades extranjeras.

Por lo que respecta a la Intervarietal A y la Intervarietal V sus progenitores son la alfalfa Aragón y plantas seleccionadas de las variedades Magali, Mireille, Polesana, Prisca y Pleven.

Intervarietal A tiene como progenitor femenino la alfalfa Aragón por lo que como mínimo un 50 % de su sangre procede de este ecotipo y los progenitores masculinos fueron las alfalfas an-

teriormente citadas en porcentajes indeterminados pero próximos al 10 %.

La Intervarietal V tiene como progenitores femeninos las variedades anteriormente citadas y como masculino el ecotipo Aragón, siendo por tanto su composición genética aproximadamente de un 15 % de cada una de las variedades extranjeras y de un 25 % de la Aragón.

Los resultados obtenidos en los ensayos de evaluación demostraron que estas variedades son apropiadas para áreas de climas más fríos que el Valle Medio del Ebro, ya que sus precocidades son inferiores a las de la alfalfa Aragón, sobre todo la Inter-V.

Por un proceso de selección similar se obtuvo la Sintética XXVII compuesta por 5 híbridos; estos híbridos se obtuvieron por el cruzamiento de 5 plantas Aragón seleccionadas como progenitores masculinos por otras 5 plantas seleccionadas de origen egipcio, norteamericano e italiano, como progenitores femeninos.

Tanto esta variedad como las anteriores se ensayaron en la Meseta Norte y en el Litoral Cantábrico y, aunque algunas de ellas han dado buenos resultados, han sido superadas por nuestras más recientes variedades, por lo que no han pasado de la fase experimental.

Otra variedad distinta a las anteriores es la Sintética V, cuyo método de mejora es también similar pero con la importante diferencia de que la selección de plantas y el resto del proceso selectivo se ha realizado en el medio climático para el que se obtuvo.

Los trabajos de selección efectuados en La Bureba (Burgos), Arcaute (Alava) y una zona del interior de Guipúzcoa, nos permitió seleccionar un conjunto de plantas-madres muy bien adaptadas y de orígenes tan variados como Tierra de Campos, Ampurdán, Du Puits, etc.

La variedad obtenida por policruzamiento de estas plantas ha superado muy favorablemente las pruebas de rendimiento en Pre-Pirineo, Vascongadas, Palencia y Lugo por lo que ha sido inscrita en el Registro Nacional con el nombre de VERDAL.

Obtención de top-cross

Se han obtenido tres variedades experimentales por este sistema de mejora.

El primero de ellos fue un cruzamiento (M x A 10) x Aragón en el que se aprovechó como progenitor polinizador el ecotipo

Aragón, siendo el progenitor femenino la planta M x A 10 que es un híbrido Moapa x Aragón seleccionado por su gran productividad, adaptación y notable precocidad.

Este top-cross tiene una buena precocidad, pero sufre daños en las heladas primaverales por lo que resulta más adecuado para climas más cálidos que el del Valle del Ebro.

La segunda variedad de este tipo es el cruce (S 3 AV-109-53 x S 3 30-67) x Moapa en el que el progenitor femenino es un híbrido de dos plantas de Aragón de 3.^a generación de autofecundación, cuyo rendimiento en las evaluaciones realizadas había sido excepcional. La variedad Moapa actuó como progenitor masculino en polinización libre.

Su comportamiento es similar al del primero, es decir, con características de precocidad superiores a la alfalfa Aragón y por tanto más adecuado para climas más cálidos.

Por último, el tercero fue una recombinación del material parental de los dos anteriores con lo que se pretendía una mayor variabilidad genética, pero tampoco sus resultados han sido plenamente satisfactorios desde el punto de vista agronómico.

Como conclusión podemos afirmar que esta línea de selección no ha dado los resultados que de ella esperábamos; las tres variedades experimentales obtenidas muestran un grado de precocidad interesante para climas cálidos, pero aún en este sentido han sido superadas por otras variedades obtenidas por procedimientos de selección más rigurosos, por lo que se ha desistido de inscribirlas en el Registro Nacional.

Obtención de variedades sintéticas por híbridos F 1

Este proceso de mejora consiste en una fase inicial en la que se han efectuado cruzamientos entre plantas seleccionadas de variedades extranjeras destacadas y también con plantas sobresalientes de alfalfa Aragón.

Entre 1974 y 1977 se realizaron 128 cruzamientos F 1 y en 1981 se obtuvieron otros 6 híbridos con lo que se completó el ciclo de cruzamientos manuales entre las 18 plantas madres seleccionadas.

En 1981 se finalizaron, después de 4 años de cultivo, la evaluación agronómica de estos 128 cruzamientos F 1 (cada cruzamiento estaba representado por 60 plantas) con el estudio de diversos caracteres como la productividad, altura de planta y persistencia.

En los ensayos de evaluación de los cruzamientos F 1 se han seleccionado aquéllos que, tras 4 años de cultivo, mantienen una persistencia en planta aislada similar a la de la alfalfa Aragón y una producción forrajera superior, que en algunos casos llega hasta el 150 %.

De todo este material se han seleccionado 27 plantas con las que se establecieron 3 parcelas de policruzamiento en las que se obtuvieron en 1980 las variedades sintéticas experimentales XXVIII, XXIX y XXX.

Con la semilla recogida en estos policruzamientos se establecieron ensayos para la evaluación agronómica de estas 3 variedades, así como otros 4 ensayos para la determinación de la Aptitud Combinatoria General de los 27 clones constituyentes.

El diseño estadístico de estos ensayos es en bloques al azar y las progenies están sometidas a un régimen de competencia rigurosísimo para seleccionar con plenas garantías los clones de mejor comportamiento y en particular los de más elevado rendimiento y superior persistencia a nivel de densidad de cultivo agrícola.

En ellos se evaluó la producción de forraje, los rebrotes primaverales y otoñal, la persistencia y otros caracteres para la selección final de los mejores clones y la subsiguiente composición más depurada de las 3 nuevas variedades sintéticas intervarietales.

Como consecuencia de la finalización de los estudios de evaluación de las líneas F 1 y de las pruebas de A.C.G. se ha constituido una sintética formada por 7 híbridos intervarietales de mayor precocidad que la alfalfa Aragón y que la superan en producción de forraje en un 26 % de promedio.

Esta variedad es la Sintética XXVIII depurada que está dando muy buenos resultados en los climas cálidos superando a las variedades precoces actualmente cultivadas en España, por lo que esperamos que sea inscrita este mismo año en el Registro de Variedades con el nombre de BARAKA.

Asimismo se han obtenido las Sintéticas XXIX y XXX con material de menor precocidad que la Aragón la primera y de similar precocidad la segunda. Esperamos que sean inscritas en el Registro este año dados los buenos resultados que se han obtenido en los ensayos de evaluación en regadíos de zonas frías de la Península. Estas nuevas variedades se denominan, respectivamente, ATREVIDA y CAMPERA.

En 1982 se han obtenido otros 8 nuevos híbridos intervarietales.

les interviniendo como material parental las 8 plantas-madres más sobresalientes en sus cruces por alfalfa Aragón.

Estas 8 plantas se han cruzado con diverso material seleccionado de la alfalfa Aragón para ampliar la base genética de los híbridos anteriores, ya que en los cruzamientos primitivos siempre se había utilizado para todos ellos la misma planta Aragón.

Con este nuevo programa de cruzamientos se pretende reducir el posible efecto de consanguinidad en las futuras recombinaciones entre estos híbridos y, por otra parte, confirmar la validez de estos cruzamientos para asegurar un mayor vigor de las nuevas variedades que se obtengan.

La introducción en los híbridos F 1 de un material más diversificado de sangre Aragón para dotarlos de una mayor variabilidad genética, esperamos que nos permitirá obtener unas nuevas variedades de superior valor agronómico en un breve plazo de tiempo.

Variedades Sintéticas de plantas F 2

Con objeto de perfeccionar al máximo los procesos de selección se programó esta línea de mejora que consiste en la selección de material F 2 procedente de la autofecundación de los individuos más sobresalientes de los mejores cruzamientos F 1.

Cuando las nuevas variedades sintéticas, constituidas con material F 2 de base genética muy amplia, manifiestan en su generación de síntesis un alto vigor, hemos demostrado matemáticamente que los rendimientos se mantendrán e incluso se superarán en las sucesivas generaciones de multiplicación hasta obtener la semilla comercial.

Esta seguridad en la evolución favorable del vigor se debe a que las plantas F 2 seleccionadas como clones parentales de la nueva variedad tienen un coeficiente de consanguinidad de $1/6$ (suponiendo que el coeficiente de parentesco es 0 en el material F 1 del que proceden, ya que son híbridos intervarietales), descendiendo a 0,055 en la primera generación de síntesis y paulatinamente sigue descendiendo en las sucesivas generaciones, siempre que el número de clones de la variedad sea igual o superior a 7.

Por tanto, se trata de obtener 7 ó más plantas F 2 de orígenes muy diversos cuyas progenies en A.C.G. den rendimientos

superiores a la alfalfa Aragón, pues en este caso la nueva variedad mantendrá e incluso aumentará el rendimiento inicial.

Siguiendo este método se han evaluado hasta ahora 120 líneas F 2 y en 1985 continuarán en su tercer año de ensayo otras 22 progenies F 2.

Con las mejores plantas de las líneas F 2 más destacadas se establecerá una parcela de policruzamiento para obtener sus progenies y determinar su aptitud combinatoria general.

Con las 7 mejores plantas F 2 que superen con éxito las pruebas de A.C.G. se constituirá una sintética de base genética muy amplia y que permitirá conjugar un alto vigor inicial por heterosis con el mantenimiento de los rendimientos e incluso su incremento en las sucesivas generaciones de multiplicación hasta llegar a la semilla comercial. Está prevista su obtención para 1990.

Mientras tanto, en 1978 obtuvimos la primera variedad sintética por este proceso de mejora, aunque para la selección de los clones F 2 que la constituyen no se realizaron las pruebas de aptitud combinatoria general.

Esta variedad es la Sintética XXV que está compuesta por 4 clones F 2, dos de los cuales son cruces Moapax Aragón y los otros dos Du Puits x Aragón. Por tener como componente la alfalfa Moapa, esta variedad tiene una mayor precocidad que la alfalfa Aragón, aunque es algo más sensible a las heladas primaverales; se ha comprobado que tiene un gran interés para ciclos cortos de explotación en el Valle Medio del Ebro y además su adaptación y rendimiento son excelentes en las áreas más cálidas del Sur de España por lo que se ha inscrito en 1984 con el nombre de SPRINTER en el Registro Nacional de Variedades.

NUEVAS VARIEDADES PARA LA MESETA NORTE

En los regadíos menos fríos de la Meseta Norte en los que se cultiva de forma satisfactoria la alfalfa Aragón puede sustituirse ventajosamente este ecotipo por las nuevas variedades VICTORIA Y CAPITANA. Con ellas se consigue una mayor producción forrajera, especialmente en el primer corte del año, igual calidad nutritiva y una mayor persistencia del cultivo, que permite, en muchas ocasiones, mantener durante un año más la explotación económica del alfalfar.

Pero todavía más interesantes para esta zona de la Meseta

Norte son algunas de las nuevas variedades que hemos obtenido mediante el sistema de mejora por cruzamientos intervarietales. En estas variedades intervienen como progenitores plantas de alfalfas de tipo semi-tardío que se han seleccionado específicamente para las áreas de la Meseta Norte, Cornisa Cantábrica y Pre-Pirineo.

A continuación describimos sus características distintivas y algunos resultados de su evaluación agronómica.

Verdal

Variedad sintética obtenida con material genético de diversas procedencias, especialmente seleccionada para la Meseta Norte, Galicia, Cornisa Cantábrica y Sub-Pirineo.

El material parental se seleccionó en varios ensayos situados en Gupúzcoa, Rioja Alavesa y La Bureba.

Es una variedad especialmente apropiada para los secanos frescos donde supera en productividad y persistencia a las variedades de tipo flamenco.

En el ensayo de evaluación agronómica de Villafranca de Ordizia (Guipúzcoa) superó en un 20 % la producción de la alfalfa Aragón y en un 7 % la de la mejor variedad de tipo flamenco en el total de los cuatro años de cultivo.

En Palencia, en un ensayo realizado en el Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias, se situó en primera posición sobre 30 variedades en el primer año de control, superando en el conjunto de los dos primeros años de explotación en un 5 % al ecotipo local Tierra de Campos y en un 13 % a la media de los rendimientos de 7 variedades de tipo flamenco.

Esta variedad se clasificó primera en Puebla de Brollón (Lugo) sobre 25 variedades, superando en un 11 % a la alfalfa Aragón así como el rendimiento medio de 10 variedades de tipo flamenco; es de destacar que tanto en el primer año de control como en el segundo, fue la primera en este ensayo.

ENSAYO: Villafranca de Ordizia (Guipúzcoa).

Variedad	1 ^{er} año	2.º año	3 ^{er} año	4.º año	Media
Verdal	93(3)	102(5)	125(4)	125(4)	107
Aragón	78(3)	84(5)	102(4)	110(4)	90
Media 2 flamencas	100(3)	100(5)	100(4)	100(4)	100

ENSAYO: Puebla de Brollón (Lugo)

Variedad	1 ^{er} año	2.º año	3 ^{er} año	Media
Verdal	Implant.	108(4)	114(4)	111
Aragón	Implant.	94(4)	110(4)	100
Media 10 flamencas	Implant.	100(4)	100(4)	100

ENSAYO: Palencia.

Variedad	1 ^{er} año	2.º año	3 ^{er} año	Media
Verdal	Implant.	112(4)	113(4)+	113
Tierra de Campos	Implant.	107(4)	110(4)+	108
Aragón	Implant.	97(4)	121(4)+	107
Media 7 flamencas	Implant.	100(4)	100(4)+	100

() = N.º de cortes.

+ = No se pesó el 1^{er} corte, lo que pudo favorecer a la Aragón y perjudicar a la Verdal y flamencas.

Esta variedad está inscrita en el Registro Nacional de Variedades.

Campera

Variedad procedente de la recombinación de híbridos inter-varietales F 1 de tipo semi-precoz que han demostrado una buena adaptación, gran productividad y buena persistencia.

Es una variedad sintética compuesta por 7 clones procedentes de la selección de plantas de variedades de tipo semi-precoz cruzadas con material Aragón de valor contrastado.

Dada su composición genética, tiene una precocidad algo inferior a la de la alfalfa Aragón, pero la supera en rapidez de implantación y resistencia a las enfermedades de las hojas.

Variedad muy adecuada para un ciclo de explotación de 3-4 años y siembra primaveral en los regadíos frescos del Valle del Ebro y en los de ambas Mesetas.

En los ensayos de evaluación ha dado los siguientes resultados:

Ensayo	Produc. % sobre Ecotipo Aragón				Media
	1 ^{er} año	2.º año	3 ^{er} año	4.º año	
Alfranca III	114(4)	107(6)	99(7)	93(6)	102
Alfranca IV	109(4)	107(6)	Por evaluar		108
Movera	116(4)	112(6)	Por evaluar		113

Esta variedad será inscrita este mismo año en el Registro Nacional de Variedades.

Atrevida

Variedad procedente de híbridos intervarietales F1 de tipo semi-tardío los cuales han demostrado una buena adaptación, gran productividad y elevada persistencia.

Es una variedad sintética compuesta por varios clones híbridos que se obtuvieron de plantas seleccionadas de variedades de tipo semi-tardío cruzadas manualmente con material Aragón de valor contrastado.

Dada su composición genética, tiene un nivel de precocidad intermedio entre la alfalfa Aragón y las de tipo semi-tardío.

Variedad adaptada a los secanos frescos peninsulares tales como los de la Meseta Norte, Pre-Pirineo y en todas las estribaciones de los macizos montañosos en donde puede sustituir con ventaja a las variedades de tipo flamenco. Es también variedad muy adecuada para los regadíos de las zonas más frías de la Meseta Norte.

Los mejores rendimientos se obtienen cuando se siembra en los secanos de las zonas en las que su aceptable pluviometría permite obtener 3-4 cortes anuales o en regadíos en los que su integral térmica limita a 4 el número de cortes. Esto se debe a que tiene mayor persistencia que las variedades de tipo flamenco y a que supera claramente la producción de la alfalfa Tierra de Campos durante los primeros años de explotación.

A continuación se exponen los resultados obtenidos en unos ensayos de evaluación agronómica realizados en el secano fresco de Sos del Rey Católico, zona del Pre-Pirineo aragonés, y en Bell-Lloch (Lérida).

ENSAYO: Sos del Rey Católico.

Variedad	Produc. % sobre Ecotipo Aragón				Media
	1 ^{er} año	2. ^o año	3 ^{er} año	4. ^o año	
Atrevida	117(4)	135(3)	114(3)	116(4)	119
Variedad Flamenca	118(4)	125(3)	111(3)	110(4)	116
Tierra de Campos	118(4)	118(3)	114(3)	114(4)	114
Ecotipo Aragón	100(4)	100(3)	100(3)	100(4)	100

ENSAYO: Bell-Lloch

Variedad	Produc. % sobre ecotipo Aragón				Media
	1 ^{er} año	2. ^o año	3 ^{er} año		
Atrevida	117(5)	108(5)	Por evaluar		109
Ecotipo Aragón	100(5)	100(5)	Por evaluar		100

También esta variedad se está evaluando por el Registro Nacional y esperamos su próxima inscripción.

BIBLIOGRAFIA

- ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN PARA LA MEJORA DE LA ALFALFA. 1961-1983. Memorias Técnicas. Ed. AIMA. Zaragoza.
- BUSBICE, T. H. 1969. Imbreeding in synthetic varieties. *Crop-Science*. 9:601-604.
- BUSBICE, T. H. 1970. Predicting yield of synthetic varieties. *Crop Science*. 10:265-269.
- BUSBICE, T. H., HILL, R. R. and CARNAHAN, H. L. 1972. Genetics and Breeding Procedures. *Alfalfa Science and Technology*.
- DEMARLY, Y. 1963. Genetique des tetraploides et amelioration des plantes. *Annales de L'Amelioration des Plantes*. Vol. 13 N.º 4.
- DEMARLY, Y., GUY, P. CHESNEAUX, M. T. 1964. Analyses préliminaires de la compétition chez les luzernes. *Ann. Amel. Plantes* Vol. 14 N.º 2, 131-155.
- ELLIOTT, F. C., JOHNSON, I. J. and SCHONHORST, M. H. 1972. Breeding for forage yield and quality. *Alfalfa Science and Tecnology*.
- GALLAIS, A. 1968. Evolution de la vigueur des varietiés synthetiques tétraploides au cours des générations de multiplication. *Ann. Amel. Plantes* Vol. 18 5-15.
- GALLAIS, A. WRIGHT, A. J. 1980. A general approach to the concept of varieties. *Theor. appl genet*, 57, 81-87.
- GALLAIS, A. 1981. Quantitative genetics and breeding theory of autopolyploid plants. 4 th Eucarpia meeting of the Section Biometrics in Plant Breeding. «Quantitative Genetics and Breeding Methods», 189-216, 24 September, Poitiers, France.
- GUY, P., GENIER, G. 1967. Structure et evolution au cours des generations de multiplication et panmixie d'un hybride autotetraploide. *Ann. Amel. Plantes*. Vol. 17 N.º 3,277-290.
- GUY, P. 1980. La selection de la luzerne pour le rendement a Lusignan, Eucarpia, Kompolt, Hongrie, 1-18.
- HIDALGO MAYNAR, F. 1970. Variedades de alfalfa y sus áreas de adaptación en España. Ed. AIMA. Zaragoza.
- HIDALGO MAYNAR, F. 1979. Alfalfas para el futuro. *Agricultura*. Abril 1979. Madrid.
- MARTÍN MARTÍNEZ, A. 1976. Cruzamientos intervarietales de alfalfa para la obtención de clones superiores. Proyecto N.º 1.629 (Subvencionado por el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica). AIMA. Zaragoza.

SUMMARY

20 years ago, AIMA decided to take over the genetic breeding of the most cultivated alfalfa in Spain. The aim was to improve its forage yield provided that its nourishing quality is excellent and there is neither pests nor especially serious diseases.

As Aragón ecotype has a wide genetic variability and the foreign varieties showed deficient adaptation, intervarietal crossings were put aside at least for the moment.

There have been described three lines of genetic breeding that we have developed to select Aragón alfalfa «per se», results and the two best varieties: VICTORIA and CAPITANA, which surpass the ecotype at about 8-9 %.

In 1975 it was started another method of selection, based in intervarietal crossings in order to excell those results and create varieties that could adapt themselves to the different Spanish climatic areas, which required the introduction of germoplasm from early and late alfalfas.

For this purpose there were developed four different but complementary lines of selection. This allowed us to obtain new varieties quickly and at the same time to realize a new method of selection of higher scientific level though longer lasting but with better and more sure results.

This way there have been obtained varieties such as VERDAL, BARAKA, CAMPERA, ATREVIDA, SPRINTER, that include a sufficient range precocities for covering all necessities of the different climatic Spanish regions.

Finally we describe the specific characteristics of the improved varieties that we consider most suitable to grow in the Spanish «Meseta Norte».