

## I. IMPORTANCIA, ORIGEN, HISTORIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA AVENA

Edmundo Beratto M.

### 1.1 IMPORTANCIA

En Chile la avena (*Avena sativa* L.) se cultiva, en el Secano Costero e Interior, en el Valle Central y la Precordillera de los Andes, desde los 32° a 45° lat. S., y entre 10 a 2.000 m.s.n.m. Después del trigo, junto al maíz es el segundo cereal más importante en superficie cultivada, superando al arroz, cebada, triticale y centeno. Ocupa el 7,9% de la superficie destinada a cultivos anuales, según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2002); el valor de su producción es 4,5% del valor total de la producción de cultivos anuales. El uso en el país se distribuye como sigue: 1,8% para alimentación humana; 25,7% para exportación; 14 y 52,5% en alimentación animal, como forraje y grano, respectivamente; y 6% como semilla. Se estima que el consumo de avena para alimentación humana es de alrededor de 400 g/per capita.

Entre las regiones VIII y X, existen condiciones privilegiadas para cultivar y producir avena con alto rendimiento, debido a su clima templado a frío, fotoperíodos largos y generalmente, con una adecuada y buena distribución de lluvias (Beratto, 2000), que anualmente fluctúa entre 1.000 a 2.000 mm de agua. El 60% promedio de la lluvia precipita en otoño e invierno, estaciones que corresponden al período de siembra; un 30% en primavera, que coincide con fines de macolla y emisión de panoja y el 10% en verano, durante el período de crecimiento del grano y cosecha. La distribución de la precipitación es muy importante en avena, ya que es el cereal que requiere más agua para producir una unidad de materia seca, a excepción del arroz (Coffman, 1961). Las condiciones climáticas antes señaladas favorecen la adaptación, crecimiento y desarrollo, principalmente de las variedades de ciclo largo que unido, en la mayoría de los casos, a la buena calidad de los suelos y presencia esporádica de un número reducido de enfermedades de baja importancia económica, potencian la obtención de altos rendimientos de granos de muy buena calidad, lo que hace al país una de las mejores áreas del mundo para producir avena (Stuthman, 2000).

La avena cumple un rol sanitario importante, ya que incluida en rotaciones es un cultivo preventivo, pero no curativo, al inhibir o atenuar el desarrollo de inóculos de enfermedades radiculares como el mal del pié (*Gaeumannomyces graminis* [Sacc.] von Arx & Olivier

var. *tritici*. J. Walker) en trigo y cebada. Es un cultivo versátil y de multiuso; se utiliza como suplemento para producir forraje verde en períodos críticos para alimentación del ganado, especialmente en otoño e invierno, cuando las praderas dejan de crecer y entran en latencia, o cuando por escasez de lluvias en primavera y/o prolongadas sequías de verano, la producción de forraje disminuye. También se emplea como forraje de conservación, ensilaje o heno, sola o asociada a otros cultivos, especialmente leguminosas, como vicia, arveja, trébol alejandrino, etc. Durante su ciclo de crecimiento y desarrollo anual proporciona más de una alternativa de utilización, como talajeo, corte, y luego de su recuperación como grano o ensilaje. La paja es un producto adicional, que puede utilizarse como suplemento en alimentación animal, en el pasado su uso más extendido era como cama para animales.

Los granos cubiertos, con cáscara, y los granos pelados y desnudos, sin cáscara, son importantes tanto en alimentación animal como en alimentación y salud humana. Esta última, actualmente es denominada calidad funcional, debido a la calidad biológica de su proteína, superior a la de otros cereales (Kasahara, 1970; Frey, 1977); a su alto contenido de fibra dietaria, que reduce los niveles de colesterol de baja densidad lipoproteica en pacientes hipercolesterolémicos (Vetter, 1984 ; Scheneeman, 1987; Pak *et al.*, 1991); a su acción en la regulación de los niveles de glucosa en pacientes con diabetes adulta; a su utilización en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas asociadas a un bajo consumo de fibras (Anderson, 1984; Pak *et al.*, 1991; Burrows, 1992; Peterson *et al.*, 1995), lo que conlleva a una disminución de enfermedades cardiovasculares. Además, por su alto contenido de fibra, actúa como regulador de las funciones gastrointestinales.

El grano es utilizado como materia prima por la agroindustria nacional e internacional, en la elaboración de alimentos para consumo humano y animal, y otros usos industriales. Los principales productos para consumo humano son: avena laminada (aplastada u hojuelas o copos) de cocimiento rápido y cocimiento lento, conocidos tradicionalmente como "quaker"; harina de avena, empleada en la elaboración de alimentos para lactantes, en la fabricación de galletas y, en algunos países, en la industria panificadora donde, ocasionalmente, se la utiliza mezclada en porcentajes variables con harina de trigo; y también para consumo animal, en la fabricación de concentrados. Otros importantes usos los tiene en la industria de elaboración de cosméticos (povos faciales, talco, lociones, jabones líquidos, etc.). En cuanto a la cáscara, uno de sus principales usos es la fabricación de furfural, producto utilizado en la refinación de aceites y en la producción de resinas sintéticas (Western y Graham, 1961).

## 1.2 ORIGEN

### 1.2.1 Introducción

Para una mejor comprensión del origen de las avenas se debe tener claro que el género *Avena* está formado de una serie poliploide de especies diploide ( $2n=2x=14$ ), tetraploide ( $2n=4x=28$ ) y hexaploide ( $2n=6x=42$ ) cuyo número básico de cromosomas o genoma es siete ( $n=7$ ). Forsberg y Shands (1989) clasifican las especies de avena, según su nivel de ploidia y sus genomas en tres grupos (Cuadro 1.1).

**Cuadro 1.1** Clasificación de las especies de avenas según los niveles de ploidia y sus genomas.

Diploide ( $2n=2x=14$ )		Tetraploide ( $2n=4x=28$ )		Hexaploide ( $2n=6x=42$ )	
<i>A. atlantica</i>	$A_S A_S$	<i>A. abyssinica</i>	$A_3 A_3 BB$	<i>A. byzantina</i>	AACCDD
<i>A. brevis</i>	$A_S A_S$	<i>A. barbata</i>	$A_3 A_3 BB$	<i>A. fatua</i>	AACCDD
<i>A. hirtula</i>	$A_S A_S$	<i>A. vaviloviana</i>	$A_3 A_3 BB$	<i>A. hybrida</i>	AACCDD
<i>A. nudibrevis</i>	$A_S A_S$	<i>A. agadiriana</i>	AABB	<i>A. sativa</i>	AACCDD
<i>A. strigosa</i>	$A_S A_S$	<i>A. maroccana</i>	AACC	<i>A. sterilis</i>	AACCDD
<i>A. wiestii</i>	AsAs	<i>A. murphy</i>	AACC	<i>A. nuda</i>	AACCDD
<i>A. canariensis</i>	$A_C A_C$	<i>A. machrostachya</i> autotet.			
<i>A. damascena</i>	$A_d A_d$				
<i>A. longiglumis</i>	$A_l A_l$				
<i>A. prostrata</i>	$A_p A_p$				
<i>A. clauda</i>	$C_p C_p$				
<i>A. eriantha</i>	$C_p C_p$				
<i>A. ventricosa</i>	$C_v C_v$				

Tanto las especies silvestres como las cultivadas se presentan en cada uno de estos tres niveles de ploidía. Sin embargo, la mayoría de las avenas cultivadas pertenecen al grupo hexaploide. Las especies silvestres poseen ciertas características deseables, tales como genes de resistencia a enfermedades que pueden transferirse a especies cultivadas que pertenezcan al mismo nivel de ploidía, de manera que todas las especies silvestres hexaploide pueden cruzarse con especies hexaploide cultivadas y producir híbridos  $F_1$  fértiles. Consecuentemente, la transferencia de genes entre especies hexaploide cultivadas, como *Avena sativa* y *Avena byzantina*, y especies hexaploide silvestres, como *Avena fatua* y *Avena sterilis*, son comunes en la mayoría de los programas de mejoramiento.

### 1.2.2 Origen

El lugar y época de origen de las avenas cultivadas no está claramente dilucidado y se encuentra perdido en la antigüedad (Coffman, 1961; Murphy y Hoffman, 1992). Lo cierto es que poco se sabe de la historia de la avena antes de la Era Cristiana, salvo que crecía como maleza en campos cultivados con trigo y cebada, y que a diferencia de estos dos últimos cereales no fue una especie de primera importancia para el hombre, aunque también se la menciona por sus propiedades medicinales. Probablemente los granos de avena más antiguos fueron encontrados en Egipto en la Edad del Bronce, junto a restos que pertenecían a la 12ª Dinastía (2000 A.C. a 1788 A.C.) (Tackholm *et al.*, 1941, citado por Sampson, 1954) y en el 1500 A.C. a 500 A.C. en la región lacustre de Suiza (Stanton, 1936, 1953, citado por Leonard y Martin, 1963).

Vavilov (citado por Leonard y Martin, 1963) ubica su centro de origen en el Cercano Oriente, y se cree que tanto la *A. sativa* como la avena silvestre (*A. fatua*), ambas hexaploide, se diseminaron hacia al norte y noreste de esta lejana región. En tanto, el centro de origen de las avenas rojas cultivadas (*A. byzantina*) y silvestres (*A. sterilis*), también hexaploide, parece estar en la región del Mediterráneo y en el Cercano Oriente respectivamente; las últimas fueron cultivadas para forraje en Asia Menor. Las avenas de grano desnudo se desarrollaron, probablemente, en el noreste de Asia, principalmente en regiones montañosas del noreste de China, desde donde se diseminaron hacia el occidente de Mongolia y Siberia, y los montes Urales. El primer registro de avenas cultivadas en China se encontró en el período del 618 D.C. a 907 D.C.

La domesticación de la avena como cultivo tiene lugar cuando es transportada junto con trigos emmer (*Triticum dicoccum* Schubl) y cebadas (*Hordeum vulgare* L.), desde las regiones del este de Europa y Escandinavia, al este de los Balcanes, Europa Central y el Atlántico, diseminándose desde aquí hacia Grecia, Italia, España y a lo largo del

norte de la costa del Atlántico, especialmente, Inglaterra e Irlanda, como también al este y centro de Asia. Harlan (1977) sostiene que la domesticación de las avenas es una materia compleja que ocurre independientemente para cada nivel de ploidía, postulando que las avenas diploide (*A. strigosa*) fueron domesticadas, principalmente, como un cultivo productor de forraje en la región del Mediterráneo, y que las tetraploide etíopes (*A. abyssinica* Hochst) representan una forma intermedia entre una especie silvestre y los tipos totalmente domesticados (Harlan, 1975, citado por Murphy y Hoffman, 1992). Los progenitores hexaploide, como *Avena sterilis*, existían en Siria y Jordania entre los años 8.600 a 7.000 A.C., pero las evidencias de avenas hexaploide cultivadas se tienen varios miles de años más tarde en el noreste y centro de Europa. El cultivo extensivo de avena en Europa Occidental se registra alrededor del año 1.600 D.C. Los factores específicos que influyeron en la domesticación de las especies hexaploide son desconocidos; se atribuye que este proceso fue favorecido, probablemente, por su mejor adaptación a los ambientes fríos del noreste de Europa (Harding, 1982, citado por Murphy y Hoffman, 1992).

Algunos escritores de principios de la Era Cristiana indican que la avena común (*A. sativa*) fue cultivada para grano y las avenas rojas para forraje, especialmente en Asia Menor. Por cerca de 100 años se creyó que la avena silvestre (*A. fatua*), por sus características menos evolucionadas, era el progenitor de la avena cultivada (*A. sativa*). Más tarde, esta teoría fue sostenida sobre la base de las similitudes que ambas especies tienen en características morfológicas y probables centros de origen. Por estas mismas razones, se ha sostenido que las avenas rojas cultivadas (*A. byzantina*) tuvieron su origen a partir de las avenas rojas silvestres (*A. sterilis*). Coffman (1961) sostiene la teoría que las avenas cultivadas pueden haber tenido su origen en las avenas rojas silvestres y sugiere que *A. sterilis* sería el progenitor de todas las avenas con 21 par de cromosomas, incluyendo a *A. byzantina*, *A. sativa*, *A. orientalis*, *A. fatua* y *A. nuda*.

### 1.3 HISTORIA DE LA AVENA EN CHILE

#### 1.3.1 Introducción

Algunas especies del género avena se conocen como malezas en el país. Según Desvaux (en Gay 1854: 359, citado por Matthei, 1995), la teatina o tiatina (*A. barbata* Pott ex Link) es una especie muy común en Coquimbo, Santiago y Antuco, y su amplia distribución en aquel entonces indicaría que su fecha de introducción al país data del período colonial. Sin embargo, si así hubiese ocurrido, lo más probable es que se hubiera introducido como maleza junto con las semillas de trigo y/o cebada internadas por los

españoles al país. También se le ha encontrado en las islas de Más Afuera, Más a Tierra y Santa Clara del archipiélago de Juan Fernández (Johow, 1896, citado por Matthei, 1995). La avenilla o arroz negro (*A. fatua* L.), otra especie presente, es citada por primera vez por Carlos Muñoz (1937), posteriormente confirma su presencia Acevedo de Vargas (1939) y Alden (1990) que la reporta en isla de Pascua. Matthei (1995) tiene la impresión que esta especie ha sido confundida con *A. barbata* L., ya que se la cita frecuentemente como maleza abundante, no siéndola según él. Sin embargo, debe tenerse presente que entre 1960 y 1975 fue una maleza muy abundante y ampliamente distribuida en las sementeras de trigo, avena, cebada y centeno en las regiones IX y X. De hecho, en investigaciones realizadas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, como en publicaciones de control químico de esos años, incluyen la avenilla y la teatina como una de las principales malezas a controlar (Ramírez *et al.*, 1968). También se encuentra presente *A. sterilis* L., aunque en sectores muy restringidos de Santiago y finalmente *A. strigosa* Schreber, presumiblemente introducida al país a inicios del siglo XIX (Matthei, 1995). Lo cierto es que no hay antecedentes objetivos para determinar si algunas de estas especies de malezas del género avena son naturales del país, como tampoco si la época en que se introdujeron ocurrió antes o después de la introducción de las avenas cultivadas.

### 1.3.2 Introducción de la avena cultivada

La avena cultivada fue introducida en Chile a inicios de la segunda mitad del siglo XIX (Opazo, 1932), por los colonizadores alemanes que llegaron al sur del país. Treutler (1958) menciona que se cultivaba en pequeñas extensiones en las provincias australes. Posteriormente, agricultores chilenos internaron variedades comerciales, principalmente desde Europa. Entre las variedades de avena creadas en otros países e introducidas a Chile está Stormking (SNA, 1927), Negra de Coulommiers, Blanca de Polonia, Precoz de Siberia, Blanca de Hungría y Blanca Alemana (Opazo, 1932). Se presume que las últimas cinco variedades no conservaron el nombre original que tenían en el país de origen y fueron red denominadas localmente, destacando la característica varietal más relevante (color del grano, largo del ciclo), en opinión de los agricultores, y manteniendo el nombre del país del cual procedían.

Posteriormente, las avenas introducidas al país conservaron su nombre original, como es el caso de las variedades Supreme (Wunder, 1943); Tama e Iris (Ramírez, 1954); Flaëming's Gold, Lohmanns Weender, Alteza Dorada y Gris Concordia (CAPROSEM, 1964 y 1966); Soleil II, Cóndor y Putnam 61 (Beratto, 1977a) y otras.

Un caso especial en el país es la avena Rubia corriente, variedad local chilena (landrace), mezcla de tipos muy heterogéneos y altamente homocigotos que tienen algunas características morfológicas comunes (Beratto, 1977b).

### 1.3.3 Investigaciones

Los primeros experimentos en avena se realizaron en la Estación Experimental de la Sociedad Nacional de Agricultura; más tarde, entre 1940 y 1947, en el Departamento de Genética y Fitotecnia del Ministerio de Agricultura. Éstos se circunscribieron, tanto en avena como en cebada, a selecciones de líneas puras que permitieron distribuir semilla mejorada en ambos cereales (Elgueta, 1950). En 1946 y 1947, en las Estaciones Genéticas de Cañal Bajo y Barro Blanco (Provincia de Osorno), se realizaron experimentos destinados a evaluar el potencial de producción de grano y forraje de algunas variedades de avena, como Svålof y Blanca Alemana (Pavéz, 1949; 1950). Entre 1956 y 1964, Erik von Baer von Tatarinoff, Director de la Asociación de Productores Semillas Baer de Gorbea, evaluó variedades de avena para producción de grano y forraje, introducidas principalmente desde Europa; algunas fueron Flaëmings Gold, Alteza Dorada, Gris Concordia y Lohmanns Weender, que llegaron a ser variedades comerciales en el país, junto a la avena Strigosa, especie diploide, que fue introducida desde Uruguay.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), creado en 1964, es el continuador de los estudios realizados por el Departamento de Investigaciones Agrícolas dependiente del Ministerio de Agricultura, e inicia oficialmente las investigaciones en fitomejoramiento genético de este cereal en 1965 en la Estación Experimental Carillanca (actualmente Centro Regional de Investigación INIA Carillanca). Desde 1959 hasta 1970 se comienza a recibir el "Vivero internacional de polvillos o royas de avena" (IORN) y la "Colección mundial de avenas", complementadas entre 1966 y 1970 con "Introducciones a la colección mundial". Estos materiales fueron aportados por el Departamento Agrícola de los Estados Unidos (USDA), con la colaboración del Dr. J.C. Craddock y posteriormente, de los Dres. R.A. Killpatrick y J.G. Moseman, y por la Oficina de Estudios Especiales de la Fundación Rockefeller, a través del Dr. J.A. Rupert y del Dr. Robert Romig.

En 1975, el Instituto de Investigaciones Agropecuaria (INIA) se incorpora al programa "Breeding Oats Cultivars Suitable for Production in Developing Countries", liderado inicialmente por el Dr. Hazel L. Shands, profesor emérito de la Universidad de Wisconsin, EEUU. Este programa fue financiado en los primeros años por la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), y posteriormente por la Quaker Oats Company, representada por los Drs. Donald J. Schrikel y Samuel H. Weaver.

Desde 1975, INIA ha tenido una ininterrumpida y productiva interacción de carácter científico y técnico con los investigadores anteriormente mencionados, que se han traducido en diferentes tipos de acciones, como intercambio de material genético, principalmente de poblaciones segregantes  $F_2$  y  $F_3$ ; evaluaciones científicas anuales al programa de mejoramiento de avena del INIA; reuniones de análisis y discusión de resultados y logros; visitas técnicas de expertos nacionales a Estados Unidos, México, Brasil, Argentina y Uruguay; y presentación de avances de investigación en congresos internacionales y seminarios, por citar sólo los principales.

En 1984, Quaker Oats de Estados Unidos firma un convenio con la Compañía Molinera El Globo, una de las principales empresas procesadoras de avena en Chile, otorgándole a ésta la licencia para elaborar los productos con la marca Quaker en el país.

En Chile, las investigaciones en mejoramiento genético de este cereal han sido realizadas principalmente por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), lideradas por el Ingeniero Agrónomo M.S., Edmundo Beratto Medina, y por el Campex Semillas Baer conducidas por el Ingeniero Agrónomo Erik von Baer von Lochow.

## **1.4 DISTRIBUCIÓN**

### **1.4.1 Superficie, producción y rendimiento mundial**

La avena ocupa el sexto lugar en producción de grano entre los cereales cultivados en el mundo después del trigo, maíz, arroz, cebada y sorgo (Murphy y Hoffman, 1992). El rendimiento, entre 1961 y 2002, ha tenido un aumento de 77,7%; mientras que la superficie y la producción mundial han disminuido en 65 y 37,8%, respectivamente, de manera particular en regiones de climas cálidos, debido a la competencia con otros cultivos por una mayor producción de energía y proteína. La Federación Rusa, junto a las ex Repúblicas que formaban parte de ésta, siembran la mayor superficie de avena, seguida en importancia por Europa, América del Norte y América del Sur. A su vez, Europa produce la mayor cantidad de este cereal; en segundo y tercer lugar se ubican la Federación Rusa (incluidas las ex Repúblicas) y América del Norte, respectivamente, y en rendimiento el primer lugar también lo ocupa Europa, luego América del Norte y en tercer lugar América del Sur. En el contexto mundial, todas las regiones han tenido un incremento en los rendimientos, pero América del Sur es la única que en este período ha tenido un aumento tanto de superficie como de producción y rendimiento; por otra parte, Argentina y Uruguay han disminuido su producción y Ecuador y Perú han disminuido su rendimiento (Cuadro 1.2).



**Cuadro 1.2** Superficie, producción y rendimiento de avena en el mundo.

Países	Superficie (ha)		Producción (ton)		Rendimiento (ton/ha)	
	1961	2002	1961	2002	1961	2002
<b>Africa</b>						
Algeria	58.649	50.000	23.214	45.000	0,39	0,90
Africa del Sur	80.000	29.000	118.183	35.000	1,48	1,21
Congo	20.000	***	12.828	***	0,64	***
Etiopía	10.000	35.000	5.000	36.000	0,50	1,03
Kenia	11.331	3.400	4.775	3.500	0,42	1,03
Lesoto	642	240	837	350	1,30	1,46
Marrueco	26.672	28.000	14.000	14.650	0,53	0,52
Túnez	22.600	9.000	4.540	1.000	0,20	0,11
	<b>229.894</b>	<b>154.640</b>	<b>183.377</b>	<b>135.500</b>	<b>0,80</b>	<b>0,88</b>
<b>América del Norte</b>						
Canadá	3.457.000	1.440.000	4.379.000	2.748.800	1,27	1,91
Estados Unidos	9.666.650	849.040	14.665.374	1.729.200	1,52	2,04
México	84.517	66.581	68.395	94.001	0,81	1,41
	<b>13.208.167</b>	<b>2.355.621</b>	<b>19.112.769</b>	<b>4.572.001</b>	<b>1,45</b>	<b>1,94</b>
<b>América del Sur</b>						
Argentina	596.700	350.000	700.000	560.000	1,17	1,71
Bolivia	6.667	5.035	4.000	4.665	0,60	0,93
Brasil	31.231	257.229	20.672	372.117	0,67	1,45
Chile	82.500	93.250	101.490	416.297	1,23	4,46
Ecuador	500	2.020	500	1.150	1,00	0,57
Perú	2.300	70.000	2.200	12.873	0,96	0,18
Uruguay	86.260	45.000	64.407	45.000	0,75	1,00
	<b>806.158</b>	<b>822.534</b>	<b>893.269</b>	<b>1.412.102</b>	<b>1,11</b>	<b>1,72</b>

IMPORTANCIA, ORIGEN, HISTORIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA AVENA

Países	Superficie (ha)		Producción (ton)		Rendimiento (ton/ha)	
	1961	2002	1961	2002	1961	2002
<b>Asia</b>						
Corea	48.000	7.500	80.000	11.000	1,67	1,47
China	1.200.000	400.000	1.100.000	600.000	0,92	1,50
Chipre	2.542	370	1.321	400	0,52	1,08
Irak	***	600	***	500	***	0,83
Israel	955	1.000	1.100	400	1,15	0,40
Japón	81.800	1.200	167.900	2.000	2,05	1,67
Líbano	1.300	420	1.900	560	1,46	1,33
Mongolia	23.000	***	12.000	***	0,52	***
Siria	3.324	6	2.641	5	0,80	0,83
Turquía	412.000	150.000	435.000	290.000	1,06	1,93
	<b>1.772.921</b>	<b>561.096</b>	<b>1.801.862</b>	<b>904.865</b>	<b>1,02</b>	<b>1,61</b>
<b>Europa</b>						
Albania	19.443	11.900	11.753	19.700	0,61	1,66
Alemania	1.073.586	233.148	2.768.654	1.015.851	2,58	4,36
Austria	155.360	32.103	335.090	131.000	2,16	4,08
Bélgica	136.328	4.000	514.450	26.000	3,77	6,50
Bulgaria	160.424	40.000	206.569	60.000	1,29	1,50
Checoslovaquia	464.762	61.026	958.932	167.708	2,06	2,75
Dinamarca	195.284	54.933	683.402	276.000	3,49	5,02
España	582.900	473.100	494.900	916.000	0,85	1,94
Finlandia	472.948	450.800	941.020	1.507.800	1,99	3,35
Francia	1.441.170	145.000	2.590.690	728.000	1,80	5,02
Grecia	148.360	45.072	144.086	76.000	0,97	1,69
Holanda	122.948	2.500	593.000	13.000	4,82	5,20
Hungría	120.767	64.000	152.461	138.000	1,26	2,16
Inglaterra	704.292	126.000	1.861.506	758.000	2,64	6,02
Irlanda	148.800	18.800	381.400	134.000	2,56	7,13
Italia	428.422	150.895	584.800	344.464	1,37	2,28
Noruega	62.062	79.450	173.700	312.000	2,80	3,93
Polonia	1.602.000	590.780	2.940.000	1.479.450	1,84	2,50
Portugal	268.141	72.000	64.952	98.000	0,24	1,36
Rumanía	243.500	218.000	274.900	382.000	1,13	1,75
Suecia	518.118	288.820	1.393.740	1.185.600	2,69	4,11
Suiza	15.086	4.000	47.200	22.400	3,20	5,60
Yugoslavia	355.000	108.022*	437.300	223.219*	1,23	2,07*
	<b>9.439.701</b>	<b>3.274.349</b>	<b>18.554.505</b>	<b>10.014.192</b>	<b>1,97</b>	<b>3,06</b>

Países	Superficie (ha)		Producción (ton)		Rendimiento (ton/ha)	
	1961	2002	1961	2002	1961	2002
<b>Oceanía</b>						
Australia	1.253.152	718.000	1.000.270	725.000	0,80	1,01
Nueva Zelandia	17.588	6.000	42.627	27.197	2,42	4,53
	<b>1.270.740</b>	<b>724.000</b>	<b>1.042.897</b>	<b>752.197</b>	<b>0,82</b>	<b>1,04</b>
URSS	11.533.000	5.540.060**	8.000.000	6.840.575**	0,69	1,23**
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>38.360.581</b>	<b>13.432.300</b>	<b>39.598.241</b>	<b>24.631.432</b>	<b>1,03</b>	<b>1,83</b>

\* Incluye: Bosnia y Herzegovina, Croacia, Macedonia, Serbia y Montenegro, Eslovenia.

\*\* Incluye: Armenia, Azerbaijón, Belarús, Estonia, Georgia, Latvia, Lituania, Tajikistán, Ucrania, Federación Rusa.

\*\*\* (sin información).

Fuente: FAO, 2003.

#### 1.4.2 Superficie, producción y rendimiento en América del Sur

América del Sur, entre 1961 y 2002 ha aumentado la superficie sembrada, la producción y el rendimiento de avena en 2,0; 58,1; y 54,9% respectivamente. Argentina ha tenido la mayor reducción de superficie, seguido de Uruguay y Bolivia, en tanto que la ha aumentado significativamente Brasil y Perú, y en una menor proporción Chile y Ecuador. Por otra parte, Argentina continúa con la mayor superficie sembrada, ubicándose Brasil y Chile en el segundo y tercer lugar, respectivamente. Los principales países productores son Argentina, Chile y Brasil. A su vez, Chile es el país que tiene el mayor rendimiento en la región; y en el mundo, entre 53 países, ocupa el noveno lugar después de Irlanda, Bélgica, Inglaterra, Suiza, Holanda, Dinamarca, Francia y Nueva Zelandia (Cuadro 1.2).

#### 1.4.3 Superficie, producción y rendimiento nacional

El Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de Chile ha mantenido desde 1935, un registro oficial, continuo, controlado y metodológico de recolección y procesamiento de información de superficie, producción y rendimientos nacionales de diversos cultivos y rubros agropecuarios. En un período de 68 años, desde 1935 a 2002, la superficie cultivada con avena ha experimentado una disminución; en tanto, la producción y los

rendimientos han tenido un importante y significativo aumento. De hecho, al comparar el quinquenio 1935-1939 con el trienio 2000-2002, se constata que el rendimiento promedio nacional aumentó en un 334,3%, desde 0,99 a 4,3 ton/ha; la producción se incrementó en un 270,4% y la superficie promedio nacional sembrada con avena disminuyó en un 15,2% (Cuadro 1.3).

**Cuadro 1.3** Evolución por quinquenios de la superficie, producción y rendimientos promedios nacionales de avena desde 1935 a 2002.

Quinquenios	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
1935 - 1939	112.954	111.367	0,99
1940 - 1944	88.220	85.638	0,97
1945 - 1949	80.518	73.640	0,92
1950 - 1954	94.008	96.476	1,03
1955 - 1959	106.076	113.986	1,08
1960 - 1964	77.288	88.990	1,15
1965 - 1969	78.652	117.322	1,49
1970 - 1974	85.162	122.653	1,44
1975 - 1979	80.130	127.234	1,59
1980 - 1984	82.946	145.716	1,76
1985 - 1989	65.306	155.764	2,39
1990 - 1994	66.264	193.988	2,93
1995 - 1999	87.246	246.976	2,83
2000 - 2002	95.827	412.510	4,30
<b>Promedio</b>	<b>85.757</b>	<b>149.447</b>	<b>1,74</b>

Fuente: INE, 2002.

#### 1.4.4 Superficie, producción y rendimiento por regiones

La avena no es cultivada en la zona septentrional de Chile, que comprende las regiones I, II, III y IV, ubicadas entre 17° y 33° de lat. S., caracterizada por un clima de altas temperaturas, alta radiación y baja caída pluviométrica.

En los últimos treinta años, desde 1972 a 2001, el país ha aumentado la superficie cultivada de 83.820 a 93.250 ha; de 111.481 a 415.895 ton; y el rendimiento promedio nacional de 1,3 a 4,5 ton/ha (Cuadro 1.4). Las principales regiones productoras de este

cereal son, en orden de importancia, la IX, VIII y X, ubicadas entre los 36° y 40° de lat. S., que siembran y producen el 95,3 y 96,5% de la avena del país (INE, 2002). Estas regiones se caracterizan por tener un clima templado a frío, fotoperiodos largos durante primavera y verano, con una precipitación que fluctúa anualmente entre 1.000 a 2.000 mm, y que en la mayoría de los años se distribuye de manera regular durante el ciclo de crecimiento y desarrollo del cereal.

**Cuadro 1.4.** Distribución de la superficie, producción y rendimiento de avena por regiones en Chile (Años 1972 y 2001).

Regiones	Superficie (ha)		Producción (ton)		Rendimiento (ton/ha)	
	1972	2001	1972	2001	1972	2001
I de Tarapacá	0	0	0	0	0	0
II de Antofagasta	0	0	0	0	0	0
II de Atacama	0	0	0	0	0	0
IV de Coquimbo	0	0	0	0	0	0
V de Valparaíso	180	160	275	560	1,53	3,50
R Metropolitana	230	90	320	328	1,39	3,64
VI del Libertador Gral. Bdo. O'Higgins	2.050	630	2.481	2.029	1,21	3,22
VII del Maule	2.490	1.590	2.515	7.807	1,01	4,91
VIII del Bío Bío	23.190	27.640	25.509	124.656	1,10	4,51
IX de La Araucanía	35.320	51.490	42.384	232.220	1,20	4,51
X de Los Lagos	18.710	9.700	38.356	44.717	2,05	4,61
XI Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	1.190	*	1.702	*	1,43	*
XII de Magallanes	60	*	78	*	1,30	*
<b>TOTAL</b>	<b>83.820</b>	<b>93.250</b>	<b>111.481</b>	<b>415.895</b>	<b>1,33</b>	<b>4,46</b>

\* sin información.

Fuente: INE, 2002.

En este período, tanto la IX como la VIII regiones han aumentado la superficie, producción y rendimiento promedio regionales de avena, mientras que la X Región aun cuando disminuyó la superficie cultivada, ha tenido un aumento en producción y rendimiento (Cuadro 1.4).

De lo expuesto se puede inferir que las regiones IX, VIII y X constituyen el centro productor de avena más importante de Chile, y que su futuro se vislumbra aún más auspicioso en la medida que se continúen elevando los rendimientos y mejorando la calidad de los granos. Asimismo, a las condiciones climáticas y óptimas de suelo para su cultivo se agrega, entre otras razones, el desafío de continuar disminuyendo la brecha existente entre los más altos rendimientos promedios, tanto nacionales como regionales, y los rendimientos logrados por los agricultores innovadores que utilizan tecnologías más avanzadas en el cultivo de este cereal, como también la de éstos con los rendimientos promedios obtenidos con las mejores variedades comerciales en los Centros de Investigación. Simultáneamente, con los aumentos de rendimiento se ha producido un mejoramiento significativo de la calidad del grano. Este último factor ha contribuido a insertar de manera exitosa la avena nacional en el mercado internacional, principalmente hacia países de América del Sur.

#### LITERATURA CITADA

- Acevedo de Vargas, R. 1939. Algunas gramíneas exóticas naturalizadas en Chile. *Rev. Chilena Hist. Nat.* 43: 80-83.
- Alden, B. 1990. Wild and introduced plants on Eastern Island. A report on some species noted in February 1988. *Courier Forsch. Inst. Senckenberg*, 125: 209-216.
- Anderson, W.J. 1984. Diet and cholesterol. The fiberfactor. 5 p. Medical Center, Lexington, Kentucky, USA.
- Beratto, E. 1977a. Variedades de avena para grano. 5 p. Boletín Divulgativo N° 3 (Ca). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Carillanca, Temuco, Chile.
- Beratto, E. 1977b. Efectividad de la selección por líneas puras en el mejoramiento de avena rubia corriente. *Agric. Téc. (Chile)* 37:150-155.
- Beratto, E. 2000. Importancia del cultivo de la avena en Chile, p. 15-18. *In: O. Romero, y E. Beratto (eds.). Variedades de avena y su utilización en producción animal e industrial. Boletín INIA N° 34.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile.
- Burrows, D.V. 1992. New role for oat based on Canadian research and technology. 8 p. Annual Meeting of Canadian Seed Growers Associations, 10 de julio de 1992. Guelph, Ontario, Canadá.
- CAPROSEM. 1964. Semillas para la temporada 1964-1965. p. 19-22. Cooperativa Agrícola de Productores de Semilla, Semillas Baer, Gorbea, Chile.
- CAPROSEM. 1966. Semillas para la temporada 1966-1967. p. 15-17. Cooperativa Agrícola de Productores de Semilla, Semillas Baer, Gorbea, Chile.

- Coffman, F. 1961. Origen and history. p. 15-37. *In*: F. Coffman (ed.). Oats and oat improvement. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Elgueta, M. 1950. Siete años de investigación agrícola. 123 p. Memoria del Ex Departamento de Genética y Fitotecnia. Departamento de Investigaciones Agrícolas. 1940-1947. Dirección General de Agricultura, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.
- FAO. 2003. Agriculture. Agricultural Data. FAOSTAT. Disponible en <http://apps1.fao.org/servlet>. Leído el 27 de junio de 2003.
- Forsberg, R. A., and H. L. Shands. 1989. Oat breeding. p. 167-207. Vol 6. *In*: J. Janick. (ed.) Plant breeding reviews. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, USA.
- Frey, J. K. 1977. Protein of oats. *Z. Pflanzenzüchtg* 78:185-215.
- Harlan, J. R. 1977. The origins of cereal agriculture in the old world. p. 357-383. *In*: C. A. Reed (ed.). Origins of agriculture. Moulton Publ., The Hague, Netherlands.
- INE. 2002. Estadísticas agropecuarias. Disponible en <http://www.ine.cl>. Leído 11 de junio de 2004.
- Kasahara, I. 1970. Avena laminada enriquecida con concentrado proteico de pescado (FPC), a partir de una nueva variedad de avena (*Avena sativa*) var. Putnam 61 y de una variedad tradicional. 77 p. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.
- Leonard, W. H., and J. H., Martin. 1963. Oats. p. 545-602. *In*: W. H. Leonard, and J. H. Martin. Cereal crops. Macmillan, New York, USA.
- Matthei, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. p. 409-412. Alfabetá Impresores, Santiago, Chile.
- Muñoz, C. 1937. Contribución al estudio de malezas nuevas chilenas. 98 p. Tesis mecanografiada, Universidad de Chile, Escuela de Agronomía, Santiago, Chile.
- Murphy, J.P., and L.A. Hoffman. 1992. The origin, history, and distribution of oats. p. 2-25. *In*: Marshall, H. G., and M. E. Sorrells (eds.). Oats science and technology. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Opazo, R. 1932. Agricultura. Monografía cultural de las plantas agrícolas. Tomo 2. p. 434-465. Cereales, plantas escardadas, horticultura. Imprenta Cervantes, Santiago, Chile.
- Pak, N., Araya, C. y Vera, G. 1991. Fibra dietética soluble e insoluble en cereales y leguminosas cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 40: 1171-1990.
- Pavez, D. 1949. Resultados experimentales con avena para pastoreo y producción de grano. *Agríc. Téc. (Chile)* 9: 32-33.

- Pavez, D. 1950. Variedades de avena para pastoreo y producción de grano. *Agricultura Austral* Vol. 18, Nº 21, p. 368-374.
- Peterson, D., D.M. Wesenberg, and D.V. Burrows. 1995.  $\beta$ -glucan content and its relationship to agronomic characteristics in oat germplasm. *Crops Science* 35: 965-970.
- Ramírez, A., N. Bofarull, J. Del Pozo, y H. López. 1968. Control químico de malezas. 52 p. Manual 1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- Ramírez, I. 1954. Ensayo de variedades de avena para forraje en verde. *Simiente* 24 (1-4): 21.
- Sampson, D.R. 1954. On the origin of oats. *Bot. Mus. Leaflet*, Harvard Uni. Cambridge, Mass. 16(10): 265-303.
- Scheneeman, B.O. 1987. Soluble versus insoluble fiber different physiological response. *Food technology* 40: 81-82.
- Stuthman, D. D. 2000. Notables resultados en investigación en avena. *Diario Austral*, 27 noviembre 2000. p. A5. Temuco, Chile.
- SNA. 1927. Memoria de los trabajos realizados el año 1926. p. 261-262. Instituto Biológico y Estación Experimental de la Sociedad Nacional de Agricultura. Sexta Edición. Sociedad Nacional de Agricultura, Santiago, Chile.
- Treutler, P. 1958. Andanzas de un alemán en Chile (1851-1863). 570 p. Editorial del Pacífico S.A., Santiago, Chile.
- Western, D. E., and W. R. Graham. 1961. Marketing, processing, uses and composition of oats and oat products. p. 552-637. *In*: F. Coffman (ed.). *Oats and oat improvement*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Vetter, J. L. 1984. Fiber as food ingredient. *Food technology* 38: 64-69.
- Wunder, B. 1943. Ensayos de variedades de avena efectuados en la Estación Genética de Osorno "Fundo Cañal Bajo". *Agricultura Austral* 10 (126): 4216-4219.