

## INVESTIGACION Y RENDIMIENTO EN TRIGO EN CHILE<sup>1</sup>

### Research and wheat yield in Chile

René Cortázar S.<sup>2</sup>

#### SUMMARY

The increase of wheat yield in Chile could not have been possible without an adequate research. If research stopped, there would probably be a rapid decrease of the yield. As an example, it can be noted that the average useful life of a wheat cultivar in Chile is less than 5 years.

Information about the effect of research in the improvement of the main practices is presented. An analysis of the changes in: cultivar; crop rotation; fertilization; date of sowing; weed, diseases, and insect control; irrigation; and tillage methods is presented.

The average yield per hectare, from 1945 to 1989 is presented. In the period 1945-49 it was of 12.1 quintals/hectare, in 1984-89, it was 27.4. So the increase was of 126%. But the increase was not steady through the years. The increase from 1945-49 to 1965-69 was 37.2%, from 1965-69 to 1980-83 it was only of 1.8% and in the period 1980-83 to 1984-89, 62.1%.

An analysis of the factors that explain the different speeds of progress in the three periods that were considered is discussed.

In order to analyze the effect of research in the yield per hectare the average yield of the country in the period 1945-49 and 1989 were compared. The price of wheat was higher in 1945-49 than in 1989. The interest rates were negative in the first period while in 1989 they were 10%. The yield in 1945-49 was 12.1 qqm/ha while the yield in 1989 was 32.7. The increased yield in 1989 is due to the better technology provided by research.

**Key words:** wheat, production, price, interest, fertilizers, agronomic factors.

#### INTRODUCCION

Los objetivos de este trabajo son determinar el efecto de la investigación en el mejoramiento de la producción de trigo y analizar los factores que influyeron en los cambios de rendimiento y superficie cultivada en el período 1945-1989.

Para analizar el efecto de la investigación en el mejoramiento de la producción de trigo, es conveniente considerar previamente qué ocurriría si no existiese la investigación.

Si se detuviese la investigación, habría una baja importante en los rendimientos, ya que, en promedio, la vida útil de un cultivar en Chile no supera los 5 años. Por lo tanto, es necesario reemplazar cada año algunos cultivares, por pérdida de características importantes (resistencia a enfermedades, tendadura, etc.) o por la generación de otros mejores.

En relación con el control de malezas, se han producido cambios importantes con la respuesta a los herbicidas: el uso del 2,4D (muy efectivo contra las malezas de hoja ancha), ha permitido el desarrollo de gramíneas, contra las cuales no es efectivo. En el caso de los insecticidas y fungicidas, aparecen formas resistentes de los patógenos, obligando a reemplazarlos por otros más eficientes.

En resumen, la falta de investigación no permitiría la estabilización de los rendimientos a su nivel actual y, por el contrario, se notaría una fuerte caída en ellos, en muy poco tiempo.

<sup>1</sup>Recepción de originales: 3 de octubre de 1989.

Trabajo presentado en el XL Congreso Anual de la Sociedad Agronómica de Chile, Valparaíso, 1989.

Basado en los ensayos del Programa Trigo de la Estación Experimental La Platina.

<sup>2</sup>Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

Siendo éste el principal problema de la zona, se trabajó intensamente para entregar cultivares resistentes. En los últimos 25 años esta enfermedad no ha tenido importancia económica, en los trigos de esta zona. A pesar de ello, se sigue trabajando, pues constantemente algunos cultivares resistentes se hacen susceptibles, debido a la aparición de nuevas formas del patógeno. Gracias al empleo de una gran diversidad de cultivares en la zona, con diferente tipo de resistencia, no se producen las epifitias que ocurrían anteriormente.

Los trabajos de mejoramiento también han entregado cultivares resistentes a *P. recondita* y *P. striiformis* a lo largo del país, lo que ha reducido la inseguridad en los rendimientos.

Una enfermedad que no existía en el país hasta el año 1970, el virus del enanismo de la cebada (VEAC), produjo ciertos daños económicos en 1973, pero, en el año 1975, las pérdidas en la Estación Experimental La Platina (INIA), fueron superiores al 30%, en promedio, considerando más de 1.000 cultivares en estudio (Cortázar, 1987). En las siembras del llano central regado, las pérdidas fueron superiores, pues el principal cultivar era muy susceptible a esta enfermedad. En los secanos de la costa, los daños fueron muy inferiores a los señalados, comparando los mismos cultivares (Cortázar, 1984).

Frente a este grave problema, se efectuó una fuerte selección en el material disponible, encontrándose cultivares que, aunque no totalmente resistentes, mostraron una buena tolerancia. Este cambio, redujo la importancia de la enfermedad; en la Estación Experimental La Platina las pérdidas, en promedio, se redujeron a un 17% en 1976 y 1977, para declinar posteriormente, siendo en los últimos años de muy poca importancia. Un comportamiento similar se ha observado en las siembras comerciales (Cortázar, 1988; Herrera y Quiroz, 1983). Sin embargo, los trabajos de mejoramiento para tolerancia al virus siguen activamente, por la posibilidad que se pueda presentar nuevamente en forma epidémica.

**Calidad industrial y alimenticia.** A pesar que, por muchos años en Chile, no había demanda por calidad de los trigos, el programa de mejoramiento (del Ministerio de Agricultura primero y posteriormente el INIA), se preocupó de la selección, del mejor material para la fabricación de pan o fideos. Por esta razón, todos los segregantes e introducciones son analizados por esta característica y sólo se entregan cultivares que tengan una calidad aceptable, tanto industrial como alimenticia, con mayor contenido y mejor calidad de proteína.

Se ha dado gran importancia a la selección para alto peso del hectolitro, ya que esta característica está asociada con la mayor producción de harina y, además, es

uno de los factores importantes en el precio pagado por el cereal. Todo cultivar que tenga bajo peso de hectolitro es eliminado, aunque tenga excelente rendimiento. Como resultado de esta fuerte selección, en los años 1986, 1987 y 1988, el peso del hectolitro promedio, de todos los cultivares en ensayo en La Platina, ha sido el siguiente: 83,6; 84,3 y 83,4 kg, respectivamente (Cortázar y otros, 1989 y 1990).

**Mayor estabilidad frente a condiciones ambientales.** En la zona centro-norte, en las siembras tempranas de cultivares precoces, se producen pérdidas importantes algunos años, por heladas en el período de florecencia del trigo. Para evitar este problema, se han seleccionado trigos cuya espigadura ocurra fuera del período de mayor frecuencia de heladas. Se ha buscado trigos que requieren un determinado fotoperíodo para espigar, lo que permitiría que cualquiera que fuera la fecha de siembra, la espigadura ocurriría en una fecha determinada, cuando se cumpla la relación luz-oscuridad requerida.

En el sur del país, las lluvias en el período de cosecha, pueden hacer germinar el trigo en la espiga, produciéndose pérdidas importantes en calidad y precio. Existen cultivares que no pueden germinar hasta semanas después de madurar, lo que impide que se produzca este problema.

Además, los trigos de buena caña son menos afectados por períodos lluviosos cerca de la madurez, que aumentan la posibilidad que ocurra tendadura.

**Cambio en los cultivares sembrados.** Debido a los factores ya analizados, el cultivo del trigo en Chile se caracteriza por un constante cambio en los cultivares empleados por el agricultor. En 1973, se ofrecían 19 cultivares de trigo, de los cuales sólo seis se empleaban en 1977. De 18 cultivares recomendados en 1977, en 1984 sólo quedaban cinco. De 28 cultivares recomendados en 1984, sólo 17 quedaban en 1988, sin embargo, en este año se ofrecían 27 nuevos cultivares.

Este abastecimiento adecuado de cultivares al agricultor, ha sido posible por la existencia de programas de mejoramiento genético de gran intensidad. Como un ejemplo de la amplitud de estos programas, la Estación Experimental La Platina ha recibido del extranjero sobre 25.000 líneas de trigo y se ha estudiado más de 10.000 cruzamientos hechos en el país, destinados en los últimos 10 años a la obtención de mejores cultivares.

**Rotación de cultivos.** El resultado económico de una explotación agrícola depende de los cultivos que se incluyen en ella. En ciertas regiones, se ha podido demostrar que puede mantenerse un cultivo en forma permanente en un terreno, llegándose a la organización de explotaciones con un solo cultivo, con

Siendo éste el principal problema de la zona, se trabajó intensamente para entregar cultivares resistentes. En los últimos 25 años esta enfermedad no ha tenido importancia económica, en los trigos de esta zona. A pesar de ello, se sigue trabajando, pues constantemente algunos cultivares resistentes se hacen susceptibles, debido a la aparición de nuevas formas del patógeno. Gracias al empleo de una gran diversidad de cultivares en la zona, con diferente tipo de resistencia, no se producen las epifitias que ocurrían anteriormente.

Los trabajos de mejoramiento también han entregado cultivares resistentes a *P. recondita* y *P. striiformis* a lo largo del país, lo que ha reducido la inseguridad en los rendimientos.

Una enfermedad que no existía en el país hasta el año 1970, el virus del enanismo de la cebada (VEAC), produjo ciertos daños económicos en 1973, pero, en el año 1975, las pérdidas en la Estación Experimental La Platina (INIA), fueron superiores al 30%, en promedio, considerando más de 1.000 cultivares en estudio (Cortázar, 1987). En las siembras del llano central regado, las pérdidas fueron superiores, pues el principal cultivar era muy susceptible a esta enfermedad. En los secanos de la costa, los daños fueron muy inferiores a los señalados, comparando los mismos cultivares (Cortázar, 1984).

Frente a este grave problema, se efectuó una fuerte selección en el material disponible, encontrándose cultivares que, aunque no totalmente resistentes, mostraron una buena tolerancia. Este cambio, redujo la importancia de la enfermedad; en la Estación Experimental La Platina las pérdidas, en promedio, se redujeron a un 17% en 1976 y 1977, para declinar posteriormente, siendo en los últimos años de muy poca importancia. Un comportamiento similar se ha observado en las siembras comerciales (Cortázar, 1988; Herrera y Quiroz, 1983). Sin embargo, los trabajos de mejoramiento para tolerancia al virus siguen activamente, por la posibilidad que se pueda presentar nuevamente en forma epidémica.

**Calidad industrial y alimenticia.** A pesar que, por muchos años en Chile, no había demanda por calidad de los trigos, el programa de mejoramiento (del Ministerio de Agricultura primero y posteriormente el INIA), se preocupó de la selección, del mejor material para la fabricación de pan o fideos. Por esta razón, todos los segregantes e introducciones son analizados por esta característica y sólo se entregan cultivares que tengan una calidad aceptable, tanto industrial como alimenticia, con mayor contenido y mejor calidad de proteína.

Se ha dado gran importancia a la selección para alto peso del hectolitro, ya que esta característica está asociada con la mayor producción de harina y, además, es

uno de los factores importantes en el precio pagado por el cereal. Todo cultivar que tenga bajo peso de hectolitro es eliminado, aunque tenga excelente rendimiento. Como resultado de esta fuerte selección, en los años 1986, 1987 y 1988, el peso del hectolitro promedio, de todos los cultivares en ensayo en La Platina, ha sido el siguiente: 83,6; 84,3 y 83,4 kg, respectivamente (Cortázar y otros, 1989 y 1990).

**Mayor estabilidad frente a condiciones ambientales.** En la zona centro-norte, en las siembras tempranas de cultivares precoces, se producen pérdidas importantes algunos años, por heladas en el período de florescencia del trigo. Para evitar este problema, se han seleccionado trigos cuya espigadura ocurra fuera del período de mayor frecuencia de heladas. Se ha buscado trigos que requieren un determinado fotoperíodo para espigar, lo que permitiría que cualquiera que fuera la fecha de siembra, la espigadura ocurriría en una fecha determinada, cuando se cumpla la relación luz-oscuridad requerida.

En el sur del país, las lluvias en el período de cosecha, pueden hacer germinar el trigo en la espiga, produciéndose pérdidas importantes en calidad y precio. Existen cultivares que no pueden germinar hasta semanas después de madurar, lo que impide que se produzca este problema.

Además, los trigos de buena caña son menos afectados por períodos lluviosos cerca de la madurez, que aumentan la posibilidad que ocurra tendadura.

**Cambio en los cultivares sembrados.** Debido a los factores ya analizados, el cultivo del trigo en Chile se caracteriza por un constante cambio en los cultivares empleados por el agricultor. En 1973, se ofrecían 19 cultivares de trigo, de los cuales sólo seis se empleaban en 1977. De 18 cultivares recomendados en 1977, en 1984 sólo quedaban cinco. De 28 cultivares recomendados en 1984, sólo 17 quedaban en 1988, sin embargo, en este año se ofrecían 27 nuevos cultivares.

Este abastecimiento adecuado de cultivares al agricultor, ha sido posible por la existencia de programas de mejoramiento genético de gran intensidad. Como un ejemplo de la amplitud de estos programas, la Estación Experimental La Platina ha recibido del extranjero sobre 25.000 líneas de trigo y se ha estudiado más de 10.000 cruzamientos hechos en el país, destinados en los últimos 10 años a la obtención de mejores cultivares.

**Rotación de cultivos.** El resultado económico de una explotación agrícola depende de los cultivos que se incluyen en ella. En ciertas regiones, se ha podido demostrar que puede mantenerse un cultivo en forma permanente en un terreno, llegándose a la organización de explotaciones con un solo cultivo, con

resultados económicos satisfactorios. Sin embargo, en general, lo conveniente es la alternación de cultivos, que garantiza una mayor estabilidad en la explotación.

En Chile, en experiencias efectuadas en las Estaciones Experimentales del INIA, los resultados son claros en demostrar que no es conveniente el monocultivo del trigo, pues hay años que los resultados son deficitarios. El principal factor que hace peligroso el monocultivo, son las enfermedades radicales que pueden aparecer en ciertos años, pero que cuando se presentan, producen pérdidas que pueden ser superiores al 50% de la producción.

Desgraciadamente, no ha sido posible obtener cultivares resistentes a las principales enfermedades radicales que se presentan en el trigo en Chile. Una buena rotación, además de evitar problemas serios de enfermedades, reduce las pérdidas causadas por insectos y

malezas y permite un mejor aprovechamiento de la fertilidad del suelo.

**Fertilización.** Uno de los aspectos donde se visualiza mayores cambios, es el relacionado con el uso de fertilizantes. En el Cuadro 1 se presenta el consumo de fertilizantes en Chile desde 1950-1954 hasta 1984-1989. Se puede observar que en el período estudiado el consumo de N aumentó 10 veces, el de P cuatro veces y el de K dos veces.

Sin duda el principal factor que explica este gran crecimiento, ha sido la cantidad de ensayos sobre abonos, efectuados por el Ministerio de Agricultura, en primer término, y por INIA, en forma masiva, posteriormente. Estos demostraron que, para obtener altos rendimientos, se requería dosis adecuadas de N y P y que el potasio, que se consideraba muy importante según resultados en Europa, en Chile no tenía tal efecto en

**CUADRO 1. Toneladas de N, P y K utilizadas en Chile desde 1950 a 1989**

**TABLE 1. Tons of N, P and K in Chile from 1950 to 1989**

Año	N	P	K	Quinquenio	Promedio por quinquenio			Total
					N	P	K	
				1950-54	12.000	10.910	6.143	29.053
				1955-59	12.500	14.898	6.511	33.849
				1960-64	22.000	26.184	8.301	56.485
1965	33.100	31.967	13.049					
1966	37.500	37.011	17.157					
1967	38.200	32.793	10.346	1965-69	35.000	36.658	9.961	81.619
1968	33.900	42.281	8.165					
1969	45.100	43.148	11.323					
1970	44.426	43.013	12.506					
1971	49.685	45.230	13.861					
1972	54.726	36.944	15.399	1970-74	53.000	44.513	11.621	109.134
1973	60.734	52.869	12.933					
1974	52.967	45.159	13.423					
1975	37.459	25.113	6.975					
1976	49.928	28.060	12.280	1975-79	46.381	27.980	9.998	84.359
1977	38.116	25.889	8.261					
1978	50.032	28.781	11.176					
1979	56.374	32.060	11.297					
1980	52.369	30.964	11.968					
1981	49.253	24.638	10.932					
1982	48.05	20.637	9.505	1980-83	53.637	25.736	10.447	89.820
1983	64.871	26.704	9.383					
1984	86.291	34.905	11.455					
1985	106.000	41.676	12.036					
1986 <sup>1</sup>	106.000	43.753	10.864					
1987 <sup>1</sup>	158.470	55.503	11.181	1984-89	121.794	47.071	13.217	182.082
1988 <sup>1</sup>	139.000	59.022	12.182					
1989 <sup>2</sup>	135.000	47.568	21.583					

Fuente: Araos, 1977; ODEPA, 1976 y 1980.

<sup>1</sup>Importación de fertilizantes (Antonio Ochagavía. ODEPA, comunicación personal). Los valores de nitrógeno se aumentaron en un 30%, valor proporcionado por el salitre.

<sup>2</sup>Silva (1989).

trigo. Por otra parte, los ensayos mostraron la necesidad de aumentar la relación N/P. Posteriormente, en condiciones de alto rendimiento, han empezado a aparecer deficiencias en otros elementos.

Sin embargo, como se mencionó antes en esta exposición, en el caso del trigo, el aumento de fertilizantes sólo fue posible cuando se desarrollaron cultivares semienanos, con buena caña, que son capaces de resistir el mayor peso de las espigas, sin tenderse.

**Epoca de siembra.** A través de ensayos efectuados en todas las Estaciones Experimentales del INIA se ha podido demostrar la importancia que ésta tiene. Como un ejemplo de la gran influencia de este factor, en los terrenos regados de la zona central, los resultados promedios de más de 10 años de ensayos, muestran que el atraso de la siembra entre el 20 de junio y el 15 de agosto, produce una pérdida diaria de 0,49% en el rendimiento (Cortázar, 1989).

En el caso de los trigos candeales, se recomendaba sembrar tarde; sin embargo, todos los ensayos muestran que al atrasar su siembra, estos trigos sufren pérdidas comparables o mayores que los trigos de pan. (Cortázar y otros, 1991).

**Control de malezas.** En la actualidad, la mayor parte de los buenos agricultores emplean herbicidas para este control. Los primeros ensayos sobre el uso del 2,4D, fueron realizados por el Departamento de Investigaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura; por los buenos resultados obtenidos, se hizo demostraciones en todas las zonas del país para divulgar sus ventajas. Posteriormente, los trabajos de investigación efectuados en el país, han permitido la introducción de nuevos herbicidas, cada vez más efectivos, que han reducido las pérdidas causadas por las malezas a menos de un tercio de las que se producían antes del uso de estos productos.

**Control de enfermedades.** Hasta hace poco, la única forma para el control de enfermedades, era por el uso de cultivares resistentes o tolerantes, con excepción de la desinfección de semilla. Desde hace unos 10 años, nuevos fungicidas han permitido el control económico de ciertas enfermedades, pero todavía es preferible el empleo de cultivares tolerantes, por ser más económicos y evitar el aumento del nivel de contaminación ambiental. Sin embargo, en la actualidad, si un cultivar muy difundido es atacado por una nueva raza de una enfermedad, existen posibilidades económicas de controlarla con fungicidas.

**Riego.** Es una de las prácticas más difíciles de mejorar, ya que, aunque se conoce la forma más eficiente de regar, no es fácil traspasar esta información al nivel del obrero, que está encargado directamente de esta

práctica. Años atrás se demostró que, en la mayor parte de las propiedades estudiadas, el método de riego empleado no era el adecuado (INIA, 1970). Las investigaciones han permitido determinar cuál es el método más eficiente en cada condición y la forma más económica de efectuarlo.

**Control de insectos.** Como ejemplo, cabe mencionar los problemas que causaron la llegada al país de los pulgones *Metopolophium dirhodum* y *Sitobion avenae*. Cuando recién se introdujeron, el daño fue de gran importancia, y las pérdidas en los primeros años, fueron superiores al 27% (Cortázar, 1977). Frente al problema, se empezó a usar todo tipo de insecticidas, pero se pudo comprobar que las aplicaciones de ciertos insecticidas producían una rápida eliminación del pulgón, pero seguida por una reinfestación muchas veces mayor que la original. Los trabajos de investigación claramente indicaron que sólo se debería usar insecticidas que afectasen al pulgón, pero no dañaran a sus enemigos naturales, por lo que se hizo una gran campaña para usar exclusivamente insecticidas selectivos.

Debido a su gran importancia económica, se solicitó de diferentes países, cultivares de trigo con resistencia a pulgones, para obtener cultivares tolerantes; sin embargo, ninguno de ellos mostró una tolerancia aceptable a dichas especies. Para evitar el costo del control con insecticidas y reducir los problemas de contaminación, el INIA desarrolló un programa masivo de introducción y multiplicación de parásitos y predadores, de diferentes países, varios de los cuales se logró establecer en el país y contribuyeron al control de los áfidos (Zúñiga, 1985).

Así, la multiplicación de las nuevas especies introducidas y el aumento natural de los parásitos y predadores existentes en Chile, ha permitido obtener un control muy eficiente de los áfidos y, en los últimos años, los daños causados por ellos, son mínimos (Cortázar y otros, 1991; Herrera y Quiroz, 1988).

**Preparación de suelos.** Una de las prácticas que mayor cambio ha producido, debido a la investigación, es la preparación de suelos. Antiguamente se señalaba que, cuando más profunda fuera la aradura, mejores resultados se obtendrían. Por otra parte, muchos trabajos se hacían para combatir las malezas. En general, en la actualidad, se estima que una sobre preparación del suelo no es necesaria, pues aumenta los costos, compacta el suelo o deteriora su estructura, cuando se usa arado y rastras de discos.

Desde hace pocos años, una nueva filosofía en la preparación de suelo se está haciendo más común en el mundo; la no preparación de suelo o cero labranza. Es decir, no se rompe el terreno, sino que se efectúa la

siembra directamente sobre el suelo sin preparación. La aplicación de este método ha sido posible, por el desarrollo de herbicidas capaces de destruir toda la vegetación anterior dejando el suelo libre de malezas.

Una de las ventajas importantes de la no preparación del suelo, es la disminución de las pérdidas por erosión, ya sea por lluvias, o por riego, ya que el suelo no queda desnudo de residuos vegetales.

Para que sea realmente eficiente la aplicación de este nuevo método, requiere un gran número de nuevas investigaciones, las que se desarrollan en la actualidad, para determinar la mejor forma de efectuar las siembras, tipo de herbicidas más eficientes, efectos en la fertilización, efecto sobre el desarrollo de enfermedades radicales, tipo de cultivar más eficiente para esas condiciones, etc.

### ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL TRIGO EN EL PAÍS EN DIFERENTES PERIODOS, Y FACTORES QUE LO AFECTARON

En el Cuadro 2 se presenta la información sobre la superficie, rendimiento por hectárea, producción nacional e importaciones de trigo (por quinquenios), entre los años 1945 a 1989. Se puede ver que, en general, hubo cambios importantes; a continuación se analizarán diferentes factores que pudieron afectarlo, considerando que el rendimiento por hectárea y la superficie sembrada de trigo, serían los dos parámetros más importantes.

**Rendimiento.** Al analizar en forma global el Cuadro 2 se puede observar que el rendimiento por hectárea, que es la mejor expresión del efecto de la investigación, aumentó un 126%, con un aumento anual acumulativo de 2,1% entre 1945-49 y 1984-89.

**CUADRO 2. Superficie, rendimiento por hectárea, producción e importación de trigo en Chile desde 1945 a 1989**

**TABLE 2. Acreage, hectare yield, production and imports of wheat in Chile from 1945 to 1989**

Años	Superficie, hectáreas	Rendimiento, qqm/ha	Producción, qqm	Importación, qqm
<b>Primer período: 1945 a 1969</b>				
1945-49	767.765	12,1	9.318.789	420.141
1950-54	784.800	12,5	9.825.920	1.649.020
1955-59	828.900	13,3	11.045.630	823.460
1960-64	753.000	14,4	10.820.000	2.091.400
1965-69	733.737	16,5	12.199.250	3.558.160
<b>Segundo período: 1970 a 1983</b>				
1970-74	660.868	15,9	10.701.050	7.262.440
1975-79	630.442	15,9	9.947.160	7.674.000
1980-83	427.720	16,9	7.220.835	10.127.760
<b>Tercer período: 1984 a 1989</b>				
1984-89	556.693	27,4	15.254.248	2.414.304
<b>Detalle de la variación anual entre 1980 y 1989</b>				
1980	545.740	17,7	9.659.830	8.698.020
1981	432.160	15,9	6.859.530	10.292.680
1982	373.800	17,4	6.504.520	9.920.340
1983	359.180	16,3	5.859.460	11.600.000
1984	471.320	21,0	9.882.830	9.579.460
1985	506.190	23,0	11.646.910	4.750.000
1986	569.170	28,6	16.258.090	156.365
1987	676.560	27,7	18.741.170	0
1988	576.630	30,0	17.341.099	0
1989	540.290	32,7	17.655.290	0

Fuente: Ministerio de Agricultura, 1957 y 1963; ODEPA 1976, 1980 y 1988.

Al considerar los cambios en el rendimiento por hectárea, se pueden agrupar los años en tres períodos bien diferenciados: a) desde 1945-49 a 1965-69; b) desde 1965-69 a 1980-83 y c) desde 1980-83 a 1984-89.

En el primer período, los rendimientos muestran un alza constante, con un aumento de 37,2% y de 1,5% anualmente. En el segundo período, el rendimiento tiene un incremento de sólo 1,8% y de 0,1% anual. En el tercer período, tiene un acrecentamiento del 62,1% para el período y de 11,3% anualmente.

En los tres períodos considerados, llama la atención la gran diferencia en el crecimiento de los rendimientos. Se esperaría que el rendimiento anual debiera ir creciendo en forma regular; sin embargo, en este caso, se nota un aumento en el primer período, para detenerse prácticamente entre 1965-69 a 1980-83, y tener un incremento explosivo en el último período considerado. Más adelante, se analiza los factores que influyeron en estos resultados.

**Superficie sembrada con trigo.** En el primer período, la superficie promedio fue de 773.640 hectáreas, no observándose una tendencia clara a un aumento o disminución en el período. En el segundo período, hay una baja significativa en la superficie, con un promedio de 583.388 hectáreas y una tendencia clara a disminuir, bajando de 660.860 hectáreas en el primer quinquenio a 427.720, en el último. Llegando en 1983 a sólo 359.180 hectáreas (Cuadro 2).

En el tercer período la superficie promedio fue 552.706 hectáreas, notándose un incremento constante de la superficie, pasando de 471.320 hectáreas en 1984 a 676.560, en 1987, y observándose un descenso en 1989 a 540.290.

**Análisis conjunto de superficie y rendimiento en trigos.** Al analizar en conjunto lo ocurrido con el rendimiento por hectárea y la superficie de trigo, se observa una misma tendencia. En el primer período, hay un aumento del rendimiento por hectárea, como era de esperar, y una estabilidad bastante marcada en relación con la superficie del trigo, por lo que se puede estimar que no ocurrieron problemas serios que afectasen al trigo.

En el segundo período, se observa que, en un lapso de 15 años, prácticamente no hubo aumento de rendimiento por hectárea y se produjo un descenso continuo en la superficie sembrada. Estos dos hechos, muestran que algún factor afectó el desarrollo normal de la producción de trigo.

En el tercer período, se produce un aumento violento del rendimiento por hectárea y un incremento apreciable de la superficie sembrada. Es decir, hubo

factores que mejoraron, en relación con el período anterior, permitiendo un aumento sustancial en la producción de trigo.

Para explicar estas diferencias en el comportamiento a través de los años, se estimó conveniente estudiar qué efectos pudieron tener, los factores: a) biológicos; b) políticos y c) económicos. Debido a la gran importancia de los fertilizantes en los rendimientos, se analiza también los cambios en el consumo en los diferentes períodos.

Se han producido cambios biológicos relevantes, entre los que se puede señalar la disminución de importancia de *Puccinia graminis*, la aparición de áfidos y del virus del enanismo amarillo de la cebada, fluctuaciones de importancia en la intensidad de ataques de *P. striiformis* y de *P. recondita*. Sin embargo, su efecto, en los grandes cambios de rendimiento observados en el país, fue de poca importancia.

Los cambios políticos que afectaron al país y que crearon inestabilidad en el sector agrícola pueden explicar, en parte, la disminución de las superficies de siembra y de rendimiento en los años 1973 y 1974. El efecto perjudicial de expropiaciones masivas de tierras, sin contar con la organización adecuada para poder trabajarlas, afectó tanto la superficie sembrada como los rendimientos por hectárea.

Sin embargo, el efecto de estos cambios afectaron significativamente la producción por un período de no más de tres años, por lo que su influencia en los grandes cambios analizados no es importante.

En cuanto a los factores económicos, en el Cuadro 3 se presenta los intereses reales promedios desde el año 1965 a 1987 y el precio del trigo desde 1946 a 1960 y entre 1974 y 1988, en pesos de marzo 1989. Se agrega también la información del precio del trigo en el período de 1965 a 1974, en pesos de diciembre 1974.

Desde 1945 a 1960, se observa que el precio del trigo fue, en promedio, para el primer quinquenio \$ 5.733, para el segundo quinquenio \$ 4.899 y para el tercero \$ 4.460.

A pesar de la baja en el precio del trigo, en el segundo y tercer quinquenio, se observa aumentos en la superficie sembrada y se puede comprobar un incremento continuo del rendimiento por hectárea, lo que indica una mejora en la tecnología empleada (Cuadro 2).

En el período 1965 a 1983, la información proporcionada por ODEPA (1976), muestra que desde 1965 hasta 1972, se mantiene un precio estable de trigo para tener una caída violenta en 1973 y un aumento importante en 1974. Debido a la fuerte inflación que se

**CUADRO 3. Precio promedio del trigo en Chile entre 1946 y 1988 e interés real promedio entre 1965 y 1987**

**TABLE 3. Average wheat price in Chile between 1946 to 1988 and real interest between 1965 and 1987**

Años	Precios en pesos <sup>1</sup> de marzo 1989	Precios en pesos <sup>2</sup> de diciembre 1974	Interés real promedio <sup>3</sup>
1946	5.529		
1947	5.854		
1948	6.272		
1949	5.854		
1950	5.157		
1951	4.785		
1952	5.431		
1953	5.575		
1954	4.832		
1955	4.367		
1956	4.135		
1957	4.367		
1958	5.018		
1959	4.367		
1960	4.414		
1965		77,90	-5,0
1966		81,80	1,0
1967		79,68	-1,3
1968		79,14	-6,8
1969		82,89	-5,0
1970		82,07	-8,0
1971		83,22	-4,0
1972		76,45	-57,0
1973		49,83	-81,0
1974	4.739	193,45	-64,0
1975	7.620		14,0
1976	6.179		64,0
1977	5.111		57,0
1978	4.274		43,0
1979	3.949		20,0
1980	4.042		12,0
1981	3.717		40,0
1982	2.973		35,0
1983	4.274		16,0
1984	4.739		11,0
1985	5.389		11,0
1986	5.622		8,0
1987	4.739		9,5
1988	4.274		

Fuente: Ministerio de Agricultura, 1957 y 1963; ODEPA, 1976, 1980 y 1988.

<sup>1</sup>Calculado por el autor usando información oficial.

<sup>2</sup>ODEPA, 1976.

<sup>3</sup>Arturo Campos M., INIA, comunicación personal.

presentó en esos años, estas dos últimas cifras son poco confiables.

En el Cuadro 3, se presenta el precio del cereal desde 1974 a 1983 (expresado en pesos del 15 de marzo de 1989), el cual, en 1976, fue de \$ 6.179 el quintal, para bajar en forma continua hasta 1982, en que llegó a

\$ 2.973, es decir perdió más del 50% de su valor. En el año 1983 se produjo un repunte del precio que llegó a \$ 4.274.

Esta caída en el precio del trigo y el violento aumento de los intereses reales que en 1976 llegaron a 64%, para mantenerse en los años 1977, 1978, 1981 y 1982 sobre el 35%, hicieron que el cultivo del trigo fuera antieconómico. Esto se expresó por una continua caída de la superficie sembrada, que llegó a 359.180 hectáreas en 1983 e impidió el uso de la tecnología disponible.

En el período 1984-1989, se produjo un cambio radical en las condiciones económicas, al cual el agricultor respondió rápidamente, empleando la tecnología disponible que, en el período anterior, era antieconómica.

El precio del trigo que en 1988 fue de \$ 2.973 el quintal, subió a \$ 4.739 en 1984 y a \$ 5.622 en 1986. Los intereses reales en todos esos años fueron inferiores al 12%.

El mejor precio del trigo y los intereses reales adecuados, se expresó en un aumento de la superficie desde 1983 hasta 1987 y una caída en 1988, debido al menor precio del trigo. En relación con los rendimientos por hectárea, gracias al aprovechamiento de la mejor tecnología entregada por la investigación, los aumentos de rendimiento fueron notorios, pasando de 16,3 en 1983, a 32,7 qqm/ha, en 1989 (Cuadro 2).

**Impacto de la investigación en los rendimientos.**

Para evaluar el impacto de la investigación en el rendimiento por hectárea, se comparan los rendimientos del período 1945-60 con los obtenidos en el período 1984-89. Estos dos períodos fueron elegidos por su similitud en el precio, reconociendo una leve superioridad en el primer período. Por otra parte, los intereses reales fueron negativos en el primer período y cercanos al 10% en el segundo (Cuadro 3).

Si se toma en cuenta estos dos factores, se puede concluir que el primer período fue económicamente mejor que el segundo.

Sin embargo, el rendimiento promedio del primer período fue de 12,7 quintales por hectárea y en el segundo más del doble, alcanzando a 27,4.

Esta diferencia en el rendimiento, no se debe a factores económicos y sólo puede explicarse por el mejoramiento de la tecnología empleada por el agricultor, basada en los resultados de la investigación desarrollada en el país.

Para valorar económicamente lo que ha significado al país la aplicación de mejores tecnologías, en el Cuadro 4 se presenta la producción que se hubiera

**CUADRO 4. Comparación entre el rendimiento por hectárea, producción y valor de ésta obtenida en 1989 y los valores que se hubieran obtenido usando la tecnología del período 1945-49**

**TABLE 4. Yield/hectare, total production and value of the wheat crop obtained in 1989 and comparison with the expected figures using the 1945-49 technology in the same area**

	Superficie, ha	Rendimiento, qqm/ha	Producción total qqm	Valor cosecha <sup>1</sup> \$
1989	540.290	32,7	17.613.454	79.260.543.000
Con tecnología usada en 1945-49	520.290	12,1	6.537.509	29.418.790.000
	Diferencia	20,6	11.075.945	49.841.753.000

<sup>1</sup> Precio del trigo: \$ 4.500 el quintal.

obtenido en 1989 usando la tecnología de 1945-49 comparada con la obtenida ese año.

La producción, usando la tecnología de 1945-49, se calcula hubiera sido de 6.537.509 quintales, mientras que, con la tecnología de 1989 alcanzó a 17.613.454 quintales, es decir un aumento de 11.075.945 qqm equivalentes a \$ 49.841 millones (Cuadro 4).

**Fertilizantes.** Como una información adicional, se estimó conveniente analizar qué cambios se produjeron en el consumo de fertilizantes, por ser el principal insumo en el trigo.

No se dispone de información sobre cantidad de fertilizantes aplicados al trigo, pero, sí se presenta el consumo total de fertilizantes en Chile. Se estima que el trigo recibe alrededor del 30% de los fertilizantes nitrogenados que se usan en el país y un 36% de los fosfatados (Silva, 1989).

Al analizar el consumo de fertilizantes, se observa que, en el primer período considerado, éste subió continuamente desde 44.400 toneladas en el quinquenio 1950-1954, a 131.000 toneladas en 1965-1969, lo que explicaría una parte del aumento de rendimiento que se observó en el período (Cuadro 1).

En el segundo período (1970-1983), se aplicaron, en el primer quinquenio, 169.000 toneladas, para bajar en los dos quinquenios siguientes; sin duda, una gran parte de esta disminución, se debió a la baja en la superficie de trigo y al menor empleo de fertilizantes, debido a las malas condiciones económicas que presentaba el cultivo.

En el período 1984-1989, se produjo un aumento violento en el consumo de fertilizantes, duplicándose la

cantidad empleada en el quinquenio anterior, debido al mejor precio del trigo y a la baja de los intereses reales a menos del 12%.

**CONCLUSIONES SOBRE EL EFECTO DE LA INVESTIGACION EN EL RENDIMIENTO DEL TRIGO**

- Los altos rendimientos en trigo de los últimos años, hubieran sido imposibles de lograr, sin el aporte de la investigación.
- Gracias a ella, en este momento el agricultor dispone de cultivares adecuados para cada zona del país, que son resistentes a las principales enfermedades, de óptima calidad industrial y alimenticia y que dan seguridad de una gran estabilidad en los rendimientos. La investigación le garantiza al agricultor, que si se producen cambios en el complejo de enfermedades que atacan al trigo, rápidamente entregará el cultivar adecuado, pues cuenta con una gran cantidad de material genético con distintas fuentes de resistencia.
- El desarrollo de cultivares semienanos de trigo, ha permitido un cambio total en las dosis de fertilizantes usadas, lo que se traduce en aumentos de rendimientos insospechados con los cultivares antiguos.
- La información disponible, obtenida de una gran cantidad de ensayos a lo largo de todo el país, permite recomendar, para cada zona, los mejores fertilizantes. El análisis de suelo es una herramienta necesaria para efectuar en forma económica y eficiente la fertilización del cultivo.
- La investigación ha demostrado la gran importancia de efectuar la siembra en las fechas adecuadas.

- Frente a la aparición de nuevos problemas, como los pulgones del trigo y el virus del enanismo amarillo de la cebada, la investigación fue capaz de abordarlo en forma eficiente, desarrollando un programa de control biológico que eliminó los pulgones y permitió la entrega de cultivares tolerantes a la virosis, lo que redujo la importancia de esta grave enfermedad prácticamente a cero.

- En 1989, gracias a la aplicación de la tecnología desarrollada por la investigación, el rendimiento promedio fue de 32,7 qqm/ha con una producción de 17.613.454 quintales, mientras que si se hubiera empleado la tecnología usada en 1945-49, el rendimiento sólo habría llegado a 6.537.509. La diferencia entre ambas producciones se traduce en \$ 49.841 millones, como consecuencia del uso de mejor tecnología.

## RESUMEN

El aumento de rendimiento por hectárea en trigo no hubiera sido posible sin contar con la investigación adecuada. La interrupción de la investigación, provocaría rápidamente una baja del rendimiento. Basta señalar como ejemplo que la vida promedio útil de un cultivar de trigo en Chile, es menor a 5 años.

Se presenta información sobre el efecto de la investigación en el mejoramiento de las principales prácticas agronómicas. Se analiza los cambios en: cultivar, rotación, fertilización, época de siembra, control de maleza, control de enfermedades, riego, control de insectos y preparación de suelos.

Se presenta el rendimiento promedio por hectárea desde 1945 a 1989. En el período 1945-49 el rendimiento fue de 12,1 qqm/ha, mientras que en 1984-89 alcanzó a 27,4. Es decir, el aumento en el período, fue de 126%. Sin embargo, este aumento no fue parejo a través de los años. Así en el período 1945-69 fue de

37,2%; en el período 1965- 69 a 1980-83 sólo alcanzó un 1,8% y entre 1980-83 al 1984-89, fue de 62,1%.

Se analiza los factores que explican la diferente velocidad en el progreso de los rendimientos en los tres períodos considerados.

Para analizar el efecto de la investigación en el rendimiento por hectárea se comparó el rendimiento promedio del país en el período 1945-49 con el de 1989. Los intereses eran negativos en el primer período, mientras que en 1989 fueron cercanos al 10% real. El rendimiento en 1945-49 fue de 12,1 qqm/ha, mientras que en 1989 alcanzó a 32,7 qqm/ha. Esta comparación permite deducir que el mayor rendimiento en 1989 se debe a la mejor tecnología aplicada, producto de la investigación.

**Palabras claves:** trigo, producción, cultivar, precio, intereses, fertilizantes, prácticas agronómicas.

## LITERATURA CITADA

ARAOS F., FERNANDO. 1977. Manual de uso de Fertilizantes. Imp. Mantor. Santiago, Chile. 149 p.

CIMMYT. 1988. Informe Anual 1987. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México D.F. CIMMYT.

CORTAZAR S., RENE. 1947. Enfermedades del Trigo. Siembra XVII (1): 92-97.

CORTAZAR S., RENE. 1977. Influencia de los áfidos en la disminución del rendimiento del trigo en Chile. Investigación y Progreso Agrícola 9(1): 25-30.

CORTAZAR S., RENE. 1984. Efecto del complejo áfidos virus (VEAC) en los ensayos regionales de trigo (1975-1981) de la Estación Experimental La Platina. Agricultura Técnica (Chile) 44: 69-72.

CORTAZAR S., RENE. 1987. Mejoramiento genético del trigo en Chile. Boletín de la Academia de Ciencias del Instituto de Chile 3: 15-16.

CORTAZAR S., RENE. 1988. Mejoramiento genético para resistencia a enfermedades en trigo en Chile. Anales de la Universidad de Chile, 5ª Serie, Nº 14: 131-150.

CORTAZAR S., RENE. 1989. Factores que influyeron en el comportamiento de los trigos en la Est. Exp. La Platina en los años 1965 a 1986. Agricultura Técnica (Chile) 49: 193-201.

CORTAZAR S., RENE, RAMIREZ A., IGNACIO, HACKE E., ERNESTO, MORENO M., OSCAR y RIVEROS B., FERNANDO. 1989a. Análisis del comportamiento de los trigos en la Estación Experimental La Platina en los años 1985 y 1986. Agricultura Técnica (Chile) 49: 61-65.

- CORTAZAR S., RENE, RAMIREZ A., IGNACIO, MORENO M., OSCAR, HACKE E., ERNESTO y RIVEROS B., FERNANDO. 1989b. Epoca de siembra, variedades y dosis de semilla en trigo de riego en la Región Centro-Norte de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 49: 248-252.
- CORTAZAR S., RENE, RAMIREZ A., IGNACIO, HACKE E., ERNESTO, MORENO, M., OSCAR y RIVEROS B., FERNANDO. 1990. Análisis del comportamiento de los trigos en la Est. Exp. La Platina en los años 1987 y 1988. *Agricultura Técnica (Chile)* 50: 281-285.
- CORTAZAR S., RENE, RAMIREZ A., IGNACIO, ZERENE Z., MIREYA, HACKE E., ERNESTO, MORENO M., OSCAR Y RIVEROS B., FERNANDO. 1991. Mejoramiento genético en trigo para tolerancia al virus del enanismo amarillo de la cebada (VEAC) en Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 51: 192-197.
- CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1957. La agricultura chilena en el quinquenio 1951-1955. Santiago, Chile. 285 p.
- CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1963. La agricultura chilena en el quinquenio 1956-1960. Santiago, Chile. 279 p.
- CHILE, ODEPA - OFICINA DE PLANIFICACION AGRICOLA. 1976. Estadísticas Agropecuarias 1965-1974. Santiago, Chile. 379 p.
- CHILE, ODEPA - OFICINA DE PLANIFICACION AGRICOLA. 1980. Estadísticas Agropecuarias 1975-1979. Santiago, Chile. 402 p.
- CHILE, ODEPA - OFICINA DE PLANIFICACION AGRICOLA. 1988. Estadísticas Agropecuarias. Santiago, Chile. 622 p.
- HERRERA M., GUIDO y QUIROZ E., CARLOS. 1983. Pérdidas y comportamiento varietal del trigo frente al virus del enanismo amarillo de la cebada en la zona centro-norte de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 43: 127-131.
- HERRERA M., GUIDO y QUIROZ E., CARLOS. 1988. Pérdidas de rendimiento en trigo causadas por la infección natural del VEAC en ensayos realizados desde 1976 a 1985. *Agricultura Técnica (Chile)* 48: 75-80.
- INIA - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, Chile. 1970. Investigación Agropecuaria. Santiago, Chile. 446 p.
- SILVA N., BERNARDO. 1989. Los fertilizantes y la producción agrícola. En: Seminario Impacto de los fertilizantes en la productividad agrícola. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina. Serie La Platina Nº 14: 23-25.
- STAKMAN E.C. and HARRAR J.C. 1957. Principles of Plant Pathology. The Ronald Press Company. New York. 581 p.
- ZUÑIGA S., ENRIQUE. 1985. Ochenta años de control biológico en Chile. Revisión histórica y evaluación de los proyectos desarrollados (1903-1983). *Agricultura Técnica (Chile)* 43: 175-183.