

MEJORA DEL ARROZ: CRITERIOS Y ORGANIZACIÓN

RAFAEL BALLESTEROS MURILLO
Departamento del Arroz.
I.V.I.A. Valencia

Mi intención es dar una idea del desarrollo del trabajo en un centro de mejora que utilice métodos tradicionales y que disponga de medios limitados. El proceso que culmina en la obtención de una variedad es largo y minucioso y consiste básicamente en una cadena de decisiones basadas en las observaciones realizadas y en los datos recogidos. El modo de realizar estas observaciones, es decir, las condiciones en que se ensayen las variedades cuando y cómo se realicen estos ensayos, es decisivo para su eficacia. Esta labor se desarrolla normalmente en un contexto donde los medios humanos, técnicos y económicos disponibles imponen limitaciones difícilmente salvables al número de cruzamientos, plantas de cada generación, parcelas de ensayo, test, etc. permisibles.

Un plan de mejora tiene unos objetivos básicos. En el caso del Departamento del Arroz del I.V.I.A. hay básicamente dos frentes distintos. Por un lado se busca obtener un arroz de grano medio o semilargo adecuado al mercado interior y por otro un arroz de grano largo B, el impropriadamente llamado tipo *índica*, adecuado al mercado europeo. En ambos casos la producción, la resistencia al encamado, el rendimiento en granos enteros en la elaboración, la adecuación de la longitud del ciclo al clima, una resistencia al frío suficiente, así como a algunas enfermedades, un tipo de planta de hojas erectas que aprovechen la luz, son requisitos básicos para el éxito de una variedad. Para conseguir esto en la mejora clásica se intenta reunir en una nueva variedad las cualidades favorables de otras variedades ya existentes.

El proceso a seguir varía mucho en método y detalles de unos centros a otros. Así en los distintos centros de mejora europeos se utilizan soluciones muy distintas en algunos aspectos de la organización del trabajo.

Tomemos como ejemplo un problema básico, el de observar las plantas de una

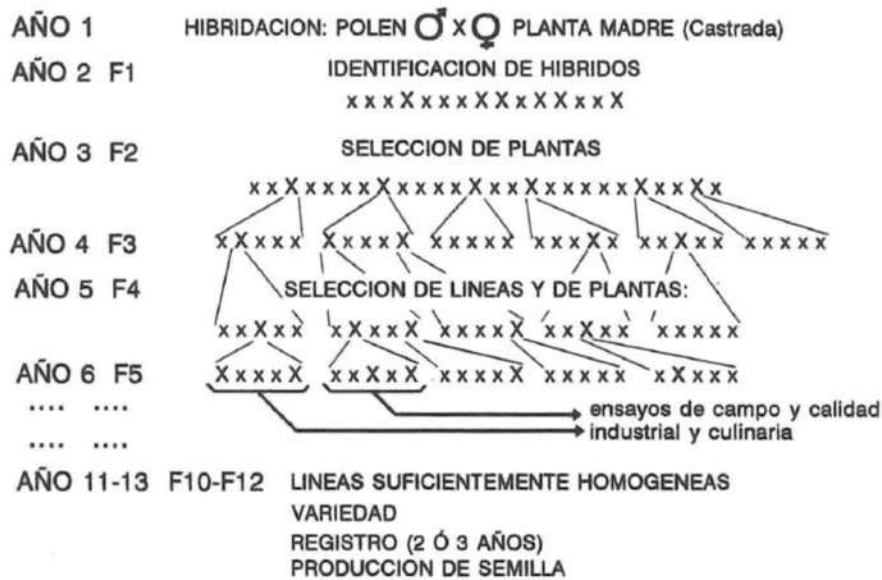
F2 o una F3 en condiciones equitativas de modo que los datos a observar reflejen diferencias genéticas y no de trato recibido. Hay que tener en cuenta que el arroz responde de modo muy sensible a la disponibilidad de espacio. Una misma planta podría producir 4 g. ó 500 g. según la distancia a las plantas que la rodean, el abono disponible, etc. Por lo tanto, la equidistancia es fundamental. La solución más sencilla es cultivar las plantas por trasplante, pero esto introduce una desviación respecto al método por el que luego serán cultivadas. En Francia para poder sembrar plantas regularmente separadas, pegan los granos en tiras de papel que luego colocan en el campo a modo de siembra. Se adopte el método que se adopte, el nuestro es un trasplante temprano, no da igual una distancia que otra y aquí volvemos a encontrar métodos y hasta objetivos casi opuestos. En Grecia las plantas se ponen muy distantes de modo que no exista competencia y se vea la capacidad de la planta de aprovechar esa situación favorable. Tiene la ventaja de proporcionar más semilla procedente de una sola planta, lo que facilita su utilización en ensayos o evaluaciones de laboratorio. Es evidente que las mayores producciones individuales dependerán sobre todo del ahijamiento y que, en consecuencia, se está observando la planta en una situación muy distinta de la de fuerte competencia en que se encontrará en una siembra directa. Nosotros utilizamos una densidad de 14 plantas por metro cuadrado, densidad en la que existe competencia entre plantas y en la que por otra parte se manifiesta su capacidad de ahijamiento y se obtiene una cantidad de semilla razonable. Existen trabajos en la dirección de buscar plantas de mínimo o nulo ahijamiento. La idea detrás de esto es que la producción y la calidad óptimas se conseguirán en siembra directa con plantas que cada una sólo aporte una buena espiga. El ahijamiento tiene defectos, especialmente la desigualdad en la maduración de los granos lo que, según veremos más adelante, favorece las roturas en el molino. Por otra parte, el ahijamiento es una salvaguarda contra una mala germinación que

deje el terreno escasa e irregularmente cubierto de plantas.

Supongamos que vamos a tratar de obtener una variedad por el método genealógico y veamos qué tipo de problemas y decisiones se nos plantean. En todo

momento procuraremos subrayar que el sentido práctico y la economía de los recursos disponibles son tan importantes, para guiar la asignación de espacio, eliminación de material, etc, como la necesaria base científica.

Figura 1. Obtención de variedades por el Método Genealógico.



Podemos dividir el proceso en varias fases. La primera fase incluye la realización del cruzamiento y el cultivo de los granos obtenidos y se completa con la identificación de las plantas híbridas.

La elección de progenitores ya tiene implicaciones económicas, si cruzo dos variedades muy distintas, y en las que una de ellas se aleja bastante del tipo buscado, necesitaré manejar poblaciones más amplias dada la mayor frecuencia de plantas con características indeseables.

El arroz es una planta autógena y por tanto habrá que castrar la planta que va a hacer de progenitor femenino antes de polinizarla. Hay varios métodos desde el clásico de tijeras y pinzas, a la inmersión en agua caliente o el uso de un castrador de vacío diseñado por el IRRI que succiona las anteras y que es el que nosotros utilizamos. El momento en que se realice la castración es importante porque deberemos adelantarnos a la autofecundación de la planta madre.

Como la autofecundación se produce en un cierto porcentaje de casos, habrá que identificar las plantas que realmente son híbridas o perderíamos el tiempo cultivando como F2 granos de una variedad ya existente. La dificultad de esta identificación puede ser muy diferente dependiendo del progenitor que se utilice como madre. Supongamos que de las dos variedades que queremos cruzar una tiene ápice rojo y la otra ápice no pigmentado. Deberíamos coger ésta última como progenitor femenino porque así las plantas híbridas serán fácilmente identificables por tener el ápice rojo. De hacerlo al revés, todas tendrán el ápice rojo y habrá que buscar otras diferencias entre las plantas híbridas y las que proceden de la autofecundación de la variedad utilizada como madre.

Con el cultivo de la F2 entramos en una nueva fase, en la que ya nos encontramos con la necesidad de aplicar criterios de selección a nivel de planta y de empezar a aplicar un sistema de identificación, regis-

tro de datos y archivo del material seleccionado. Durante el curso describiremos los métodos de numeración de plantas y registro de datos seguidos en el Departamento del Arroz del I.V.I.A.

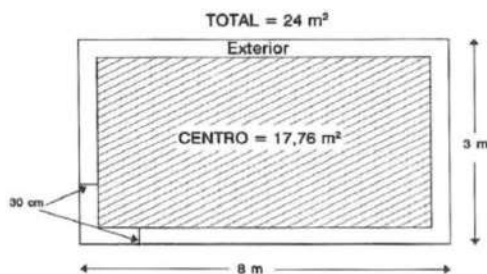
En la selección en las generaciones bajas, la clave es la heredabilidad del carácter seleccionado, así como si su expresión a nivel de planta individual es fiable. Por ejemplo, el tamaño de grano o la altura de planta pueden servir de base para una fuerte selección, en cambio, la producción de una planta no es un indicio claro de cual pueda ser la producción de una parcela cultivada con sus descendientes y por tanto no conviene como base prioritaria de eliminación.

En generaciones sucesivas, como consecuencia de la mayor homogeneidad de las descendencias de una planta, el énfasis de la valoración se va desplazando de la planta individual a la línea, sin dejar de ejercer dentro de cada línea la selección individual.

Una nueva fase se producirá cuando al alcanzar un cierto nivel de homogeneidad, por ejemplo, a partir de la F5, podamos empezar los ensayos de producción.

Debemos considerar dos aspectos de estos ensayos: En primer lugar debemos cuidar que el material ensayado se corresponda con el que se está conservando bajo selección. Supongamos que tenemos por ejemplo 20 plantas de una línea y elegimos 2 para el año siguiente y que, para tener semilla para un ensayo de campo necesitamos utilizar 10 plantas. En ese caso deberemos procurar no sólo incluir las 2 elegidas, reservando un poco de semilla por seguridad, sino elegir las otras 8 en función de su mayor parecido con las seleccionadas que serán las únicas que tendrán continuidad y por lo tanto las que deberían realmente evaluarse. En segundo lugar, cualquier ensayo mal realizado puede dar una información sesgada y llevar a graves errores de selección. Por ejemplo, al valorar los resultados de una parcela pequeña hay que tener presente que, al ser el arroz tan sensible al espacio extra disponible, los pasillos pueden hacer que la aparente producción por hectárea de la parcela sea mucho mayor de lo que sería en una parcela grande, así que, si no podemos permitirnos la complicación de recoger sólo el centro de la parcela, deberemos basarnos más en la comparación con el testigo que en las cifras absolutas.

Figura 2. Distribución de la producción según la ubicación dentro de la parcela elemental



	EXTERIOR	CENTRO	TOTAL	Centro/Total
GENIA	12.976	10.614	11.228	95 %
LEDA	14.485	8.827	10.298	86 %
L-202	12.019	8.744	9.596	91 %

El control crítico de las limitaciones de los ensayos corresponde a la estadística, que no debería verse como un conjunto de recetas a aplicar para realizar ensayos, sino como la demostración de lo fácilmente que cometeremos errores si no somos conscientes de la fuerte influencia que ejercen factores no controlados sobre los resultados de nuestros ensayos y el medio de controlar y valorar la fiabilidad de nuestros ensayos. Tener esto claro es especialmente importante cuando los medios disponibles no permiten la realización de abundantes repeticiones. A falta de ellas, deberemos dar a algunos de nuestros resultados un valor relativo, pendiente de confirmación, y tener una cierta prudencia en la eliminación de las líneas cuyos resultados no han sido completamente satisfactorios. Por otra parte, dicha

prudencia tiene el costo de demorar la reducción del material manejado lo que, dadas las limitaciones existentes, impide incorporar nuevos cruzamientos con poblaciones de tamaño adecuado. Así que, una vez más, será necesario tomar una decisión pragmática dictada por las posibilidades económicas.

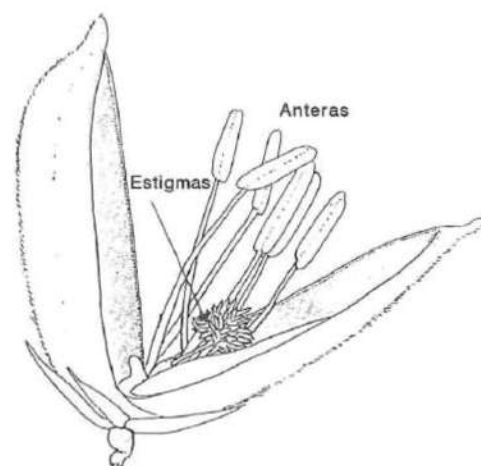
Otro aspecto que me parece necesario subrayar, en estas fases de evaluación del material, es que en trabajos de mejora no siempre se pueden aplicar los medios científicos y técnicos más perfectos disponibles. La gran cantidad de material a evaluar exige métodos rápidos no muy costosos y que no requieran muestras muy grandes dado que, a nivel planta, el material disponible es a veces muy limitado. Por tanto en mejora hay que conformarse muchas veces con métodos menos precisos. Estos métodos pueden ser eficaces si sirven para orientar la presión selectiva en la dirección adecuada, es decir, en definitiva, nos permiten aumentar las probabilidades de obtener variedades con las características buscadas, o parte de ellas, en un grado suficiente para resultar de interés práctico para el agricultor. Este carácter pragmático distingue en general al mejorador del genetista puro o del investigador de laboratorio.

Como un ejemplo claro de esta diferencia podemos considerar la evaluación de las roturas del grano de arroz en la elaboración industrial. Si cultivamos una parcela para evaluar la producción de una línea, la cosechamos cuando podemos y llevamos una muestra a un molino de laboratorio, el dato que obtengamos puede ser muy poco fiable. La influencia del clima y del momento de la recolección en la fragilidad del grano es muy grande y por tanto caben muchos errores si tomamos como base de decisión los resultados así obtenidos.

Las roturas provienen en su mayor parte del fisuramiento del grano previo a

su elaboración, fisuramiento que se produce cuando el grano, cuyo contenido de humedad ha bajado como parte de su proceso de maduración, vuelve a ganar humedad como resultado de las circunstancias ambientales. Esta recuperación de humedad se produce cuando la humedad ambiental supera a la humedad de equilibrio del grano. La humedad de equilibrio depende de la temperatura pero sobre todo del contenido de la humedad del grano. De modo que para un grano con un contenido de humedad del 20 % a una temperatura de 24°C, la humedad de equilibrio es del 94,5 % y por tanto raramente se darán circunstancias ambientales que le hagan recuperar humedad; cuando el contenido de humedad del grano haya bajado al 14 %, la humedad de equilibrio a esa misma temperatura será del 75 % con lo que el grano estará sometido a un ciclo diario de ganancia y pérdida de humedad según la humedad ambiente sea superior o inferior a la de equilibrio. Las ganancias de humedad originan fisuras que en el molino harán que el grano se rompa.

Figura 3. Floración de la espiguilla de arroz



Antesis: 1-2, 5 horas
 Espiga: 7-10 días para todos los granos
 Polen: 5 min, fuera de antera
 (sumergido 7 min. en agua a 43 °C pierde fertilidad)
 Autofecundación: Aprox. 99 %
 (Al abrir el grano o antes)

Debe además tenerse en cuenta que los distintos granos de una planta no maduran sincrónicamente, en especial si proceden de un fuerte ahijamiento que ha llevado a un espigado escalonado dado que el período de floración a maduración tiende a ser bastante constante para los distintos granos.

Por todo esto, el momento en que se recoja la muestra a evaluar será decisivo en relación con su rendimiento en granos enteros. Una expresión de las diferencias entre líneas y variedades requiere un trato por igual hasta donde sea posible, porque el clima no lo podemos controlar y afectará de manera distinta a las variedades según sean tempranas o tardías. No nos podemos extender en detallar las precauciones y complejidades que son necesarias para poder hacer una valoración de esa carácter en un trabajo de ciencia básica, digamos simplemente que incluyen, entre otros detalles, una recolección temprana, para evitar las diferencias debidas a los cambios climáticos que, como hemos visto, no afectan apenas al grano mientras su contenido de humedad es elevado, seguida de un secado artificial hasta un nivel prefijado. Después se someten las muestras a un stress controlado por rehumidificación seguido de un nuevo secado antes de proceder a la elaboración. En mejora, nos tendremos que conformar con una simplificación de esos métodos que mantenga una correlación aceptable con el método científico y que nos sirva para nuestros fines pragmáticos de eliminar las líneas frágiles e identificar las de buen rendimiento en granos enteros. Habrá que procurar que las líneas a comparar reciban un trato igual, pero no un trato óptimo, o todos los resultados sería buenos, ni tampoco exageradamente duros, o todas darían mal resultado, sino más bien lo que podríamos llamar una tortura controlada. En algunos países toman una muestra a madurar y otra una semana más tarde y se ve como ha afectado esta demora de la recolección a las roturas en molino.

Pero no nos basta con resolver del mejor modo posible el problema de la eva-

luación de líneas sino que aspiramos a poder valorar plantas individuales. Como no podemos destruir el material de mejora para valorarlo mejor, necesitaremos métodos aplicables a muestras muy pequeñas. Estos métodos serán menos perfectos que los que podrán realizarse en generaciones posteriores, cuando las líneas vayan siendo homogéneas, pero serán preferibles a no seleccionar por estas características hasta más adelante. Si no, nos encontraremos alguna vez con una línea excelente con el único y grave defecto de romper en exceso en la elaboración y entonces lamentaremos no haber explorado, varias generaciones antes, las diferencias que en este aspecto presentaban las plantas que en los demás caracteres podían considerarse como básicamente equivalentes.

Los métodos que nos permitan basarnos en muestras pequeñas pueden surgir de varios frentes. En primer lugar, podemos realizar una adaptación, imperfecta pero aceptablemente eficaz, de los métodos que usamos para muestras mayores. Un molino normal de laboratorio trabaja con muestras de 100 g, pero puede dar resultados aceptables con muestras de 20 g. Esto, por supuesto, lo hemos sometido antes de usarlo a un estudio estadístico para ver la fiabilidad de los resultados y su correlación con los de una muestra de tamaño normal. Si necesitamos usar muestras de sólo 5 g, que el molino no puede manejar correctamente, siempre es posible mezclar 5 g con 20 g de un tipo de grano completamente distinto y luego, una vez elaborado el conjunto, separar manualmente los granos enteros procedentes de los 5 g. Esto no nos permitirá estimar con precisión el porcentaje de enteros que produciría una muestra mayor, pero si nos sirve para comparar unas plantas con otras y elegir las que rompan menos con una base objetiva.

Otra solución al problema puede venir de la aparición de molinos especializados en la elaboración de muestras pequeñas que nos libere de recurrir al procedimien-

to de mezcla antes descrito. Molinos adecuados para elaborar muestras de 5 g. ya se fabrican en Japón.

Por último, la solución ideal podría venir del descubrimiento, por parte de los científicos que realizan investigación básica, de alguna correlación satisfactoria con otra característica física o química analizable por métodos rápidos de laboratorio que requieran poco material. ese día no parece estar tan cercano como deseáramos.

En resumen, esperamos haber dejado claro que, en su trabajo, el mejorador debe tomar constantemente decisiones prácticas para las que lógicamente desea basarse en ensayos y test objetivos cuya precisión y número tendrá que ajustar a los medios técnicos y económicos de que dispone. Dichos métodos deben permitirle observar el material en las mejores condiciones posibles, tanto de claridad de expresión de las cualidades buscadas como de condiciones equitativas para

todo el material evaluado. Sólo así podrá identificar las plantas y líneas que poseen dichas cualidades y a su vez, eliminar cuanto antes aquellas plantas en cuya descendencia es poco probable que dichas cualidades aparezcan, por lo que resultaría poco rentable asignarles un tiempo y un espacio que en la realidad siempre escasean.

La última fase de la mejora, que se superpone con la parte final de la evaluación, es la de comprobar la estabilidad genética de la líneas que consideramos dignas de ser difundidas y la preparación de las descripciones, que junto a semilla para los ensayos, debe acompañar a la solicitud del registro oficial de la variedad. Si, después de al menos dos años de ensayos, la variedad es legalmente aceptada entramos en la fase de difusión entre los agricultores, fase no exenta de dificultades y en la que no siempre una buena variedad encuentra la acogida que merece.