

# SIMIENTE



## EN ESTE NUMERO

### OPINIONES

- Nuevo enfoque agronómico: perfeccionar la calidad de vida. *Enrique Delgado C.* 1

### TRABAJOS DE INVESTIGACION

- Determinación de anhídrido sulfuroso y otros parámetros químicos en pasas de exportación. *Carlos Silva P., Ignacio Reyes C., L. Antonio Lizana M.* 3
- Estudio del caracol de jardín (*Helix aspersa* M.) bajo condiciones de cría artificial. *Ramón Rebolledo Ranz, Patricia Tapia, Lorena Leonelli Leonelli* 8
- Biomasa de tuna (*Opuntia ficus indica* L. Mill) como acelerador de la digestión anaeróbica de guano de bovino. *J. M. Uribe, M. T. Varnero, C. Benavides* 14
- Especies vegetales utilizadas como fuente de polen por *Apis mellifera* en la Región Mediterránea Sub-húmeda de Chile. *Liliana Iturriaga, Guacolda Avila, Miguel Gómez, Gloria Montenegro* 19

### MESA REDONDA: "BIOTECNOLOGIA AGRICOLA EN CHILE: SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS"

- Introducción. *Carlos Muñoz Schick* (Moderador) 24
- Aplicaciones de la biotecnología en la micropropagación y en el mejoramiento genético de especies vegetales. *Claudia Botti G.* 25
- Ingeniería genética y biotecnologías aplicadas a la producción animal. *Roberto Neira R.* 30
- Bioprocesos agroindustriales. *Eduardo Agosin T.* 35
- Aspectos internacionales de la biotecnología. *Gonzalo Arroyo* 47
- Intervenciones de los asistentes 53

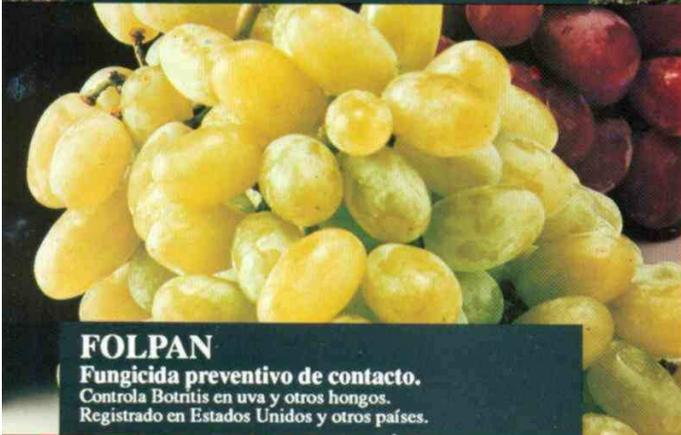
### INFORMACIONES DE LA SOCIEDAD 55

Calidad,  
rendimiento,  
rentabilidad y todo  
el respaldo de Shell  
Agrícola.



**GLYPHOGAN**

Herbicida sistémico a base de Glifosato.  
Controla malezas en cero-labranza, preparación de sitio,  
frutales y forestal.



**FOLPAN**

Fungicida preventivo de contacto.  
Controla Botritis en uva y otros hongos.  
Registrado en Estados Unidos y otros países.



**SAPROL (FUNGINEX)**

Fungicida inhibidor de esteroles.  
Controla Venturia en manzanos y Monilia y Oidio en frutales  
de carozo. Registrado en Estados Unidos.



**VENTUGAN**

Fungicida protector  
Controla Venturia en manzanos y perales  
y Tizón bacteriano del peral.

 **Shell Agrícola**   
Confianza que da frutos.

# "SIMIENTE"

FUNDADA EL 1º DE OCTUBRE DE 1942



ORGANO OFICIAL DE LA SOCIEDAD AGRONOMICA DE CHILE

VOL. 62 - ENERO - MARZO 1992 - Nº 1

DIRECTOR: INGENIERO AGRONOMO GUSTAVO SARAVIA IGLESIAS.  
SUB-DIRECTOR: INGENIERO AGRONOMO HECTOR NUÑEZ PEREZ  
SECRETARIO AYUDANTE: INGENIERO AGRONOMO CARLOS MADARIAGA LASNIER

## COMITE EDITOR

Ing. Agr. Ph.D. René Cortázar Sagarmínaga  
Ing. Agr. Guillermo García Díaz

Ing. Agr. Ph.D. Alberto Graf Marín  
Ing. Agr. Adriana Ramírez de Vallejo

*Inglés técnico:* Ing. Agr. Dr. Hiram Grove V.

## CONSULTORES TECNICOS DE ESTE NUMERO

Ing. Agr. Ph. D., Roberto H. González R.  
Ing. Civil, José Arellano V.

Prof. de Botánica, Ana María Mujica

# SOCIEDAD AGRONOMICA DE CHILE

FUNDADA EL 28 DE AGOSTO DE 1910

## CONSEJO DIRECTIVO 1990

Consejero Honorario	:	Sr. Alberto Graf Marín
Presidente	:	Sr. L. Antonio Lizana M.
1º Vicepresidente	:	Sr. Gustavo Saravia I.
2º Vice-Presidente	:	Sr. Dionisio Pavez S.
Secretario	:	Sr. Héctor Núñez P.
Tesorero	:	Sr. Héctor Núñez P.
Protesorero	:	Sr. Gustavo Saravia I.

## CONSEJEROS

Sr. Mario Astorga C.	Sr. Bernardo Latorre G.
Sr. Fernando Bas M.	Sr. Carlos Muñoz Sch.
Sra. Ana María Estévez A.	Sra. Adriana Ramírez de Vallejo
Sr. Eleodoro Fuentes P.	Sr. Oscar Rojas U.
Sr. Mario Funes R.	Sra. Norma Sepúlveda B.
Sra. Silvia Gálvez A.	Sr. Jorge Valenzuela B.
Sr. Sergio González E.	Sr. Francisco Vega A.

"SIMIENTE" Publicación Trimestral - Suscripción en el país 1992: Anual \$ 3.500; número suelto \$ 1.000. Alumnos Agronomía: suscripción anual \$ 2.000; número suelto \$ 600. Extranjero: Anual US\$ 30, franqueo aéreo certificado US\$ 10; surface mail US\$ 4. Dirección y Administración: Mac-Iver 120, Of. 36; Casilla 4109, Teléfono/FAX 384881, Santiago, Chile.

NOTA IMPORTANTE: Los valores están afectos al 18% de impuesto fiscal, IVA.



# TOPIK<sup>MR</sup> 240 EC

## VENCE LOS OBSTACULOS

CONTROLA MALEZAS GRAMINEAS.  
NO PRODUCE "AMARILLEZ" EN TRIGO.



 **CIBA-GEIGY**  
DIVISION AGRICOLA

Francisco Meneses 1980 - Fono: 2381811 - Fax: 2385394 - Casilla 9993 - Santiago  
Panamericana Sur, Km. 103,5 - Fono: 236723 - Requinoa

## ***USTED... DESEA HABLAR INGLES?***

- **INGLES INSTRUMENTAL, CURSOS ESPECIFICOS PARA:**  
Profesionales, académicos, personal empresarial, estudiantes. Ofrecemos inglés técnico direccionado a áreas especiales: agricultura, recursos naturales, economía y finanzas, minería, mercados y comercio. Estos cursos están previstos para becarios, relacionadores públicos, negociadores, exportadores, ejecutivos con intenso contacto internacional.

Sólido apoyo audiovisual moderno, al mejor nivel del país. Enseñanza individual o en pequeño grupo.

- **PREPARACION PARA EXAMENES INTERNACIONALES**  
(Enseñanza individual solamente):
  - \* TOEFL ((Test of English as a Foreign Language – U.S.A.).
  - \* CAMBRIDGE (Certificate of Proficiency in English – U.K.).
- **CURSOS DE CONVERSACION**  
Programas diferenciados para niños, jóvenes y adultos. Núcleos con un máximo de 6 personas. Enseñanza activa con énfasis en la expresión oral apoyada por modernos métodos y equipos audiovisuales.

***UNA AMPLIA EXPERIENCIA NOS RESPALDA.***

***TEMPORADA OTOÑO-INVIERNO, INICIANDOSE***

23 de Febrero 8085 – E. Teléfono 273 2228  
Santiago – La Reina

---



---

## OPINIONES

---



---

*“Puntos de vista personales en relación con algunas materias o problemas atinentes a la profesión o a la agricultura”*

### NUEVO ENFOQUE AGRONÓMICO: PERFECCIONAR LA CALIDAD DE VIDA

ENRIQUE DELGADO CASTILLO  
 Prof. Titular Universidad de Chile

#### 1. INTRODUCCION

El quehacer agronómico ha ido en constante aumento de su espacio de trabajo. Esto se observa no sólo en la formación del futuro ingeniero agrónomo que cada año incorpora materias nuevas, sino también en el impresionante crecimiento de aspectos científicos y tecnológicos.

Esta amplitud de la temática agronómica, ha ido creando la firme conciencia que hoy día los límites de las profesiones se hacen cada vez más difíciles de establecer.

Al mismo tiempo, se ha ido acrecentando la preocupación profesional por la defensa y el buen manejo del medio ambiente y de ahí han surgido nuevos espacios y enfoques.

Para muchas personas, hablar de un tema como la ecología, es enfrentarse a un asunto más bien vago y de difícil manejo. Por cierto que en nuestro medio chileno y latinoamericano, hay personas que tienen la autoridad científica y práctica para tratar el tema en toda su compleja estructura.

Desde otro ángulo, recordemos a nuestro planeta tierra que por milenios pareció vinculado casi exclusivamente al ser humano y a todas sus conquistas terrenales. Hoy, vista la tierra desde el exterior, no es otra cosa que un pequeño punto perdido en el espacio con sus casi cinco mil millones de personas. Este asombroso crecimiento de la población humana y la importancia de los recursos que lo apoyan, constituye un punto crucial no sólo para sostener el necesario crecimiento tecnológico, sino también para crear nuevos valores que ayuden en el corto plazo a individuos y naciones.

#### 2. ALGUNOS COMPONENTES

La seguridad alimentaria –condición *sine qua non* de vida– y la necesidad de sostenimiento de su potencial, es algo básico. Aunque el crecimiento mundial de cereales ha sobrepasado firmemente al crecimiento poblacional del globo, hay todavía cada año más y más gente que no dispone de los alimentos necesarios. Los países desarrollados reciben fuertes subsidios para poder competir internacionalmente. Estos subsidios han provocado la sobre utilización del suelo y de los productos químicos, lo que a su vez ha originado la polución en aguas y alimentos y la degradación de muchos campos.

Por otra parte, muchos países en desarrollo están mostrando la otra cara de la medalla. No cuentan con ninguna ayuda, los precios son insuficientes para incentivarlos y los servicios gubernativos son cada vez más escasos. En particular esto es notorio entre los pequeños agricultores los que, con tecnologías inadecuadas o insuficientes, han sido empujados hacia las tierras marginales, demasiado secas, con grandes pendientes y con muy escasos nutrientes. Los bosques y matorrales son cortados, muchas veces rozados a fuego y la tierra queda sujeta a un fuerte y rápido deterioro.

Muchas especies vegetales se encuentran próximas a desaparecer a tasas vertiginosas. Por ejemplo, quienes conocen la patagonia chilena y/o argentina pueden tener un inmenso testigo de este aserto. Con todo, existe la creencia que podría ponerse un alto a este fenómeno destructivo.

Es obvio que mantener una diversidad de especies vegetales es indispensable para un normal funcionamiento de un ecosistema y de la biósfera como un todo. El material genético originado en especies silvestres contribuye anualmente con elevadas sumas de dólares en la forma de especies mejoradas, de nuevas drogas curativas y de otras medicinas y, por cierto, con materias primas industriales.

Sin embargo, quienes pretenden elevar una voz de alerta y defensa ecológica ante su propia comunidad, ya sea nacional o mundialmente, pocas veces reciben la respuesta esperada; por el contrario, observarán actitudes neutras. Es aquí donde, a nuestro juicio, surge un antiguo y a la vez permanente desafío para el ingeniero agrónomo consciente de su papel de originador de alimentos y fibras. Aún le queda mucho

por conseguir en favor del ecosistema que maneja y su asociación con muchos otros de categorías y formas diversas.

La energía es otro componente indispensable para el diario vivir. Su desarrollo futuro avala el avance de toda la humanidad, aunque en la actualidad no hay una fuerza única o una mezcla de ellas que sean capaces de enfrentar estas necesidades. En nuestros días la energía para proporcionar dichas necesidades se origina en el petróleo, gas, carbón, energía nuclear, madera y otras fuentes llamadas primarias, como por ejemplo, la luz solar, el viento, la fuerza hídrica. Pero estos elementos son inútiles a menos que se les convierta en la energía que dé vitalidad a los servicios requeridos por el hombre, mediante equipos especiales de transformación, como estufas, turbinas, motores y otros.

### 3. ECOSISTEMA Y CALIDAD DE VIDA

La ecología, en lo que toca a su conservación y desarrollo, se entronca fuertemente con lo más deseado por el hombre desde los albores de su existencia: mantener y mejorar su Calidad de Vida.

Para esclarecer en forma cuantitativa esta legítima aspiración sobre Calidad de Vida, el Prof. Hernán Contreras Manfredi, Ing. agrónomo chileno, coescribió un libro titulado *ECOLOGIA, CONSERVACION, DESARROLLO Y CALIDAD DE VIDA*. En dicha publicación se establecen cinco factores que conforman la Calidad de Vida, mediante la siguiente función:

$$Cv = f(A, B, C, D, E)$$

lo que quiere decir que la Calidad de Vida, Cv, es una variable que está en función de los Factores A, B, C, D y E, con el significado que sigue:

- A : Factor de impacto fisiológico.
- B : Factor de impacto psicofisiológico.
- C : Factor de desarrollo cultural para la participación del individuo en la comunidad.
- D : Factor de condicionamiento social.
- E : Factor de dependencia ecológica.

Cada uno de los factores anteriores depende a su vez de algunas variables y subvariables.

Examinando resumidamente los factores, se tiene:

- A: El factor de impacto fisiológico está a su vez impactado por tres áreas primordiales que lo limitan y condicionan, a saber:
  - Variable A1 – Alimentación y nutrición.
  - Variable A2 – Salud.
  - Variable A3 – Sanidad ambiental.
- B: El factor psicofisiológico está afectado por:
  - Variable B4 – Vivienda.
  - Variable B5 – Estética ambiental.
  - Variable B6 – Posibilidades de descanso y recreación.
- C: El factor C se refiere a las potencialidades culturales y su accionar por la comunidad integrada por individuos que efectivamente participan en ella, y se pueden distinguir:
  - Variable C7 – Posibilidad de desarrollo de aptitudes y capacidades.
  - Variable C8 – Posibilidad de participación efectiva en la sociedad.
  - Variable C9 – Posibilidad de trabajo adecuado a las aptitudes del hombre.
- D: Este factor de condicionamiento social lo refleja el individuo especialmente a través de su estabilidad psicológica. Dicha estabilidad, recogida a través de diversos individuos, define las características de la comunidad, con los siguientes caracteres:
  - Variable D10 – Condicionamiento psicológico derivado de las relaciones humanas.
  - Variable D11 – Condicionamiento psicológico derivado del grado de seguridad individual y colectiva.
- E: Este factor está influenciado por importantes variables. Veamos aquéllas que lo distinguen principalmente:
  - Variable E12 – Equilibrio y productividad de los Ecosistemas.
  - Variable E13 – Estabilidad Ecológico-ambiental.
  - Variable E14 – Uso apropiado de los recursos naturales.

Este factor de Dependencia Ecológica es el que más claramente podrá descubrir en su integridad nuestra comunidad agronómica, ya que sus variables tocan la raíz misma de la supervivencia del hombre y de su destino agrosocioeconómico.

---

## TRABAJOS DE INVESTIGACION

---

### DETERMINACION DE ANHIDRIDO SULFUROSO Y OTROS PARAMETROS QUIMICOS EN PASAS DE EXPORTACION<sup>1</sup>

CARLOS SILVA P., IGNACIO REYES C. y L. ANTONIO LIZANA M.  
*Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile<sup>2</sup>.*

#### RESUMEN

Se evaluó el contenido de SO<sub>2</sub> y otros parámetros como humedad, pH, sólidos solubles, acidez y relación sol. solubles/acidez en "pasas rubias" y "pasas morenas" provenientes de 5 empresas deshidratadoras nacionales. Los resultados obtenidos mostraron que los valores de SO<sub>2</sub> detectados en las "pasas rubias" eran inferiores al límite máximo establecido por el Reglamento Sanitario de Alimentos de Chile, con excepción de una empresa. Sin embargo hubo una gran variabilidad en todas las empresas analizadas, con valores que fluctuaron entre 183,9 ppm y 1.995,1 ppm en "pasas rubias" y entre 4,3 ppm y 14,1 ppm en "pasas morenas".

En cuanto al contenido de humedad, las "pasas morenas" presentaron valores más altos que las "pasas rubias" pero no excedieron del 20% estipulado por el Reglamento del SAG, a excepción de una empresa.

Los resultados de pH fueron comparables a los descritos por la literatura. Los valores de sol. solubles de las "pasas rubias" fueron en general más altos que los valores que presentaron las "pasas morenas", y todas las empresas presentaron cifras similares.

Los valores de acidez de las "pasas morenas" fueron más altos que los valores de "pasas rubias", y todas las empresas presentaron resultados comparables a las referencias bibliográficas.

Finalmente, comparando los valores obtenidos de la relación sol. solubles/acidez se observó que las "pasas rubias" presentaron valores más altos que las "pasas morenas".

#### ABSTRACT

### DETERMINATION OF SULFUR DIOXIDE AND OTHER CHEMICAL PARAMETERS IN RAISINS FOR EXPORTATION

Sulfur dioxide content, humidity, pH, soluble solids, acidity and soluble solids/acidity ratio were evaluated in golden and dark raisins from five Chilean dehydrating producers.

The results obtained showed, with the exception of one producer, that SO<sub>2</sub> values detected in golden raisins were lower than the maximum limit established by the Chilean food sanitary regulations. However, there was a great variability in all the analyzed sources, which ranged from 183.9 ppm to 1,995.1 ppm in golden raisins and from 4.3 ppm to 14.1 ppm in dark raisins.

The humidity content, in all but one producer, was higher in dark than in golden raisins but it did not exceed the 20% stipulated by the SAG regulation.

The pH results were comparable to those reported by the literature. The soluble solids values of the golden raisins were in general higher than those of the dark raisins.

The acidity values were higher in the golden raisins and all the producers presented results which were similar to those provided by bibliographical references.

Finally, golden raisins showed higher values in the soluble solids/acidity ratio.

---

<sup>1</sup> Trabajo presentado al XXXIX Congreso Agronómico Anual y corresponde, en parte, a tesis de título de Ignacio Reyes C.

<sup>2</sup> Casilla 1004 - Santiago, Chile

## INTRODUCCION

El anhídrido sulfuroso y otros compuestos que liberan dicho gas bajo las condiciones de uso, se utilizan ampliamente como preservantes de alimentos. Sin embargo en el último tiempo la seguridad en el uso de estos agentes sulfitantes ha sido cuestionada en E.U.A., debido a su posible incidencia en reacciones asmáticas de personas alérgicas (6). Esto ha resultado en restricciones en relación a residuos de SO<sub>2</sub> total, con un límite máximo de 10 ppm en uva fresca. En relación a pasas, Japón acepta un límite máximo de 30 ppm de SO<sub>2</sub> total.

En nuestro país no se ha hecho un estudio completo de los residuos de SO<sub>2</sub> en pasas de consumo interno y de exportación.

Dentro de los diversos tipos de pasas, existen en el mercado las llamadas "pasas rubias", las que provienen de uvas blancas, principalmente Thompson Seedless, tratadas con SO<sub>2</sub> al estado de gas o con soluciones de sulfitos que también lo liberan e inhiben el pardeamiento que adquieren las uvas no tratadas. Además existen pasas llamadas "pasas morenas".

El objetivo de este trabajo es determinar los residuos de anhídrido sulfuroso así como los parámetros de humedad, pH, sólidos solubles, acidez y relación sólidos solubles/acidez presentes en "pasas rubias" y "pasas morenas" provenientes de 5 empresas deshidratadoras nacionales.

## MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos del Departamento de Agroindustria y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile.

Se utilizaron pasas rubias y morenas de la variedad Thompson Seedless, procedentes de la producción de 1987-1988, que fueron donadas por 5 empresas chilenas señaladas con las letras A a E. Las muestras, homogéneas, obtenidas al azar de un mismo lote de exportación, correspondientes a pasas elaboradas con uva de desechos de "packing", se fueron analizando a medida que se producían en las empresas deshidratadoras.

**Humedad.** Determinada de una porción de 100 g de pasas, las que fueron trozadas y de allí pesadas, en una cápsula de aluminio, 5 gramos, los cuales se colocaron en una estufa al vacío, a 70°C, por 12 horas y con 700 mm de Hg. de presión negativa, hasta lograr peso constante (2).

**Sólidos totales.** Calculados por diferencia entre 100 y el porcentaje de humedad.

**Anhídrido sulfuroso.** Se utilizó el método de Monier-Williams modificado, aceptado por A.O.A.C. (2).

El método (que utiliza el aparato descrito en la Figura 1), consistió básicamente en acidificar 50 g de pasas con HCl P.A. al 37% y destilar por 105 minutos en una corriente de Nitrógeno que arrastró el SO<sub>2</sub> producido hacia el Peróxido de Hidrógeno al 3% neutro y frío. El Peróxido de Hidrógeno transformó dicho anhídrido hasta H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, el cual fue titulado con NaOH 0,1 N (ó 0,01 N) hasta pH = 6, determinado mediante la utilización de un pH-metro.

**Sólidos solubles en agua.** Se calcularon por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos insolubles en agua.

**Sólidos insolubles en agua.** De una porción de pasas molidas se pesaron 10 g en un papel filtro, previamente secado y pesado, el cual, una vez doblado como papelillo, se sometió a una extracción con agua destilada en aparato de Soxhlet por 6 hrs.

Los diversos extractos acuosos se fueron juntando en un matraz de 1 litro, el cual se completó finalmente con agua destilada (3). Después de la extracción, el residuo en el papel filtro fue secado a 80°C hasta peso constante.

**pH.** En la determinación de los Sólidos insolubles, los extractos acuosos fueron llevados a 1 litro. De allí se sacó una alcuota de 100 ml en la cual se midió el pH en un pH-metro marca Hanna-HI 8417.

**Acidez.** En la determinación de los Sólidos insolubles, los extractos acuosos fueron llevados a 1 litro. De allí se sacó, también, una alcuota de 100 ml, la cual se tituló con NaOH 0,1 N hasta el valor de pH = 8,2, determinado mediante pH-metro.

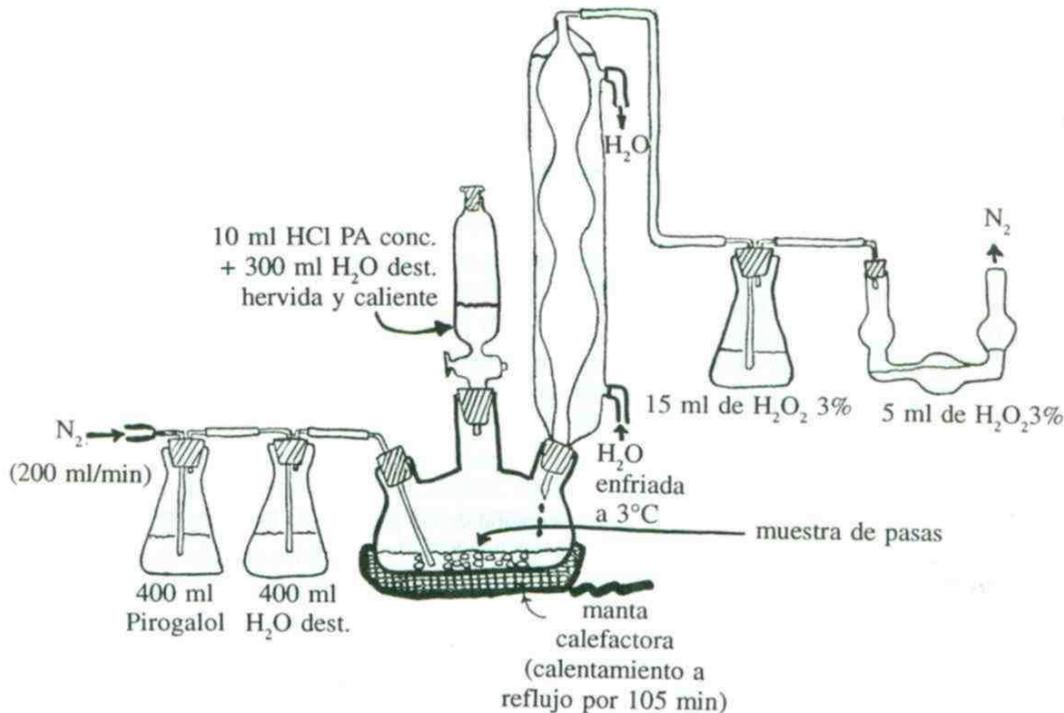


FIGURA 1. Aparato de destilación utilizado en método Monier-Williams modificado

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con el "Reglamento de productos de naturaleza seca, deshidratada y desecada de exportación" del SAG (4), los contenidos de humedad de las "pasas rubias" de todas las empresas cumplieron con el requisito de no excederse del 20% (Cuadro 1). Dicho reglamento también especifica que, si el destino es E.U.A., el máximo de humedad será 18%, y en esa situación sólo las pasas de la Empresa D no cumplieron con dicho requisito.

En cuanto a las "pasas morenas" sus contenidos de humedad tampoco excedieron del 20% estipulado, a excepción de la Empresa B. Si el destino fuera E.U.A., excederían el requisito del 18% de humedad las pasas de las empresas B, C y D.

Si se comparan pasas rubias con morenas, los contenidos de humedad de las "pasas morenas" son mayores que los de las "pasas rubias" (Cuadro 1).

Respecto a los valores de anhídrido sulfuroso, las "pasas rubias" de todas las empresas, a excepción de las de la Empresa C, estuvieron bajo el límite que establece en nuestro país el "Reglamento Sanitario de los Alimentos" (5), que es de 1.500 ppm para productos deshidratados o desecados.

Los valores de anhídrido sulfuroso detectados en "pasas morenas" estaban todos bajo las 10 ppm (referencia a la exigencia para uva fresca en E.U.A.), a excepción de la Empresa C.

Si se comparan ambos tipos de pasas, es evidente que las "pasas rubias" tienen contenidos de  $\text{SO}_2$  muchísimo más altos que las "pasas morenas", que teóricamente no lo deberían tener.

En todo caso lo más notorio en estos valores de  $\text{SO}_2$  es la gran variabilidad en los resultados encontrados, tanto en pasas rubias como morenas.

- Los resultados obtenidos para pH, son similares a los descritos por la literatura (7) y no se observaron grandes diferencias entre las "pasas rubias" y las "pasas morenas".
- Los valores de sólidos solubles de las "pasas rubias" (expresados en g/100 g) presentaron gran

**CUADRO 1. Análisis comparativo del contenido de humedad, anhídrido sulfuroso, pH, sólidos solubles, acidez y relación sólidos solubles/acidez, en pasas rubias y morenas de diferentes empresas deshidratadoras**

EMPRESA DESHIDRA- TADORA	Humedad (g/100g)		SO <sub>2</sub> (ppm)		pH		S. solubles (g/100g)		Acidez % ác. tartárico		S. solubles/ acidez	
	Rubias	Morenas	Rubias	Morenas	Rubias	Morenas	Rubias	Morenas	Rubias	Morenas	Rubias	Morenas
Empresa A	15,5	17,3	936,6	6,0	3,71	3,73	81,1	77,7	1,87	2,45	43,37	31,71
Empresa B	13,5	20,5	658,4	7,6	3,77	3,73	82,4	74,9	1,99	2,71	41,41	27,64
Empresa C	14,2	18,6	1.995,1	14,1	3,51	3,77	80,2	77,0	2,32	2,98	34,57	25,84
Empresa D	18,4	18,8	1.425,3	9,6	3,64	3,81	77,3	76,2	2,03	1,81	38,08	42,10
Empresa E	13,4	16,3	183,9	4,3	3,80	3,70	82,5	78,7	2,37	2,67	34,81	29,48
$\bar{x}$	15,0	18,3	1.039,9	8,3	3,69	3,75	80,7	76,9	2,12	2,52	38,45	31,35

similitud en todas las empresas analizadas, a excepción de las pasas de la Empresa D, que tienen un valor 6,3% más pequeño que la empresa con el valor más alto.

En cuanto a las "pasas morenas", los resultados de sólidos solubles (expresados en g/100 g) fluctuaron entre 74,9 y 78,7.

Al comparar los valores de sólidos solubles de ambos tipos de pasas, se observó claramente que los de las "pasas rubias" eran más altos que los valores encontrados en "pasas morenas", en todas las empresas analizadas.

- Al observar en el Cuadro 1 los valores de acidez (expresados en % de ácido tartárico) de las "pasas rubias", éstos fluctuaron entre 1,87 y 2,37%, y en las "pasas morenas" fluctuaron entre 1,81% y 2,98%, todos los cuales son comparables a los descritos en otros trabajos (3).

Si se comparan ambos tipos de pasas, se observó que la acidez de las "pasas morenas" supera a la de las rubias (18,87% de diferencia entre promedios), y esto podría deberse a la presencia de sulfitos en las "pasas rubias", los cuales han neutralizado previamente los ácidos presentes por su hidrólisis básica o también por el tratamiento con "soda" (que neutralizaría los ácidos) que sufren las "pasas rubias" durante su preparación.

- Respecto a la relación sólidos solubles/acidez, las "pasas rubias" de todas las empresas presentaron relaciones altas que van desde 34,57 hasta 43,37. Lo mismo se observó en las "pasas morenas", donde los valores de esta relación iban desde 25,84 hasta 42,1. Comparando las relaciones de ambos tipos de pasas, se observó que las "pasas rubias" presentaron valores más altos que las "pasas morenas".
- Finalmente, si se comparan entre sí algunos de los parámetros analizados, en las "pasas rubias" se comprobó una relación inversa entre los sólidos solubles, que representan principalmente a los azúcares, y el contenido de anhídrido sulfuroso. Es decir, a mayor contenido de azúcares hay un menor contenido de SO<sub>2</sub>, aunque sin mantener una proporcionalidad, lo cual estaría de acuerdo con lo descrito por otros autores (1, 7).  
También se observó, en las "pasas rubias", una relación inversa entre los valores de pH y el contenido de anhídrido sulfuroso.  
En cambio, no se observó una relación tan clara entre la acidez y el contenido de anhídrido sulfuroso en "pasas rubias", a pesar que las de la Empresa E, que presentaban la mayor acidez, tuvieron el menor contenido de SO<sub>2</sub>. Lo mismo se podría decir respecto a la relación sólidos solubles/acidez y el contenido de SO<sub>2</sub>, pues, a pesar que las "pasas rubias" de la Empresa C presentaron la menor relación sólidos solubles/acidez y el mayor contenido en SO<sub>2</sub>, no se observó lo mismo en el caso inverso (Empresa A).

### CONCLUSIONES

- Los valores de anhídrido sulfuroso detectados en "pasas rubias", fueron inferiores al límite máximo (de 1.500 ppm) establecido por el Reglamento sanitario de alimentos de Chile, a excepción de las pasas de la Empresa C.

En cuanto a las "pasas morenas", los valores de SO<sub>2</sub> estaban todos bajo las 10 ppm (referencia a la exigencia para uva fresca en E.U.A.), a excepción de la Empresa C. Respecto al límite máximo de 30 ppm aceptado por Japón, todas las pasas lo cumplieron.

En todo caso, tanto en las "pasas rubias" como en las "pasas morenas" se observó una gran variabilidad en los resultados de todas las empresas, con valores que iban desde 183,9 ppm hasta 1.995,1 ppm en "pasas rubias" y desde 4,3 ppm hasta 14,1 ppm en "pasas morenas".

- En relación al contenido de humedad, las "pasas morenas" presentaron valores más altos que las "pasas rubias", pero no excedieron del 20% estipulado por el Reglamento de productos de naturaleza seca, deshidratada y desecada de exportación del SAG, a excepción de la Empresa B.
- Los resultados obtenidos para pH, fueron comparables a los descritos por la literatura en todos los tipos de pasas y en todas las empresas analizadas. Se observó, sin embargo, en las "pasas rubias", una relación inversa entre los valores de pH determinados y el contenido de SO<sub>2</sub>.
- Los valores de sólidos solubles de las "pasas rubias" fueron más altos que los que presentaban las "pasas morenas", y todas las empresas presentaron cifras similares, a excepción de la Empresa D. Se observó también, en las "pasas rubias", una relación inversa entre los sólidos solubles, que representan principalmente a los azúcares, y el contenido de anhídrido sulfuroso.
- Los valores de acidez de las "pasas morenas" fueron más altos que los de "pasas rubias", y todas las empresas presentaron resultados comparables a los descritos en la literatura.
- La relación sólidos solubles -acidez, presentó en general valores altos, y fue mayor en las pasas rubias que en las morenas.

### BIBLIOGRAFIA

1. ADACHI, T. *et al.* 1979. "On the combination of sulphite with food ingredients (aldehydes, ketones and sugars). Z. Lebensm. Unters. Forsch. 168: 200-205.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1984. Official methods of analysis 14<sup>th</sup> ed. Arlington, Virginia, A.O.A.C. 1141 pp.
3. JACOB, H.E. 1942. The relation of maturity of the grapes to the yield, composition, and quality of raisins. Hilgardia. Vol. 14, N° 6: 327.
4. REGLAMENTO DE PRODUCTOS DE NATURALEZA SECA, DESHIDRATADA Y DESECADA DE EXPORTACION. 1978. SAG - División Protección Agrícola. Capítulo N° 1, pag. 48.
5. "REGLAMENTO SANITARIO DE LOS ALIMENTOS". 1982. Título IX, Artículo 156. Ministerio de Salud Pública, Chile.
6. STEVENSON, D.D. and SIMON, R.A. 1981. "Sensitivity to ingested metabisulfites in asthmatic subjects". J. Allergy Clin. Immunol. 68: 26-32.
7. WINKLER, A.J., COOK, J.A. and KLIEWER, W.M. 1974. General Viticulture, 2<sup>nd</sup> ed. Univ. Calif. Press, Berkeley, Ca. 710 pp.

¿POSTULA A UNA BECA? – PREPARE SU EXAMEN DE INGLÉS CON TIEMPO. NUESTRO AVISO DE PÁGINA IV LE ORIENTARÁ.

---

 TRABAJOS DE INVESTIGACION

 ESTUDIO DEL CARACOL DE JARDIN *Helix aspersa* M, BAJO CONDICIONES DE CRIA ARTIFICIAL

 RAMON REBOLLEDO RANZ, PATRICIA TAPIA, LORENA LEONELLI LEONELLI  
 Universidad de La Frontera<sup>1</sup>

## RESUMEN

La existencia en Chile de un mercado potencial para *Helix aspersa* planteó la necesidad de estudiar algunos aspectos del caracol, tales como sus hábitos alimenticios, plantas hospederas y comportamiento bajo condiciones de cautiverio.

Aplicada la metodología de crianza al aire libre, *H. aspersa* mostró una adecuada capacidad de adaptación a las condiciones ambientales de la Novena Región.

Durante un período de más de tres meses de revisión de plantas hospederas, las que presentaron un mayor grado de infestación fueron: acanto, acelga, rosa y maíz.

En condiciones de cautiverio, las especies vegetales más apetecidas por *H. aspersa* correspondieron a *Brassica oleracea* var. capitata (repollo) y *Lactuca sativa* (lechuga).

Las dietas con mejores resultados fueron: la 3, que tenía *Beta vulgaris* var cycla; *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata* y *Cirsium lanceolata*; la dieta 1, que presentaba *Acanthus mollis*, *Cynara scolymus*, *Lactuca sativa* y *Rosa* sp., y la dieta testigo, a base de *Brassica oleracea* var. capitata. Todas las dietas del ensayo incluyeron harinilla, carbonato de calcio y agua.

## ABSTRACT

 STUDY OF THE GARDEN SNAIL *Helix aspersa* M. UNDER ARTIFICIAL OFFSPRING CONDITIONS

There is a potential market for *Helix aspersa* in Chile. The study of their behaviour and feeding habits under artificial growing conditions was undertaken.

The growth and development outdoors of *H. aspersa* in the IX Region was a success, because of its easy adaptation to the environment conditions of the area.

During more than three months of observation it was concluded that *H. aspersa* has a defined preference for feeding on acanto, beets, rose, horsebeans and corn.

Under artificial growing conditions, *H. aspersa* preferred *Brassica oleracea* var. capitata and *Lactuca sativa*. A ration (N° 1) composed by all the vegetables included in other treatments on trial, and the one composed by acanto, artichoke, lettuce and rose were also easily preferred.

## INTRODUCCION

En la naturaleza existen centenares de especies de caracoles, pero solamente una docena de ellas son comestibles, de las cuales hay dos que son las más apetecidas en Europa: *Helix pomantia*, conocido como caracol de Bourgogne, y *Helix aspersa*, llamado comúnmente caracol de jardín.

En Europa, *H. aspersa* se ha convertido en un plato especial, lo cual se ha traducido en una explotación desmesurada, trayendo como consecuencia una fuerte disminución en su población (Elmslie, 1982; Rousselet, 1982; Viladevall, 1983; Gallo, 1984).

El valor nutritivo del caracol es equiparable al de la carne de pescado en cuanto a proteínas y calorías, con la ventaja de tener muy poca grasa. En este aspecto supera a las otras carnes. Sus proteínas contienen casi la totalidad de los aminoácidos esenciales para el hombre (Gallo, 1984).

---

<sup>1</sup>Casilla 54-D - Temuco, Chile.

En Chile, *H. aspersa* presenta, para las Regiones V a VII, dos generaciones anuales. La primera ocurre en Septiembre y la segunda a comienzos del otoño (Hormazábal, 1987), y constituye una plaga permanente que obliga a los agricultores a un constante control mediante la aplicación de agroquímicos, elevando los costos de producción por unidad de superficie (Bruna, 1986; Hormazábal, 1987).

Por lo anterior y dada su gran abundancia en Chile, que coincide con la gran demanda que existe en otros países, se estudiaron en Temuco las plantas hospederas del caracol y su comportamiento bajo condiciones de cautiverio.

### MATERIALES Y METODOS

Para estudiar los hospederos de *H. aspersa* en Temuco, se revisaron diferentes especies vegetales en un total de 10 plantas por especie, una vez al mes durante más de tres meses (31/03/87 al 05/07/87), anotándose en cada muestreo la presencia o ausencia de *H. aspersa*. Si esta especie estaba presente, se indicaba el grado de infestación de acuerdo a las escalas que se presentan en el Cuadro 1.

**CUADRO 1. Estimación de infestación de plantas por *Helix aspersa***

Escala de infestación	Nº de individuos por planta	Grado de infestación
A) Plantas menores		
I	1 a 5	bajo
II	6 a 10	medio
III	11 ó más	alto
B) Plantas mayores		
I	1 a 15	bajo
II	16 a 50	medio
III	51 ó más	alto

Para criar caracoles, se confeccionaron 15 jaulas de 50 cm de ancho; 50 cm de largo y 50 cm de altura, recubriéndolas con una red de material plástico. La base fue tapizada con polietileno y recubierta con una capa de 20 cm de tierra, manteniendo las jaulas al aire libre, sin ninguna protección.

El método de crianza usado fue la técnica de cría parcial, limitada a introducir en el criadero individuos recogidos en estado salvaje, con el fin de engordarlos para dejarlos como posibles reproductores (Gallo, 1984).

En este ensayo se usaron 450 caracoles colectados en el campo, de los cuales se pusieron 30 por jaula, y se alimentaron con concentrado (harinilla), carbonato de calcio para suplir posibles deficiencias de calcio, agua, y los vegetales que se señalan a continuación:

*Acanthus mollis* (acanto), *Zantedeschia aethiopica* (cala), *Cirsium lanceolatum* (cardo negro), *Cynara scolymus* (alcachofa), *Lactuca sativa* (lechuga), *Taraxacum officinale* (diente de león), *Tussilago farfara* (tusilago), *Brassica oleracea* var. capitata (repollo), *Plantago lanceolata* (siete venas), *Beta vulgaris* var. cycla (acelga), *Rosa* sp (rosa), *Hydrangea hortensia* (hortensia), *Urtica* sp (ortiga).

A los 30 caracoles inmaduros colocados en cada jaula, se les suministraron 300 gr. de las dietas que se indican:

**Dieta Testigo** : Recomendada por Viladevall (1983)<sup>1</sup>.

**Dieta Nº 1** : Hojas de:  
*Lactuca sativa*  
*Cynara scolymus*  
*Acanthus mollis*  
*Rosa* sp

**Dieta Nº 2** : Hojas de:  
*Urtica* sp  
*Tussilago farfara*  
*Zantedeschia aethiopica*  
*Hydrangea hortensia*

<sup>1</sup>Consiste en suministrar hojas de *Brassica oleracea* var capitata y alimento concentrado (harinilla más carbonato de calcio y agua).

<b>Dieta N° 3</b>	<b>: Hojas de:</b> <i>Beta vulgaris</i> var <i>cycla</i> <i>Taraxacum officinale</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Cirsium lanceolatum</i>	<b>Dieta N° 4</b>	<b>: Todas las anteriores, en partes iguales.</b>
-------------------	--	-------------------	---

Los alimentos se suministraron diariamente en cantidades suficientes, lo mismo que el agua, para suplir las necesidades fisiológicas del caracol, como también para humedecer la tierra. El ensayo fue:

Tratamiento testigo	: Dieta recomendada por Viladevall (1983).
Tratamiento II	: Dieta N° 3
Tratamiento III	: Dieta N° 2
Tratamiento IV	: Dieta N° 4
Tratamiento V	: Dieta N° 1

Terminado el ensayo, que tuvo tres repeticiones, se pesaron los caracoles de cada jaula.

Para estudiar el efecto de las diferentes dietas, se realizó un análisis de varianza. Luego, para analizar cada tratamiento respecto a la dieta patrón, se aplicó el test de Student, al nivel 0,05 de significación.

## PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### Plantas hospederas de *Helix aspersa* en el área de estudio

De las observaciones y recuentos de las plantas hospederas revisadas en Temuco, *Helix aspersa* se presentó en las especies vegetales que se muestran en el Cuadro 2.

Las especies mayormente infestadas fueron, entre otras:

*Acanthus mollis*, *Rosa* sp, *Beta vulgaris* var. *cycla*, y *Zea mays*. Otras plantas infestadas en menor grado, correspondieron a especies señaladas en el mismo Cuadro.

De todas las especies revisadas, solamente *Rosa* sp (rosa) y *Acanthus mollis* (acanto) presentaron grado III de infestación. El resto de las plantas examinadas mostraron un grado de infestación que varió del I al II entre y una y otra medición y en algunas otras ocasiones las plantas no presentaron infestación al momento de la revisión.

Estos resultados concuerdan con lo que indica Viladevall (1983) al señalar que los caracoles suelen tener preferencias por ciertas plantas. Según Gallo (1984) los caracoles buscan preferentemente plantas jóvenes y con poca fibra.

### Plantas de preferencia de *Helix aspersa* bajo condiciones de cautiverio

De las especies vegetales suministradas a los caracoles (Cuadro 3), se observó que las más apetecidas por éstos resultaron ser *Brassica oleracea* var. *capitata* (repollo) y *Lactuca sativa* (lechuga). Esto podría deberse a que son las que presentan un mayor grado de hidratación, lo que concuerda con Viladevall (1983), aunque éste recomienda las coles, por su mayor resistencia al deterioro y marchitez.

Otras especies consumidas en menor grado, fueron *Acanthus mollis* (acanto), *Beta vulgaris* var. *cycla* (acelga), *Cirsium lanceolatum* (cardo) *Cynara scolymus* (alcachofa), *Rosa* sp. (rosa) y *Urtica* sp. (ortiga). *Hydrangea hortensia* (hortensia), *Plantago lanceolata* (siete venas), *Zantedeschia aethiopica* (cala) y *Tussilago farfara* (tusilago) resultaron ser las especies menos apetecidas. Es posible estimar que ello podría deberse a que dichas plantas se deshidratan muy rápidamente, lo cual las hace menos requeridas por los caracoles, ya que éstos prefieren los vegetales frescos (Gallo, 1984).

Según Roussellet (1982), las investigaciones para determinar cuál es el alimento preferido del caracol no han dado resultados concordantes, pudiéndose afirmar que sólo parece haber gustos individuales diferentes. Además, señala que en otras experiencias realizadas para buscar las preferencias alimenticias del caracol, habría desigualdad en la elección del alimento dentro de una misma especie, y sería debido

CUADRO 2. Listado de las especies de plantas revisadas en el período de estudio, indicación de las plantas hospederas y grado de infestación de las mismas por *Helix aspersa*

Especies	31/03/87	6/04/87	1/05/87	5/06/87	5/07/87
ACANTACEAS					
<i>Acanthus mollis</i>	III	III	III	III	III
BETULACEAS					
<i>Betula pendula</i>	I	I			
COMPUESTAS					
<i>Cirsium lanceolatum</i>	I	I			I
<i>Cynhorium</i> sp.					I
<i>Cynara scolymus</i>					
<i>Lactuca sativa</i>		I	I	I	I
<i>Taraxacum officinale</i>	I	I			
CRUCIFERAS					
<i>Brassica oleracea</i> var. capitata		I	I	I	
CUCURBITACEAS					
<i>Cucurbita</i> sp.		I	I		
ERICACEAS					
<i>Rhododendron arborem</i>	I	I			
FABACEAS					
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	I	I			
<i>Trifolium repens</i>					
<i>Vicia faba</i>	II				
GRAMINEAS					
<i>Zea mays</i>		II	II		
LILIACEAS					
<i>Allium porrum</i>			I	I	
PLANTAGINACEAS					
<i>Plantago lanceolata</i>					
QUENOPODIACEAS					
<i>Beta vulgaris</i> var. cycla		I	I	I	I
<i>Spinacia oleracea</i>					
ROSACEAS					
<i>Fragaria</i> sp.	I				
<i>Malus communis</i>					
<i>Prunus doméstica</i>	I	I		I	
<i>Prunus persica</i>					
<i>Rosa</i> sp.	III	II	II	I	
<i>Rubus idaeus</i>					
SAXIFRAGACEAS					
<i>Saxifraga sarmentosa</i>			I	I	I
SOLANACEAS					
<i>Capsicum annuum</i> var. Longun	I				
<i>Solanum lycopersicum</i>					
TEACEAS					
<i>Camelia japonica</i>	I	I	I	I	I
UMBELIFERAS					
<i>Apium graveolens</i>					
<i>Daucus carota</i>					
<i>Petroselinum hortense</i>					
URTICACEAS					
<i>Urtica</i> sp					
VITACEAS					
<i>Vitis vinifera</i>	I	I			

Grado I: bajo

Grado II: medio

Grado III: alto

CUADRO 3. Plantas preferidas por *Helix aspersa* bajo condiciones de cautiverio

Familias	Grado de preferencia	Familias	Grado de preferencia
ACANTACEAS		PLANTAGINACEAS	
<i>Acanthus mollis</i>	I	<i>Plantago lanceolata</i>	I
ARACEAS		QUENOPODIACEAS	
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	I	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cycla</i>	II
COMPUESTAS		ROSACEAS	
<i>Cirsium lanceolatum</i>	II	<i>Rosa</i> sp.	II
<i>Cynara scolymus</i>	II	SAXIFRAGACEAS	
<i>Lactuca sativa</i>	III	<i>Hydrangea hortensia</i>	I
<i>Tussilago fartara</i>	I	URTICACEAS	
CRUCIFERAS		<i>Urtica</i> sp.	II
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	III		

Grado I: (menor preferencia)

Grado II: (preferencia intermedia)

Grado III: (mayor preferencia)

a la diferencia de su biotipo<sup>1</sup>. Por otro lado, los caracoles pueden desear un alimento nuevo aún cuando sea el que consume normalmente esta especie.

#### Efecto de las diferentes dietas sobre el crecimiento del *Helix aspersa*

Según los resultados obtenidos por el test de Student, las dietas 1 y 3 no presentaron diferencias significativas respecto a la dieta patrón, es decir, los promedios eran semejantes al de ésta; en cambio las dietas 2 y 4 fueron significativamente inferiores a ella ( $p \leq 0,05$ ).

Estos resultados concuerdan con la opinión de Gallo (1984), quien señala que los alimentos que más le agradan al caracol son prácticamente todos los vegetales frescos y jugosos (hojas de lechuga, coles, hojas de ortiga, etc.), y las dietas 1 y 3 y patrón reúnen la mayoría de los alimentos verdes con gran porcentaje de agua, por lo cual tienen un elevado índice de consumo.

#### Posibilidad de crianza de *Helix aspersa* en la Novena Región

Dadas las altas temperaturas existentes en esta Región durante el período de ensayo (primavera), se hace difícil este trabajo aunque los caracoles alcanzaron en la dieta 1 un mayor peso de 7 g. en dos meses. Se considera que las metodologías empleadas no fueron lo suficientemente adaptadas a las condiciones particulares y propias de esta Región: las temperaturas fueron superiores a las óptimas para el desarrollo de esta especie, pudiendo ser mejoradas adaptando alguna metodología que le dé al caracol condiciones adecuadas. Es posible que al estar las jaulas al aire libre, sin ninguna protección, pueden haber influido las altas temperaturas diarias, reduciendo la actividad de los caracoles solamente a la noche.

Según Hormazábal (1987), en los ensayos hechos hasta ahora en Chile, se ha invertido alrededor de dos años para estudiar, ensayar y adaptar la tecnología correspondiente.

En base al trabajo realizado, sería posible criar el caracol *Helix aspersa*, en la Novena Región, considerando los puntos antes mencionados.

#### CONCLUSIONES

*Helix aspersa* se presenta, bajo las condiciones ambientales de Temuco, como un animal polífago, cuyas especies vegetales más consumidas pertenecen a las familias Acantaceae, Betulaceae, Brassicaceae, Cucurbitaceae, Fabaceae, Gramíneas, Liliaceae, Quenopodiaceae, Rosaceae, Saxifragaceae, Solanaceae, Teaceae y Vitaceae.

<sup>1</sup> Espacio geográfico en el que vive un grupo de seres sometidos a condiciones relativamente constantes o cíclicas.

Las plantas mayormente consumidas por *Helix aspersa* en crianza artificial al aire libre, fueron la dieta uno, que contenía: *Acanthus mollis*, *Lactuca sativa*, *Cynara scolymus* y *Rosa* sp; la dieta tres, en la cual se encontraban *Cirsium lanceolatum*, *Beta vulgaris* var. *cycla*, *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata*, y la dieta testigo, a base de *Brassica oleracea* var. *capitata*.

*Helix aspersa* logró una adecuada adaptación a las condiciones de cautiverio, por lo cual es posible su crianza artificial al aire libre en la IX Región, ojalá con sombreado opcional para evitar las temperaturas muy altas.

#### BIBLIOGRAFIA

- BRUNA, G. 1986. Caracol de tierra, un cultivo rentable. Informativo del Agro "La Tercera de la Hora", 18 de Nov., Santiago.
- ELMSLIE, L. 1982. Los caracoles y su cría, Revista Mundial de Zootecnia 41: 20-27.
- GALLO, G. 1984. El caracol: cría y explotación. 2ª Edición. Mundi-Prensa, Madrid 178 pp.
- HORMAZABAL, M. 1987. Caracoles de tierra: nueva alternativa de exportación no tradicional. Próxima Década 58: 4-7
- ROUSSELET, M. 1982. Cría y producción del caracol. 2ª Edición. Mundi-Prensa, Madrid. 144 pp.
- VILADEVALL, I. 1983. El caracol, cría y producción. 2ª Edición. Aedos, Barcelona. 147 pp.



## TRABAJOS DE INVESTIGACION

BIOMASA DE TUNA (*Opuntia ficus indica* L. Mill) COMO ACELERADOR DE LA DIGESTION ANAEROBICA DE GUANO DE BOVINO<sup>1</sup>

Egres. de Agron., J. M. URIBE

Quim. Farm., M. T. VARNERO. Ing. Agr., C. BENAVIDES

Depto. Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile

## RESUMEN

La tuna es una de las especies mejor adaptadas a condiciones ecológicas marginales, por lo cual resulta interesante evaluar la factibilidad de utilización del material vegetativo del cultivo de tuna en la obtención de biogás.

En este trabajo se evaluó la respuesta de la fermentación de guano de bovino al incorporar cladodios de un año, secos y molidos, en proporciones de 0-25-50-75-100%. Las muestras se incubaron a 30°C con un nivel de 4% de sólidos totales, en digestores tipo Batch de 1 litro de capacidad. Se realizó análisis de pH y sólidos totales en pre y post-fermentación. Periódicamente se midió la producción de biogás.

Los resultados obtenidos muestran que la fermentación metanogénica se ve favorecida con la incorporación de cladodios de tuna, ya que disminuye el Tiempo de Inicio del Proceso en 10 días, se incrementa la producción diaria promedio de biogás en un 19% con respecto al tratamiento guano de bovino, y se alcanzan niveles de metano cercanos al 70% en la mezcla tuna (3/4) -guano de bovino (1/4).

## ABSTRACT

BIOMASS OF PRICKLY PEAR (*Opuntia ficus indica* L. Mill) AS A BOVINE MANURE ANAEROBIC DIGESTION ACCELERATOR

Prickly pear is one of the species best adapted to marginal ecological conditions, therefore it is interesting to evaluate the feasibility of using prickly pear vegetative material to produce biogas.

The present investigation evaluated the effect on bovine manure fermentation with the incorporation of one year aged prickly pear cladodes (dry and milled), in a proportion of 0-25-50-75 and 100%. The samples were incubated at 30°C with a concentration of 4% total solids in 1 liter capacity batch-type digestors. Analysis of pH and total solids were done in pre- and postfermentation. Biogas production was measured periodically.

The results obtained show that methanogenic fermentation is favoured by prickly pear cladodes incorporation; the delay of initiation of the process was reduced by 10 days; the daily mean production was increased by 19% with respect to the bovine manure treatment; and near 70% methane levels are reached, with the prickly pear (3/4) and bovine manure (1/4) mix.

## INTRODUCCION

La tuna (*Opuntia ficus indica* L. Mill), representa una importante alternativa de captación de energía solar y conversión a energía química almacenable en la biomasa (Acevedo y Doussoulin, 1984), para una extensa área comprendida entre la Primera y la Séptima Región. Esta especie es la única cultivada en Chile que presenta Metabolismo Acido de las Crasuláceas (CAM) (Badilla, 1987), comprendiendo a uno de los grupos de mayor éxito en los ambientes desérticos, ya que pueden desarrollarse en suelos con alto déficit de lluvias, produciendo interesantes volúmenes anuales de biomasa (Hepner, 1987). Al respecto, Acevedo

<sup>1</sup>Proyecto financiado por FIA (Ministerio de Agricultura).

y Doussoulin (1984) reportaron producciones de 13,65 t MS/ha año en tunales de 5 años cultivados bajo semi riego en Til Til. Por otra parte, García de Cortázar (1989) determinó potenciales productivos de 29 t MS/ha año para Rinconada de Maipú, donde las condiciones de manejo impuestas difieren de las de Til Til en términos de un alto nivel de fertilidad, ausencia de restricciones hídricas y control permanente de malezas.

El patrón bioquímico y la velocidad de biodegradación de los desechos están estrechamente ligados con el desarrollo y la actividad microbiana del sistema anaeróbico. Esta depende de las características de la materia prima, del pH del medio, de los niveles de sólidos totales y de la temperatura del proceso, lo que determina el período de digestión (Varnero y Arellano, 1990).

Contreras y Tohá (1984) determinaron la capacidad generadora de H<sub>2</sub> de una mezcla homogénea de tuna, sometida a un proceso de fermentación anaeróbica, la cual mostró que el material producía un 17% de H<sub>2</sub> en un período de 72 horas, manifestando la rapidez en entrar en reacción. Además comprobaron la influencia del grado de lignificación del material, sobre la susceptibilidad de ser digerido, encontrándose una relación inversa entre el nivel de lignina presente en los tejidos y el volumen de gas generado. Por otra parte, el pH de la mezcla fue un factor importante en el proceso, ya que influyó directamente sobre la acción de los microorganismos haciendo que éstos cesaran su actividad a un pH inferior a 5,2.

A raíz de estos antecedentes el estudio del comportamiento de la mezcla tuna-guano bovino, como fuente de energía, resulta ser de especial importancia, dado el rol que juegan estos recursos en una amplia zona geográfica de Chile.

#### MATERIALES Y METODOS

Para estudiar el comportamiento de los materiales, se llevó a cabo una investigación en el Laboratorio de Reciclaje Orgánico de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, en el verano de 1990. Para ello se elaboraron mezclas homogéneas de cladodios de tuna y guano de bovino en diferentes proporciones (Cuadro 1), en digestores con carga estacionaria (tipo Batch), mantenidos en un baño termostático. La unidad experimental estuvo constituida por un digestor de 1 litro de capacidad y un gasómetro. La temperatura de incubación fue de 30°C y se controló con un termostato Jackson.

Los digestores se prepararon suspendiendo en agua las materias primas seleccionadas hasta obtener un 4% de sólidos totales. Los cladodios fueron secados en estufa a 60°C hasta peso constante y luego triturados en un molino para obtener un material pulverizado. El guano de bovino, fue recolectado en la lechería del predio Antumapu y se utilizó al estado fresco. Como activador se usó lodo del digestor de la Facultad.

Se realizaron mediciones periódicas de producción de biogás y su contenido en CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. Además, se realizó análisis de pH y sólidos totales (ST) en pre y post fermentación.

CUADRO 1. Tratamientos: mezclas homogéneas de cladodios de tuna y guano de bovinos

Tratamientos % ST tuna	Materiales (g) guano-tuna		Inclusión (%) guano-tuna		Activador (%)
100	0	28	0	100	1
75	7	21	25	75	1
50	14	14	50	50	1
25	21	7	75	25	1
0	28	0	100	0	1

ST = Sólidos totales.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se pone en evidencia el marcado efecto de la tuna sobre los pH medidos al final del proceso fermentativo, observándose una variación desde 7,5 (guano 100%) hasta 5,3 (tuna 100%).

La velocidad de biodegradación de los materiales estuvo estrechamente relacionada con el pH final y se expresó en la reducción de los ST (Figura 2). Así, a pH ácidos (menores de 5,5) la degradación del material orgánico, medida como porcentaje de disminución de los ST en el digestor, fue inferior al 35%. Con respecto a los otros tratamientos, la reducción de ST varió desde un 50% (guano 100%) hasta un valor máximo de 61% en el tratamiento con 75% de tuna en la mezcla.

La producción total de biogás, medida desde el Tiempo de Inicio del Proceso (TIP) hasta el momento que cesó la fermentación, se presenta en la Figura 3 y muestra un comportamiento directamente relacionado al efecto de la composición de la mezcla sobre el pH y de éste sobre el proceso fermentativo anaeróbico impuesto. Al respecto, el mayor volumen de gas generado correspondió al tratamiento 75% de tuna, el cual se desarrolló en torno a pH 6,1. De acuerdo con Contreras y Tohá (1984), la tuna presenta su máxima capacidad generadora de gas a pH cercano a 6,0, lo cual indica que en dicho tratamiento se establecieron condiciones óptimas para el bioproceso, obteniéndose una producción total de 2.200 ml gas/l digestor en comparación a 1.800 ml gas/l digestor obtenido en el tratamiento guano 100%. Por otra parte, el volumen total de biogás obtenido con el tratamiento 100% tuna fue sólo un 38% del obtenido con la mezcla 75% tuna. Esta marcada reducción se explicaría por la acidez de la mezcla (pH 5,3 Figura 1) e indica que el proceso de fermentación anaeróbica se inhibiría a pH inferior a 5,5.

La influencia del pH sobre la composición del gas queda demostrada en la Figura 4. Así a un pH final menor a 5,5 el contenido de  $\text{CH}_4$  es inferior al 50% y el nivel de  $\text{CO}_2$  se eleva sobre el 55%, coincidiendo con lo señalado por Varnero y Arellano (1990). Por otro lado, con pH superior a 6,0 (tratamientos con inclusión de tuna de 75% o menos), se alcanzaron porcentajes de  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  de 65% y 30%, respectivamente, lo cual corresponde a un biogás de calidad óptima (Varnero y Arellano, 1990).

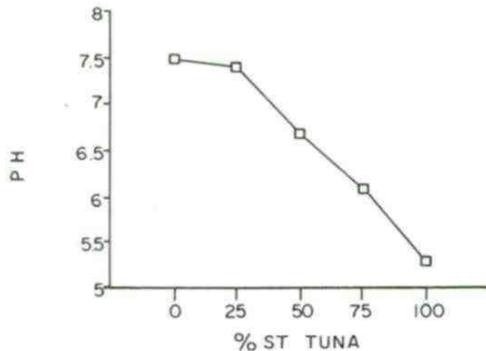


FIGURA 1. Efecto de la tuna sobre el pH final de las mezclas.

FIGURE 1. Effect of prickly-pear content on final pH of mixes.

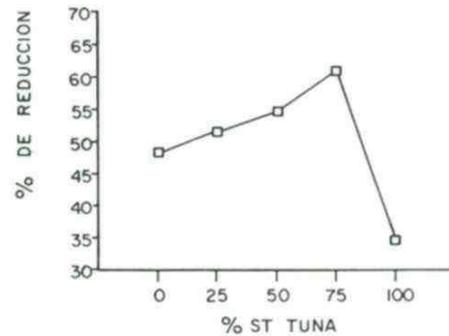


FIGURA 2. Variación de sólidos totales (ST).

FIGURE 2. Variation in content of total solids.

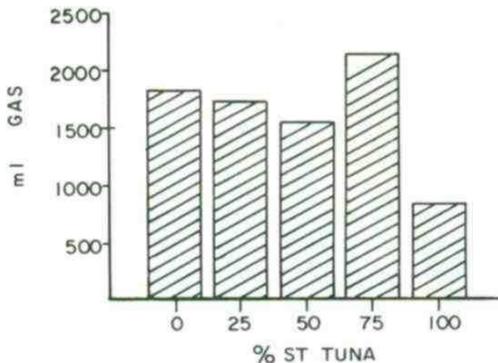


FIGURA 3. Producción total de biogas.

FIGURE 3. Total production of biogas.

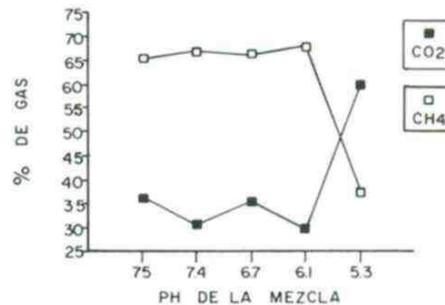


FIGURA 4. Composición del biogas según pH.

FIGURE 4. Composition of biogas according to pH.

Las características de acelerador de la biomasa de tuna quedan en evidencia al considerar los valores del parámetro TIP obtenidos en los distintos tratamientos. Al respecto, en la Figura 5 se observa una continua disminución del TIP con el aumento del porcentaje de participación de tuna en las mezclas estudiadas, obteniéndose una reducción de 12 a 2 días entre los tratamientos 100% guano y 100% tuna, respectivamente. Considerando que el biogás producido presenta calidad óptima en un amplio intervalo de composición (excepto 100% tuna), la reducción de los TIP observados permite considerar como ventaja técnica la inclusión de tuna en las mezclas como acelerador.

Con fines de diseño de digestores para producción de biogás, el parámetro Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) se definió como el tiempo transcurrido entre el valor TIP y el momento en que se produce la inflexión de la curva de producción acumulada de gas en el tiempo. Al respecto en la Figura 5, se presentan los valores de TRH obtenidos con las diferentes mezclas, encontrándose que el TRH decrece continuamente con el aumento porcentual de tuna en las mezclas. En otras palabras, la inclusión de tuna reduce el tiempo de residencia de material dentro del digestor sin afectar la calidad del biogás (excepto tuna 100%), sugiriendo que el efecto de aceleración se extiende más allá del TIP. En el caso del tratamiento 100% tuna, sin embargo, el menor TRH observado (Figura 5) asociado al menor volumen total de gas obtenido (Figura 3) está demostrando que la fermentación anaeróbica a pH inferior a 5,5 es inhibida, con alteración de la composición de los gases producidos (Figura 4).

En la Figura 6 se presenta la producción promedio diaria de biogás, calculada en base al TRH de los tratamientos. Se encontró que el mejor rendimiento de gas, de calidad óptima, se obtuvo en la mezcla 75% tuna, la cual produjo 69 ml gas/l digestor día, resultando este rendimiento un 21% mayor que el obtenido con guano 100%. Las inclusiones 25 y 50% de tuna presentan rendimientos promedio diarios comparables a guano 100% (Figura 6).

La variable pH, controlada por el porcentaje de participación de tuna en las mezclas, determinó significativamente la evolución del proceso, pues afectó directamente la bioquímica del sistema al disminuir la actividad de los microorganismos, cuando se acidificó el medio de digestión a pH inferiores a 5,5. Sin embargo, la inclusión de tuna en porcentajes no superiores al 75%, si bien introduce una acidificación parcial, no afecta la calidad del gas, pero permite una reducción de los parámetros TIP y TRH. Esta reducción de tiempos se derivaría, en términos generales, de un aumento de la velocidad relativa del proceso fermentativo (Figura 2).

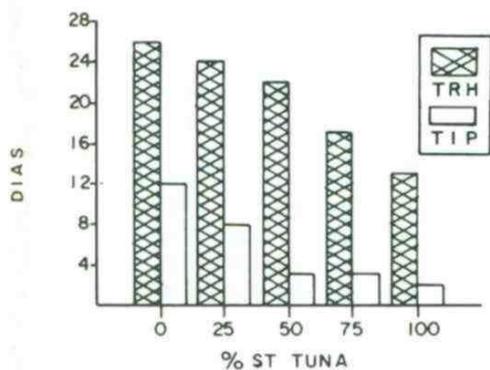


FIGURA 5. Tiempo de inicio proceso y de retención hidráulico.

FIGURE 5. Time taken to start process and time of hydraulic retention.

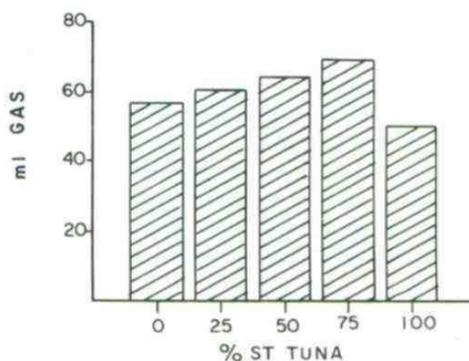


FIGURA 6. Efecto de la tuna sobre la producción diaria de biogas.

FIGURE 6. Mean daily production of biogas.

### CONCLUSIONES

El efecto acelerador de la biomasa de tuna en la biodigestión anaeróbica de guano de bovino, es aprovechable en el rango de 25 a 75% de participación de tuna en la mezcla, valores a los cuales se mantiene o aumenta el volumen de biogás promedio diario y se conserva la calidad de éste con respecto al producto usando guano bovino 100%.

La incorporación de cladodios de tuna en la fermentación anaeróbica, disminuye el Tiempo de Inicio del Proceso (TIP) y el Tiempo de Retención Hidráulico (TRH), permitiendo el diseño de biodigestores de menor tamaño para procesar igual volumen de residuos, ya que no se produce una disminución en la producción diaria de biogás.

La viabilidad del sistema guano-tuna está determinada por el nivel de acidez de la mezcla, ya que influye directamente sobre la velocidad de biodegradación y la producción diaria de biogás de los materiales, teniendo un valor óptimo a pH 6,0 y límite a 5,5, pH bajo el cual la calidad del gas generado es nula.

#### BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, E. y DOUSSOULIN, E. 1984. Productividad de la tuna en el área de Til Til. Tecnología y Agricultura 6 (29): 18-42
- BADILLA, I. 1987. Productividad y Fotosíntesis de *Opuntia ficus indica* L. Mill. Tesis Mag. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. 180 pp.
- CONTRERAS, S. y TOHA, J. 1984. Biogas production from a suspension of homogenized cladodes of the cactus *Opuntia cacti*. J. Fermentation Technology 62(2): 601-605
- GARCIA DE CORTAZAR, V. 1989. Alta productividad de tuna en condiciones óptimas. Simiente 59 (3-4): 101-102 (resúmenes).
- HEPNER, K. 1987. Efecto de un raleo total de yemas sobre la producción de tuna (*Opuntia ficus indica* L. Mill). Tesis Ing. Agro. Santiago, Universidad de Chile. Fac. Cs. Agrarias y Forestales. 125 pp.
- VARNERO, M.T. y ARELLANO, J. 1990. Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Informe Técnico. 84 pp.

CONTACTOS FRECUENTES CON VISITANTES EXTRANJEROS... Y SU INGLÉS, COMO ESTA? ... INFORMESE EN LA PAGINA IV. PODEMOS AYUDARLE.

---

**TRABAJOS DE INVESTIGACION****ESPECIES VEGETALES UTILIZADAS COMO FUENTE DE POLEN POR *Apis mellifera* EN LA REGION MEDITERRANEA SUB-HUMEDA DE CHILE<sup>1</sup>**

Profs. de Botánica: LILIANA ITURRIAGA; GUACOLDA AVILA; MIGUEL GOMEZ,  
y GLORIA MONTENEGRO

Licenciado en Botánica: SEBASTIAN TEILLER

Depto. de Ecología, Fac. de Ciencias Biológicas. P. Universidad Católica de Chile<sup>2</sup>

**RESUMEN**

La identificación de especies melíferas utilizadas por *Apis mellifera* está siendo analizada a través de una Red Nacional, en sitios con características vegetacionales diversas. Este estudio se realizó desde Septiembre de 1988 hasta Marzo de 1989, en dos sitios de la Región Mediterránea Subhúmeda, donde se colectaron muestras periódicas de polen corbicular, que se analizaron mediante microscopía óptica y de barrido.

Paralelamente se realizó un catastro de la flora local de ambos sitios, determinándose que más del 60% de las especies presentes en ellos, corresponde a especies nativas. Al realizar una correlación entre las especies utilizadas y las disponibles, se concluyó que las abejas hacen una selección preferencial en la colecta de polen. Se determinaron los períodos de floración de las especies y la utilización que de ellas hacen las abejas, estableciéndose un desfase fenológico entre ambos sectores, lo que posibilita la trashumancia en zonas similares, previo estudio.

**ABSTRACT****PLANT SPECIES UTILIZED AS POLLEN SOURCES BY *Apis mellifera* IN THE SUBHUMID MEDITERRANEAN REGION OF CHILE.**

The identification of native and introduced species utilized by *Apis mellifera*, as pollen sources, in sites of a national network, was carried out and the data analyzed. This study was made since Sep. 1988 to March 1989 in two sectors of the Subhumid Mediterranean Region. Samples of corbicular pollen gathered by bees were analyzed periodically by means of light microscopy and SEM. At the same time, an inventory of the local flora was made, and it was determined that over 60% are native species. A correlation was established between the species utilized by the bees and those available, and it was shown that bees make a preferential selection when collecting pollen. The flowering periods of the species were determined, as well as the visits made by the bees to the flowers. A phenological shift between the two sectors was observed, that makes possible to move the hives from one to another place, based on previous studies.

**INTRODUCCION**

El interés por la apicultura en los últimos años se ha visto incrementado, debido a la gran demanda de los productos que se obtienen del trabajo laborioso de las abejas. Por esta razón, han surgido numerosos estudios a nivel mundial y nacional, tendientes a dar a conocer la forma como las abejas utilizan los recursos vegetales, para así promover acciones dirigidas a obtener una mejor producción apícola.

En Chile se ha observado, por ejemplo, un aumento en las exportaciones de miel, ya que en 1987 sólo se exportaron 621 tons (Seeman y Neira 1988); en cambio en 1989 las exportaciones de miel ascendieron

<sup>1</sup>Investigación financiada por los Proyectos de Investigación FONDECYT 199/88 y 747/91. Coordinado por la prof. Gloria Montenegro. Se agradece la asistencia del Técnico Luis González.

<sup>2</sup>Casilla 114-D, Santiago, Chile.

a 1876 tons (Banco Central, 1989). Esto explica en parte el interés por conocer y mejorar las potencialidades melíferas de las comunidades vegetales nacionales.

Este trabajo tiene como objetivo principal, obtener información sobre la flora nativa de interés apícola en la zona mediterránea sub-húmeda de Chile central, a través del reconocimiento específico del polen corbicular que es recolectado por las abejas, a fin de optimizar el manejo apícola y aportar nuevos antecedentes a los que se están obteniendo en otros puntos del país, a través de la implementación de una red nacional de especies melíferas nativas (Montenegro *et al.* 1989); (Sempe *et al.* 1989); (Poblete *et al.* 1989).

#### Descripción de los sitios de estudio

Nuestro estudio se realizó en la Región del Maule (VII), en dos zonas de muestreo: la primera ubicada a 55 km. al sureste de la ciudad de Talca, sector "El Colorado" a  $35^{\circ} 36' \text{ LS.}$ ,  $71^{\circ} 15' \text{ LW}$ ; la segunda, a 10 km. al noreste de la ciudad de Cauquenes a  $35^{\circ} 18' \text{ LS.}$ ,  $72^{\circ} 17' \text{ LW}$ , en el sector de Los Ruiles (Figura 1). Ambos lugares se encuentran a una altitud entre los 100 y 450 mts. sobre el nivel del mar, bajo la influencia de un clima mediterráneo sub-húmedo, donde los meses de aridez, las temperaturas promedios mensuales y la pluviosidad, son semejantes (Figura 2). (Hajek y Di Castri, 1975). En ambas zonas la vegetación está conformada por un bosque caducifolio de diversas especies del género *Nothofagus*, que alterna con un matorral esclerófilo donde predominan especies como: *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Azara serrata* y varias especies de la familia de las Compuestas.



FIGURA 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio.

FIGURE 1. Geographical distribution of study sites.

#### MATERIALES Y METODOS

Se analizó la vegetación que circunda los colmenares, lo que permitió reconocer las especies que conforman la flora disponible para las abejas, estableciéndose los períodos de floración de cada una de ellas. En ambos sitios las plantas se herbolaron, se identificaron y posteriormente se depositaron en el Herbario del Departamento de Ecología (SSUC). En cada sitio de estudio se colectó el polen corbicular con una trampa para polen (Mohamed and Khattab, 1979; Jean-Prost, 1985), a intervalos de 15 días. El período estudiado correspondió a septiembre de 1988 hasta marzo 1989. El polen corbicular, que es llevado a la colmena por las abejas pecoreadoras, se colectó durante 8 horas diarias, luego fue trasladado al laboratorio y secado a estufa a  $30^{\circ}\text{C}$ . El polen

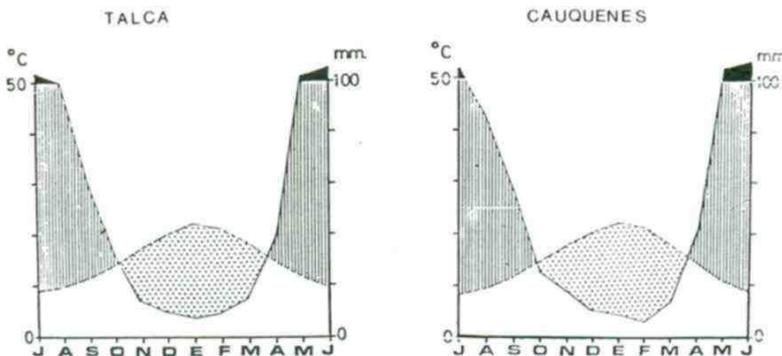


FIGURA 2. Diagramas ombro-térmicos representativos de los sitios de estudio.

FIGURE 2. Ombrothermic diagrams representing the study sites.

recolectado, se analizó utilizando microscopía óptica y de barrido, y se identificó mediante el uso de claves morfológicas (Heusser, 1971; Erdtman, 1943 y 1986) y a través de su comparación con muestras de una palinoteca, confeccionada con el polen de las especies vegetales presentes en cada sitio.

### RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de la vegetación circundante permitió identificar en la zona de Talca, un total de 171 especies disponibles, de las cuales, 27 fueron utilizadas por *Apis mellifera* como fuente de polen, correspondiendo aproximadamente un 67%, a especies nativas. En el área de Cauquenes se identificó un total de 141 especies disponibles, siendo 52 de ellas, utilizadas por las abejas como fuente de polen, correspondiendo a especies nativas, poco más de un 63%. Esto nos indica que existe un importante uso de la flora nativa en ambos sitios, entre los que destacan las especies de las familias de las Mirtáceas, Anacardiáceas, Rosáceas, entre otras.

Mediante regresión lineal, se demostró que no existe correlación entre las especies disponibles y las

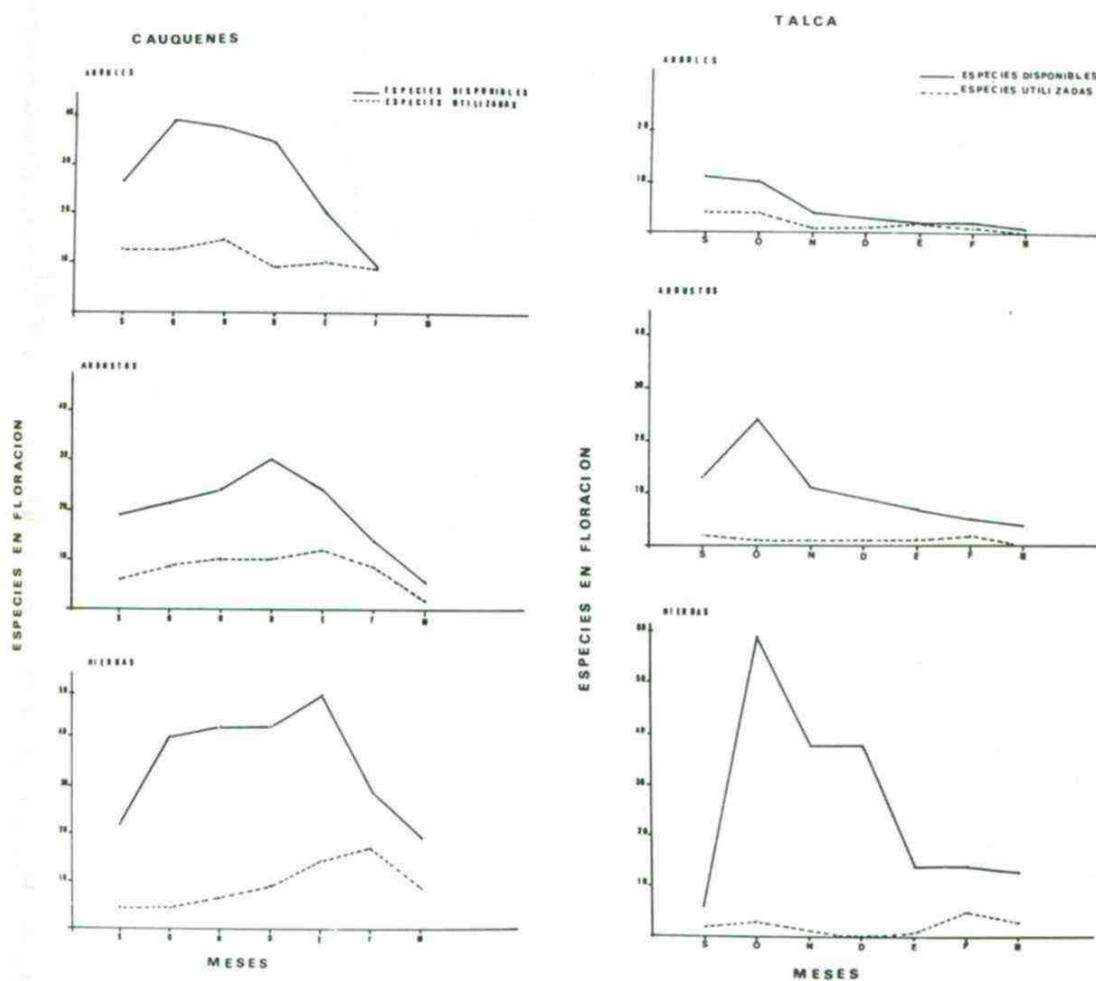


FIGURA 3. Especies en flor disponibles y especies utilizadas por *Apis mellifera* desde septiembre 1988 a Marzo 1989.

FIGURE 3. Species in flower available and utilized by *Apis mellifera* since september 1988 to march 1989.

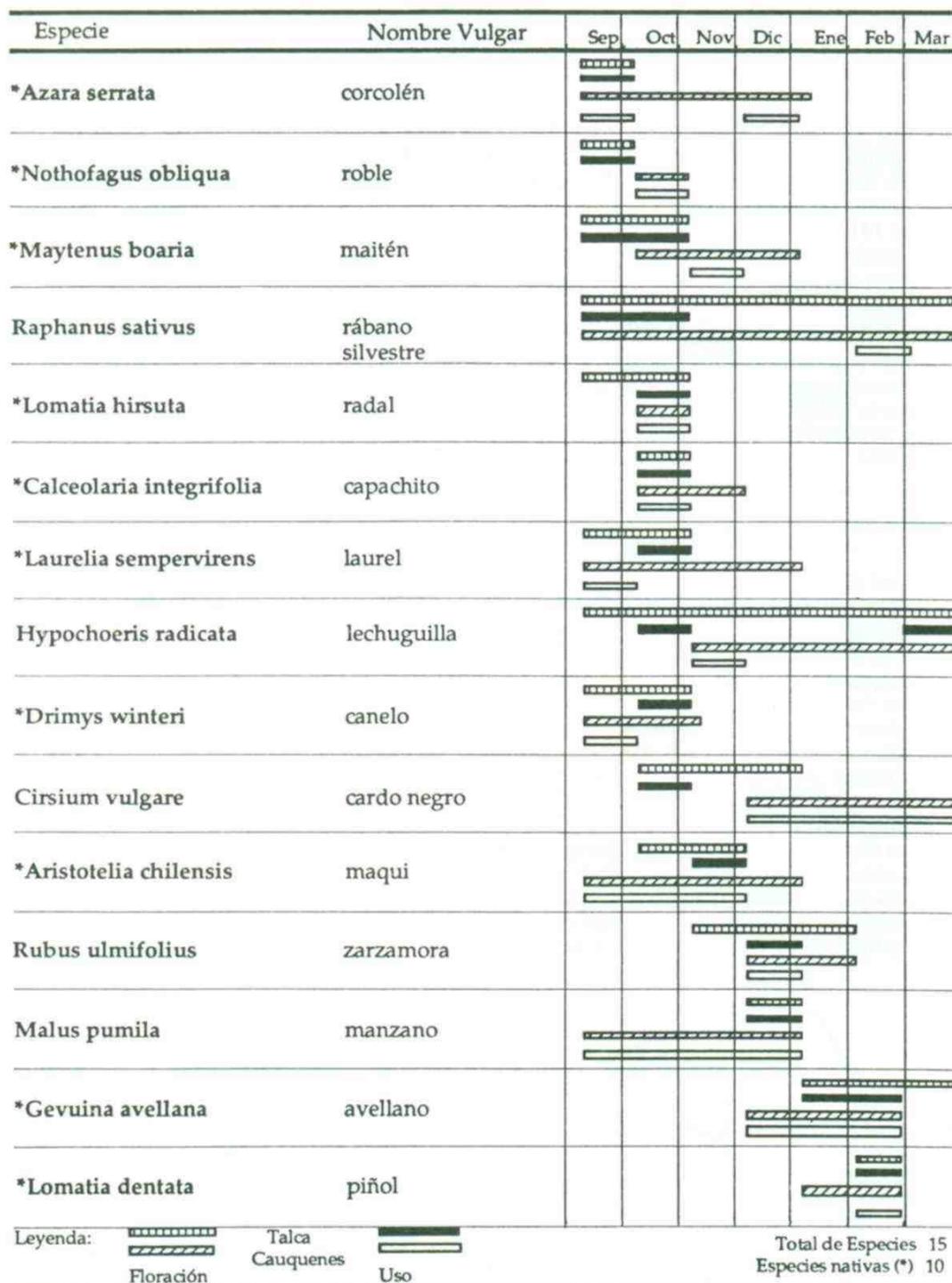


FIGURA 4. Fenología de la floración de especies comunes en Talca y Cauquenes.

FIGURE 4. Flowering phenology of common species at Talca and Cauquenes.

utilizadas mes a mes, ya que el coeficiente para el sector de Talca fue de  $-0,13$ , y de  $0,49$  para el sector de Cauquenes. Esto nos lleva a suponer que existe una selección preferencial para la colecta de polen, por parte de las abejas, ya que un aumento de las especies mensualmente disponibles, no significó necesariamente un aumento de las especies visitadas, confirmándose lo que se ha demostrado en otros estudios: que *Apis mellifera* es claramente selectiva en la utilización de especies vegetales (Free, 1967; Rashad *et al.* 1979). Al agrupar las especies disponibles según su forma de vida (Figura 3), en árboles, arbustos y hierbas, no se observaron preferencias por aquellas formas de vida que presentaban mayor frecuencia de especies. Así por ejemplo el mayor número de especies herbáceas presentes en ambas zonas, no indicó un pecoreo mayor por este tipo de plantas.

Del total de especies detectadas de haber sido utilizadas como fuente de polen por *Apis mellifera*, sólo 15 se encuentran en ambas zonas (Figura 4). El análisis de la fenología floral, nos muestra que algunas especies comienzan su floración alrededor de uno a dos meses antes en Talca que en Cauquenes, visualizándose así, un desfase en la fenología floral de las especies utilizadas, y en el uso temporal de ellas. Se observa, además, que algunas especies, aún presentando un período largo de floración (Figura 4), son reemplazadas por otras en su utilización; este es el caso de *Hypochoeris radicata*, cuyo polen es recolectado por las abejas sólo en los meses de octubre y marzo en Talca, siendo reemplazado en meses intermedios por otras especies, como *Aristotelia chilensis*, *Rubus ulmifolius*, *Malus pumila*, *Gevuina avellana*, *Raphanus sativus*, y *Lomatia dentata*, para luego volver a pecorearlo en Marzo. La misma tendencia se observó en Cauquenes, zona en la cual las abejas utilizan *Hypochoeris radicata* sólo en Noviembre, siendo reemplazado en Diciembre por *Rubus ulmifolius*, *Malus pumila*, *Gevuina avellana*, y *Cirsium vulgare*.

El desfase fenológico de las especies en floración, observado en dos áreas clasificadas como pertenecientes a una misma región bioclimática, como es el caso de Talca y Cauquenes, permite visualizar la posibilidad de ejercer trashumancia de colmenares en zonas cercanas. Esta observación y la identificación de las especies nativas seleccionadas por *Apis mellifera*, como fuente de polen para nutrir la colmena, son herramientas que permiten un mejor aprovechamiento de los recursos naturales nativos, tendiente a optimizar la productividad apícola.

#### BIBLIOGRAFIA

- BANCO CENTRAL, 1989. Estadísticas de exportación de miel. Ministerio de Relaciones Exteriores. Dirección General de Relaciones Económicas Internacionales.
- ERDTMAN, G. 1943. Introduction to pollen analysis. The Ronald Press. N.Y. 239 pp.
- ERDTMAN, G. 1986. Pollen Morphology and Plant Taxonomic Angiosperms (An Introduction to Palynology). E.J. Brill, Leiden, The Netherlands. 553 pp.
- FREE, J.B. 1967. Factors determining the collection of pollen by honey-bees forges. Anim. Behav. 15: 134-144.
- FUENZALIDA, H. 1965. Geografía económica. Edit. Corfo, Cap. VII, 1.245 pp.
- HAJEK, E.; DI CASTRI, F. 1975. Bioclimatografía de Chile. Dirección de Investigación Vice-Rectoría Académica. Univ. Católica de Chile, 123 pp.
- HEUSSER, C. 1971. Pollen and Spores of Chile. The University of Arizona Press. 166 pp.
- JEAN-PROST, P. 1985. Apicultura. Mundi-Prensa Eds. Madrid. 573 pp.
- MOHAMED, M.I. and KHATTAB, M.M. 1979. Pollen plants and pollen gathering activity of honey bees, *Apis mellifera*. L. in Mashtohor region. Res. Bull. Ain Shams Univ. 1135: 1-6.
- MONTENEGRO, G. et al. 1989. Implementación de una red nacional de especies vegetales nativas utilizadas por abejas melíferas. "Simiente" Vol. 59, N° 3-4: 114. (Resumen).
- POBLETE, V. et al. 1989. La flora nativa de la región mediterránea semi árida de Chile, como recurso para mantención de apiarios. Simiente Vol. 59, N° 3-4: 113 (Resumen)
- RASHAD, S.E.; M.I. MOHAMED and S.M.A. ELSAKAA. 1979. Behavior of honey bees, works on major pollen sources in Giza region. Ann. Agric. Sc. Moshtohor. 12: 380-383.
- SEEMAN, P. y NEIRA, M.; (EDS), 1988. Tecnología de la producción apícola. Valdivia, Univ. Austral de Chile, Inst. de Producción y Sanidad Vegetal. 202 pp.
- SEMPE, J.; RAMIREZ, C. y MONTENEGRO, G. 1989. Flora utilizada como fuente de polen por *Apis mellifera* en la provincia de Valdivia. Análisis cuantitativo de polen corbicular. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 16. N° 1-2: 55.

impulsar el desarrollo agrícola en Chile, señalando los campos específicos en que ellas pueden ser utilizadas con ventajas en nuestro país.

Con este propósito hemos invitado a un grupo distinguido de colegas, para que nos presenten su visión de los avances que pueden lograrse en 3 áreas que nos ha parecido interesante destacar:

a) Biotecnologías aplicadas a la micropropagación y al mejoramiento genético de plantas, tema que será presentado por la colega Claudia Botti G., de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile.

b) Biotecnologías aplicadas a la producción animal, tema que será cubierto por el Dr. Roberto Neira R., de la misma Facultad de la Universidad de Chile.

c) Bioprocesos agroindustriales, tema que abordará el Dr. Eduardo Agosin T., de la P. Universidad Católica de Chile.

Por último, hemos pedido al Dr. Gonzalo Arroyo que nos dé su visión sobre los efectos socio-económicos que la aplicación de biotecnologías produce, y de los distintos modelos de desarrollo que con ellas se han implementado en los distintos países.

Presentamos este simposio como una manera de incentivar la investigación en estas áreas, ya que tenemos el firme convencimiento que, si no nos incorporamos con decisión y fuerza en esta área, estaremos contribuyendo a aumentar la brecha existente entre los países desarrollados y los nuestros.

En primer lugar quiero presentarles a la colega Claudia Botti. Ella es profesora de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile. Se graduó en la Universidad de Chile como Ing. Agrónomo en el año 1970. En 1983 obtuvo el grado de M.Sc. en la Universidad de Florida, EE.UU.

Actualmente se desempeña como Directora del Depto. de Producción Agrícola de la Facultad en que ejerce la docencia y en esta Mesa Redonda abordará el tema "Biotecnología aplicada a la micropropagación y al mejoramiento genético de plantas".

## APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGIA EN LA MICROPROPAGACION Y EN EL MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES VEGETALES

*Ing. Agr. M.S. CLAUDIA BOTTI G.*

*Facultad Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile<sup>1</sup>*

### ANTECEDENTES GENERALES

La biotecnología se define como "el conjunto de técnicas que usan sustancias vivas para fabricar o modificar un producto o un servicio". Ampliando esta definición, se dice que "es el conjunto de técnicas que permiten aprovechar las propiedades y posibilidades de los microorganismos y de los cultivos celulares, gracias a la aplicación integrada de los conocimientos y técnicas de la bioquímica, microbiología, genética e ingeniería química". La biotecnología aplicada a escala industrial, constituye la bioindustria.

En los sistemas agropecuarios, el empleo de estas técnicas permite alcanzar diversos objetivos que ofrecen perspectivas sumamente interesantes, algunos a corto o mediano plazo y otros a largo plazo. Entre aquéllos de mayor interés aplicado, se puede resaltar:

- propagación clonal (micropropagación)
- eliminación de enfermedades
- intercambio y mantención de recursos genéticos
- mejoramiento genético — ingeniería genética
- producción y extracción de productos químicos valiosos.

<sup>1</sup>Casilla 1004, Santiago, Chile.

Actualmente, la micropropagación es uno de los objetivos más desarrollados y está siendo utilizado comercialmente. Sin embargo, el objetivo de mayor impacto a mediano o largo plazo es el del mejoramiento genético de las especies vegetales de interés alimenticio o industrial.

## LA BIOTECNOLOGIA EN LA PROPAGACION VEGETATIVA

La micropropagación permite reproducir plantas iguales o semejantes a la planta madre, a partir de pequeños trozos de tejidos, estimulando y/o induciendo sus capacidades naturales de multiplicación vegetativa en forma forzada a través de la formación de brotes y raíces (proceso organogénico) o a través de la formación de embriones somáticos (embriogénesis).

Estos procesos se basan en la totipotencialidad de la célula vegetal viva, que consiste en que toda célula vegetal con vida, desde el momento que presenta núcleo, es capaz de regenerar una planta adulta si se le dan las condiciones adecuadas para que ello suceda. Por lo tanto, cualquier individuo del Reino Vegetal puede ser cultivado *in vitro* y regenerar plantas completas. Si una especie no responde inicialmente, es porque las condiciones que se le proporcionan no son las adecuadas para que esas células se dividan, elonguen y se diferencien en una estructura organizada.

Se dice que una especie responde a la micropropagación cuando al cultivar un trozo de tejido (explante) éste se mantiene vivo, sus células se dividen organizadamente, formando numerosos brotes que luego crecen y posteriormente son capaces de enraizar y aclimatarse a condiciones *ex vitro*.

### Sistemas de micropropagación

En este proceso se pueden utilizar dos tipos de explantes: "ápices de brote" o "trozos de órganos", siendo los primeros los más utilizados en micropropagación, ya que la progente que se obtiene es, en general, más homogénea.

Cada especie, incluso cada genotipo de la misma especie, puede presentar diferentes requerimientos (condiciones ambientales, medio nutritivo, complemento hormonal o de reguladores de crecimiento) para una reacción favorable al cultivo *in vitro*. Asimismo, un mismo genotipo, desarrollado bajo dos condiciones ambientales diferentes, puede presentar gran variación en su respuesta. Es por ello que aún, para muchas especies vegetales, se hace necesario investigar en aspectos básicos de su bioquímica, fisiología y procesos complejos de desarrollo que nos ayuden a comprender su comportamiento bajo condiciones *in vitro* y nos permitan saber qué tejido o tejidos son los más adecuados (tipo, edad), en qué momento extraerlos de la planta madre, y qué condiciones ambientales y nutritivas son más favorables.

Al cultivar un ápice de brote, éste puede seguir dos vías:

- Originar un "callo" (estado histógeno), que corresponde a un tejido desorganizado sin diferenciación, por efecto de la aplicación de una fitohormona (auxina) que incentiva su formación y que posteriormente desarrolla brotes, al ser traspasado a un medio con citoquinina. Sin embargo, la formación de callo en todo tejido cultivado puede, a veces, inducir a la formación de anomalías genéticas.
- Paso directo a una proliferación de brotes ya preformados dentro del ápice. Esta segunda vía es la más recomendable, debido a que la progenie es muy homogénea. Se logra mediante aplicación de citoquinina con o sin auxina.

Posteriormente, los brotes originados pueden subdividirse para inducir una nueva proliferación, o bien llevarse directamente a una etapa de elongación en un medio nutritivo complementado con auxina o, a veces, con giberelina.

La formación de raíces se induce, generalmente, cuando los brotes han adquirido un tamaño aproximado de 2-3 cm. Puede realizarse directamente en sustrato o inducirse en medio geloso con agar, para luego desarrollarlas en sustrato. El primer sistema es el más aconsejable para la gran mayoría de las especies, ya que se forman raíces de mejor calidad y de mayor eficiencia. En ambos sistemas se utilizan auxinas, generalmente ácido indol butírico, para favorecer y acelerar el proceso.

La aclimatización de la plántula a condiciones ambientales naturales (*ex vitro*), es un proceso lento, que debe hacerse muy gradualmente, para llevar un material vegetal de una condición de 100% de humedad relativa a valores muy inferiores, como 40-50%. Inicialmente la plántula se mantiene cubierta con plástico en forma hermética, para luego ir poco a poco permitiendo la entrada de aire externo.

Cuando se cultivan trozos de órganos, lo más corriente es que el explante cultivado (hojas, pecíolos, tallos) produzca un callo. Es difícil que exista el paso directo a proliferación de brotes, ya que estos tejidos generalmente carecen de yemas axilares preformadas como sucede en los ápices. Sin embargo, hay casos en que se ha logrado una organogénesis directa, es decir, la formación de brotes directamente de células epidermiales o de tejidos más internos. Los pasos siguientes y sus alternativas son iguales al caso de ápices de brote.

El cultivo de trozos de órganos se ha utilizado menos, ya que como es más frecuente que se forme un callo, hay más riesgo que la progenie sea heterogénea, con posibles aberraciones cromosomales en algunos casos. Sin embargo, también hay ejemplos de estabilidad y homogeneidad a través de este sistema.

Un tercer sistema de micropropagación consiste en inducir la formación de embriones somáticos. Estos corresponden a embriones desarrollados de células somáticas sin la intervención de gametos (sistema asexual). Es muy útil debido a que la producción de embriones es masiva y se sospecha que la homogeneidad de la progenie es mayor que a través de la formación de brotes por organogénesis, aun cuando esto no ha sido totalmente comprobado. Otra ventaja es que la raíz viene preformada. Estos embriones, al ser recubiertos con sustancias nutritivas y de protección, pueden transformarse en verdaderas "semillas artificiales" que, aun cuando no se han utilizado comercialmente todavía, se presentan como una alternativa de propagación muy interesante para ciertas especies.

### Ventajas de la micropropagación

El proceso de micropropagación ofrece diversas ventajas:

1. Multiplicación masiva y rápida, una vez definidas las condiciones de cultivo *in vitro* para un genotipo dado (a partir de un explante se podrían llegar a producir entre 800.000 – 1.000.000 de plantas al año).
2. Obtención de plantas libres de hongos y bacterias. Se puede, además, lograr plantas libres de virus si el trozo cultivado proviene de un ápice de brote y corresponde sólo al meristema, es decir, a la parte superior del ápice que no debe ser mayor de 0,1-0,3 mm de altura. Este tipo de cultivo ofrece mayor dificultad, ya que la disección de un trozo de tejido tan pequeño es difícil y la respuesta al cultivo también es menor que si se cultiva un ápice de 4-5 mm.
3. Homogeneidad del material. En general la progenie es altamente homogénea. Sin embargo, algunas veces se han presentado casos de heterogeneidad que podrían deberse a situaciones como: altas dosis de hormonas; exceso de subcultivos, o muy prolongados en el tiempo, y formaciones de callo.
4. Probable mayor vigor de las plantas regeneradas, frecuentemente debido a estar libres de patógenos, entre otros factores.
5. Multiplicación durante todo el año, lo que es posible debido a que se trabaja con condiciones ambientales controladas.
6. Planificación de un programa de producción estable a través del año, que no es posible hacer, muchas veces, con los sistemas tradicionales de propagación.
7. Ahorro de espacio en los viveros con respecto a los sistemas tradicionales. En una bandeja de 0,6 x 1,2 m pueden ubicarse 800 – 1.000 plántulas.
8. Mantenimiento de material genético escaso o de precio elevado (banco de germoplasma).
9. Fácil y rápido transporte e intercambio de material vegetal, ya que eventualmente el material *in vitro* está libre de enfermedades y, por lo tanto, con menos trabas sanitarias.
10. Propagación de especies de difícil multiplicación por sistemas tradicionales (semillas de difícil germinación o estacas que no enraízan).

### Problemas de la micropropagación

Así como este proceso ofrece muchas ventajas, también presenta algunos inconvenientes, que se refieren especialmente a los siguientes aspectos:

1. Alto costo de establecimiento del laboratorio, lo que indirectamente incide en el precio final de la planta producida. Es así como una planta de frambuesa producida *in vitro* cuesta en USA, actualmente, US\$ 0,89, y la producida por métodos de propagación tradicional tiene un valor de US\$ 0,55.
2. Necesidad de mano de obra especializada para la etapa de laboratorio.
3. Difícil respuesta inicial de algunas especies o genotipos. Normalmente se requieren de 1 a 1,5 años

para adecuar las condiciones a cada especie o genotipo. Una vez superada esta etapa, la proliferación es muy rápida. En esta respuesta inicial influye la dificultad de esterilizar material proveniente de campo, especialmente si se trata de órganos como hojas, rizomas o raíces. El cultivo de ápices no ofrece esta dificultad.

4. Variación de respuesta entre los genotipos, ya que sus niveles bioquímicos son diferentes y desconocidos.
5. Probable variabilidad debido a cultivos sucesivos *in vitro* con muy altas dosis de reguladores de crecimiento (fitohormonas). Por otra parte, si el explante utilizado es relativamente maduro o diferenciado, es probable que la variabilidad sea mayor que si se usa un tejido embrionario.
6. Probable "juvenilidad", en algunos casos, de plantas regeneradas *in vitro*, con respecto a plantas generadas por métodos tradicionales. Para obviar lo anterior se está tendiendo a utilizar concentraciones más bajas de reguladores de crecimiento en los medios nutritivos, ya que se supone que podría ser una de las causas que provocan este atraso en la floración y formación de frutos.
7. Peligro ecológico por efecto de la clonación exagerada de una especie, lo que podría provocar la muerte de todo un plantel frente a algunas condiciones desfavorables del medio ambiente.
8. La aclimatización y endurecimiento de las plántulas regeneradas es un proceso difícil y puede que, muchas veces, los mayores porcentajes de pérdida se presenten en estas etapas. En los últimos años se ha investigado mucho para mejorar estos procesos. En general, se recomienda un sustrato adecuado (en cuanto a retención de humedad, pH, conductividad eléctrica, etc.); humedad ambiental muy controlada y con posibilidad de ir decreciendo paulatinamente; control estricto de patógenos (hongos y bacterias); control de temperatura y luminosidad.

#### Factores importantes para el éxito

- Determinar cuidadosamente la o las especies a micropropagar, considerando la demanda del mercado que justifique este sistema de multiplicación.
- Contar, ojalá, con un plantel de plantas madres que estén bajo condiciones ambientales controladas, para acelerar el proceso inicial de ajuste de las condiciones al cultivo *in vitro*.
- Determinar las condiciones de cultivo que aseguren una alta velocidad de multiplicación para el genotipo en cuestión, mediante pequeñas pruebas preliminares. Si la velocidad de multiplicación es lenta, probablemente convendrá más propagar por otros sistemas o continuar afinando las condiciones de cultivo más adecuadas.
- Contar con una buena infraestructura de aclimatización y endurecimiento de las plántulas (invernaderos con temperatura y humedad relativa controladas, sombreaderos), y considerar, al hacer los cálculos iniciales de producción, las pérdidas que se pueden originar en estas etapas.

#### Aplicaciones comerciales

En el mundo existen aproximadamente 150 laboratorios comerciales importantes dedicados al cultivo *in vitro* de vegetales, la mayoría en Europa y EE.UU. Existen cuatro categorías.

1. Aquellos propagadores de material vegetal asociados a un vivero o empresa hortícola. Muchos de ellos comenzaron multiplicando sólo una o dos especies, generalmente ornamentales, y luego se han ampliado.
2. Aquellos que propagan bajo contrato con agricultores, o los dedicados a plantas exóticas o colecciones de germoplasma (ejemplo: algunos Jardines Botánicos).
3. Laboratorios que propagan plantas para mejoramiento genético, generalmente asociados con empresas de semillas.
4. Laboratorios dedicados al mejoramiento genético, pero que utilizan otras técnicas además de la micropropagación, como es el cultivo de anteras, mutaciones, selección *in vitro*, fusión de protoplastos y otros métodos, que son de gran utilidad para el mejorador.

Actualmente, aproximadamente el 95% de estos laboratorios comerciales producen plantas ornamentales, debido a que el precio de ellas es elevado, la variabilidad que se puede generar es, a veces, hasta deseable para obtener plantas con otras formas o colores, y si mantienen el estado juvenil, no afecta, en muchos casos, porque no se busca producción de flores o frutos. Sin embargo, también hay laboratorios dedicados a la producción masiva de plantas ornamentales que además propagan hortalizas para efectos

de mejoramiento. En la actualidad, se observa una tendencia hacia el aumento de la micropropagación de plantas leñosas (ornamentales, frutales y forestales) y cultivos herbáceos.

Dentro del grupo de cultivos herbáceos, la papa es una de las especies que mejor ha respondido al cultivo *in vitro*, tanto para su micropropagación y eliminación de enfermedades, como para estudios en ingeniería genética para mejorar su contenido protéico y otras características. Además, actualmente se investiga en tomate, espárrago, pepino, cebolla, ajo, alcachofa. En las especies frutícolas, son importantes las especies tropicales, altamente infectadas, heterocigotas y que, por lo general, se propagan vegetativamente (banano, piña y palmas), así como también la frutilla, frambuesa y arándano, portainjertos frutales, kiwi, vid, tuna y cítricos, entre otras.

Dentro de las especies forestales, algunas de las más estudiadas han sido los pinos y los eucaliptus, y ya se han establecido algunos laboratorios comerciales para su micropropagación.

La producción mundial de plantas regeneradas bajo condiciones *in vitro* se calcula en 60 millones de plantas al año, lo que corresponde a una mínima parte del total de plantas producidas en el mundo. Sin embargo, es una técnica relativamente nueva y en la medida que se vayan resolviendo los problemas que actualmente enfrenta, sus perspectivas de uso se van a ir también multiplicando. Desde ya, el empleo de esta técnica en innumerables líneas de mejoramiento genético, es una realidad mundial.

## LA BIOTECNOLOGIA EN EL MEJORAMIENTO GENETICO VEGETAL

Las técnicas de cultivo de tejidos *in vitro* y la modificación genética de células o tejidos, han permitido facilitar enormemente los procesos necesarios para el mejoramiento genético de las especies vegetales. Sin embargo, el avance de estas nuevas técnicas no desmerece de ningún modo la utilidad de los métodos de selección y mejoramiento tradicionales, pero son de enorme importancia para adelantar o ayudar el proceso y ampliar su campo de acción.

Los métodos tradicionales se basan principalmente en la combinación de características interesantes a través de la reproducción sexual, pero ésta sufre de varias limitaciones: incompatibilidad intra e interespecífica; probable inestabilidad de la nueva combinación genética durante su propagación; longitud de ciclos sexuales muy prolongada. Es así como no es posible juntar genes de interés agronómico de dos plantas incompatibles y menos probable es insertar genes de microorganismos o de animales en plantas. Con respecto a la inestabilidad en la reproducción sexual, es obvio que especies alógamas (polinización cruzada) no pueden ser mantenidas ni distribuidas en su identidad original en forma de semillas. Sólo es posible hacerlo a través de reproducción asexual o vegetativa. Dependiendo de la especie, un programa de selección tradicional puede comprender 5 a 15 ciclos de reproducción sexual. Una especie que tiene un ciclo largo florece sólo después de 3 años de cultivo y su rendimiento real sólo puede estimarse después de 5-7 años. Este es un solo ciclo.

La utilidad de la biotecnología en el mejoramiento genético, puede resumirse en los siguientes aspectos:

### a) Colección e intercambio de recursos genéticos

Mediante el cultivo de tejidos, su micropropagación y conservación *in vitro*, se pueden establecer bancos de germoplasma de material valioso y/o escaso, asegurando su sanidad y ocupando espacios más reducidos, permitiendo, además, un fácil intercambio entre los mejoradores a nivel nacional o internacional.

### b) Producción de variabilidad

La creación de nuevas variedades puede lograrse mediante la variabilidad somaclonal, cruzamientos intra e interespecíficos, cultivo de anteras y polen o de ovarios y óvulos, y mediante las técnicas de transformación genética.

La variabilidad somaclonal se refiere a un cambio genético producido durante el proceso de diferenciación *in vitro* por acumulación de errores durante las sucesivas divisiones celulares, de tal manera que las plantas regeneradas a partir de estas células constituyen "variantes genéticas" que, en algunos casos, pueden ser valiosos.

Los cruzamientos distantes que son incompatibles en la naturaleza, pueden lograrse mediante el rescate de embriones inmaduros, antes de su destrucción natural, o mediante la fusión de protoplastos (células desprovistas de pared celular) con técnicas como la electroporación (impulsos eléctricos) o el empleo de polietilenglicol (PEG). También es posible realizar polinización *in vitro*, forzando a los gametos a fusionarse.

El cultivo de anteras y polen permite la regeneración de plantas haploides si es que los granos de polen adquieren, en cultivo, un potencial embriogénico para la formación de embriones somáticos, o si los granos de polen desarrollan un callo que luego es capaz de regenerar brotes (organogénesis).

La ingeniería genética se refiere a la transformación genética de células, insertando genes en el genoma de una célula huésped para que éste se exprese fenotípicamente. Los métodos más utilizados para este proceso se refieren a la introducción directa de ADN en el núcleo de la célula. En este caso se puede recurrir a la microinyección, a la encapsulación con liposomas, a la formación de complejos de ADN, al uso de vectores, a la electroporación, y por último, al más moderno, el disparar ADN directamente sobre los tejidos en cultivo.

### c) Selección *in vitro*

Esta etapa dentro del proceso de mejoramiento de una especie, es la que se ve más facilitada gracias a las técnicas *in vitro* o biotecnologías, ya que permite el uso de técnicas microbiológicas en la selección de plantas; el empleo de poblaciones mucho más grandes que por sistemas tradicionales y, además, la detección precoz de caracteres de interés agronómico mediante marcadores bioquímicos (isozimas, RFLP).

---

**Moderador.** El siguiente tema dice relación con la biotecnología aplicada a la producción animal, y el expositor será el Dr. Roberto Neira, Profesor Asociado de la Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile.

El Prof. Neira se graduó de Ing. Agrónomo en esa misma Facultad en 1970, y en 1974 obtuvo su M.Sc. en la Universidad de California, Davis; en 1984 obtuvo el Doctorado.

Es Presidente de la Sociedad de Genética de Chile y Profesor Titular de las Cátedras de Genética, Genética Animal y Genética Cuantitativa.

## INGENIERIA GENETICA Y BIOTECNOLOGIAS APLICADAS A LA PRODUCCION ANIMAL

*Ing. Agr. Dr. ROBERTO NEIRA R.  
Universidad de Chile. Fac. Ciencias Agrarias y Forestales<sup>1</sup>*

Muchas de las técnicas y principios de la ingeniería genética vegetal, son aplicables también a los animales. No obstante ello, la mayor flexibilidad existente en la manipulación de células somáticas de los vegetales aumenta considerablemente la posibilidad de utilización de células genéticamente transformadas *in vitro*.

En animales, al igual que con plantas, no sólo es posible el cultivo de tejidos *in vitro* sino que también se ha logrado fusionar células de organismos distintos mediante la utilización del virus Sendai, que disuelve la pared celular para permitir la fusión de sus contenidos celulares (últimamente, al igual que en plantas, ésto se consigue con polietilén-glicol). De esta forma se ha logrado la fusión de células de distinta especie (conejo-ratón, ratón-humano, etc.).

---

<sup>1</sup>Casilla 1004 - Santiago, Chile.

La gran dificultad de utilizar este medio de manipulación de células en el mejoramiento genético de animales, es la imposibilidad de regenerar un individuo entero a partir de tales tejidos. Esto hace que el interés de la genética de células somáticas en animales se vea reducido a estudios básicos de laboratorio.

El extraordinario mejoramiento genético logrado en los animales domésticos ha provenido, principalmente, de la selección y los cruzamientos. El procedimiento ha supuesto que en la expresión de una característica productiva dada (producción de leche, huevos, crecimiento, etc.) participa un gran número de genes, cada uno con un pequeño aporte al carácter y al efecto del medio ambiente. Así, en las especies mejoradas se ha logrado acumular una cantidad importante de tales genes con efectos favorables. La gran mayoría de las veces no se conoce cuáles son dichos genes ni cuál es el efecto particular de cada uno, lo que naturalmente dificulta pensar en la factibilidad de su manipulación.

La ingeniería genética animal incluye también a la genética humana. Los objetivos en este caso son, sin embargo, distintos. La manipulación está generalmente dirigida a terapia genética o a la solución de problemas derivados de enfermedades congénitas.

En producción animal, se trabaja con individuos sanos y se pretende cambiar la arquitectura de un animal con un propósito productivo concreto.

Para los mejoradores animales, la ingeniería genética incluye tecnologías en tres áreas de aplicación: 1) Biología molecular, que involucra métodos de manipulación directa del material genético, a nivel cromosomal o molecular; 2) Biología reproductiva, que incluye técnicas que pretenden manipular el proceso reproductivo, y 3) Métodos de la genética cuantitativa convencional utilizando técnicas biotecnológicas.

### Biología molecular

Durante los últimos 15 años se ha desarrollado una serie de técnicas o metodologías que sustentan la posibilidad de manipular el material genético (ADN). Actualmente es perfectamente posible aislar ADN, fragmentarlo en lugares específicos, introducir un trozo de él (un gen) en vectores o vehículos para transportarlo de un individuo a otro (de la misma o de diferente especie). Además se pueden obtener múltiples copias de un gen a través del proceso de clonación de ADN, que involucra técnicas de ADN-recombinante.

Esto último consiste en la incorporación de un gen a plásmidos bacteriales, que son trozos de ADN circular independientes del cromosoma bacterial, a través de la metodología de ADN-recombinante. Estos plásmidos que transportan el gen se incorporan en la bacteria *Escherichia coli* para obtener muchas copias de él mediante la multiplicación normal de la bacteria. Actualmente hay plásmidos sintéticos que tienen todo lo necesario para funcionar en forma óptima.

Luego del espectacular anuncio, en 1977, de la primera proteína humana (somatostatina) que fuera sintetizada por una bacteria (7), se ha producido una cantidad importante de tales eventos. Revisiones recientes (2) concernientes a proteínas sintetizadas por genes transferidos a bacterias, resumen 6 informes que involucran genes de bovinos, 43 de aves, 42 de ratones, 7 de conejos, 31 de ratas y un total de 39 genes humanos.

Uno de los objetivos de la manipulación de genes es lograr transferir genes útiles a individuos que no los poseen. Esto puede lograrse, entre otros, a través de dos medios: la transformación genética de células al comienzo del desarrollo embrionario, y la incorporación (transplante) a un individuo, de tejido genéticamente transformado (terapia de células somáticas).

Una forma de transferir genes es la "microinyección". En los años 1981-83 se anunció la producción de ratones "transgénicos" (9). La metodología utilizada consistió en obtener un óvulo recién fecundado, y a través de micropipetas inyectar ADN purificado a los pronúcleos (que posteriormente se unen para formar el núcleo del cigoto). Algunas veces el ADN inyectado se incorpora al ADN cromosomal. Este huevo así manipulado, se transfiere a hembras receptoras de las cuales se obtiene prole transformada. Para el transporte se utilizó el plásmido artificial denominado PBR-322, en el que se transfirió el gen de la hormona del crecimiento humano. Los nuevos animales, denominados transgénicos, habrían incorporado una gran cantidad de copias del gen de la hormona del crecimiento, dando como resultado animales que crecieron cerca del doble que los animales normales.

La eficiencia de esta técnica en ratones, que en un comienzo fue de aproximadamente un 2%, ha aumentado notablemente a alrededor de 30% (6). La eficiencia de integración conseguida en otras

especies, es menor: en conejos, 12,8%; en cerdos, 10,4%, y en ovejas, 1,3%. Las consecuencias de la integración, no obstante, en estas últimas especies han sido distintas. En conejo y cerdos transgénicos, se detectaron niveles altos de la hormona de crecimiento humano circulante, pero sin registrarse un mayor crecimiento (14). En peces se ha logrado la microinyección de ADN en el citoplasma del huevo recién fecundado de truchas con la hormona de crecimiento humano, con resultados poco espectaculares.

A través de microinyección se logró incorporar a células de la glándula mamaria de ovejas, el gen que sintetiza el factor 9 (que promueve en humanos la coagulación de la sangre). Tales animales producen leche que contiene el factor 9, de la que se puede extraer, purificar y comercializar. Esta es una experiencia pionera de gran interés para la síntesis de proteínas en tejidos somáticos animales transformados.

En aves no se ha logrado microinyectar los pronúcleos, por lo que se usan otras formas de transformación, que consisten en el uso de sistemas vectores. Se han utilizado virus: el SV-40 (Simian Virus-40), el virus AEV (Avian Eritroblastosis Virus) y el ALV (Avian Leucosis Virus), que producen enfermedades, incorporando parte de su ADN a las células (1). Son vectores naturales, que se manipulan genéticamente de manera de extraerles los genes que producen la enfermedad, "desarmándolos", e incorporarles los genes beneficiosos.

La terapia de células somáticas es otro ejemplo de transferencia de genes. Esto se puede ejemplificar con el caso del tristemente célebre "niño burbuja", que murió a los 2 años, víctima de un sistema inmunitario totalmente deficiente debido a la carencia de la proteína adenosina deaminasa. Esta enfermedad, denominada SCID (severe combine immune deficiency), podría eventualmente curarse con una terapia del tejido involucrado. En este caso se extrae médula ósea (responsable de la producción de proteínas asociadas al sistema inmunológico), se transforma *in vitro* a través de microinyección de ADN desnudo y reintroducción de tejido transformado al mismo individuo del que se extrajo. Con ello se logra evitar la dificultad anexa del rechazo que ocurre cuando se efectúan transplantes de tejidos entre individuos (4).

Recientemente se ha obtenido éxito con la novedosa técnica de realizar implantes de tejidos, que no son los que normalmente sintetizan la proteína deficitaria, pero que han sido transformados genéticamente para que lo hagan. La proteína sintetizada es entonces transportada en el plasma sanguíneo hacia los tejidos que la necesitan.

Así, en implantes de piel y de fibroblastos se ha logrado la síntesis del factor 9 y otras proteínas asociadas a enfermedades congénitas humanas. No obstante, la expresión de estos genes no ha persistido por mucho tiempo en el organismo tratado, debido a una respuesta inmune (13).

Supuesto el caso de que se disponga de toda la metodología necesaria para transformar un animal con un gen específico, ¿qué hacer?, ¿qué genes manipular?

Existe aún mucha ignorancia acerca del mecanismo genético de control en la expresión de características de interés económico en animales. La mayoría de ellas, por lo demás, están controladas por muchos genes. Esto hace que no se vea muy promisorio la manipulación de genes en un futuro inmediato. Queda aún mucho por conocer acerca de cómo funciona y cómo se regula la producción en los animales, como para pretender grandes logros en su manipulación.

En algunos casos se conoce la existencia de genes con efecto de gran importancia para caracteres productivos específicos, como son los genes para la producción de queratina de la lana en ovejas, o los genes que sintetizan la caseína de la leche en vacas. ¿Cómo manipular tales procesos?

Tomemos el caso de la lana de ovejas, a modo de ejemplo. Se sabe que esta fibra está constituida por una mezcla de diferentes queratinas. Hay más de 50 genes distintos, algunos de mucho mayor importancia que otros. Todas las queratinas contienen una cantidad muy importante del aminoácido cisteína (azufrado). Algunas estrategias a seguir podrían ser: 1) aumentar el número de copias del gen en el animal a través de microinyección, lo que haría posible una mayor producción de lana, pero, junto con ello, habría un aumento de los requerimientos de cisteína en la dieta; 2) disminuir el contenido de cisteína de las queratinas de la lana (aquí habrá que tener cuidado de no alterar con ello las propiedades físicas de la lana); 3) alterar los genes reguladores de la síntesis de queratinas (sobre esto no se sabe nada); 4) alterar los microorganismos del rumen para que sintetizen cisteína y la liberen al medio ruminal (se ha visto que al aumentar el contenido de cisteína en la dieta, aumenta la producción de lana) (15).

Otra posibilidad de manipulación genética en animales es buscar genes que tengan un efecto mayor en características productivas. Hoy día se sabe de la existencia de algunos de tales genes, pero invariablemente no se conoce con certeza cuáles son, ni cómo funcionan. Como ejemplos de tales genes mayores

se pueden citar el gen de "doble músculo" en animales Aberdeen Angus (raza bovina de carne), que muestran un gran desarrollo muscular; otro caso son los genes con efecto mayor en la prolificidad de ciertas razas de ovejas (Merinos *Booroola*, D'man, Javanese); genes de efecto mayor en crecimiento, como ha sido descrito en ratones; genes para resistencia a enfermedades, como los del locus B en gallinas, y genes para halothane-stress en cerdos, etc. (10, 11).

### Biología reproductiva

Existe una cantidad importante de metodologías que se utilizan para manipular el proceso reproductivo de los animales. Entre ellas se pueden enumerar la inseminación artificial; la super ovulación; la sincronización de estros; la transferencia de embriones; el sexaje de embriones y de gametos; la conservación de embriones y de gametos; la producción de "quimeras"<sup>1</sup>; la separación de células del embrión y clonación; la fusión de espermios y óvulos, etc.

La inseminación artificial (IA) es una antigua práctica de manipulación reproductiva, de utilización rutinaria en muchas especies. Consiste esencialmente en extraer el semen al macho, generalmente utilizando una vagina artificial, diluirlo varias veces e introducirlo en el tracto reproductivo de las hembras en un momento que coincida con la ovulación.

La sincronización de estros se realiza utilizando hormonas con el propósito de sincronizar la ovulación de las hembras. Esto se hace generalmente asociado a procedimientos de transferencia de embriones, donde las hembras donantes deben estar sincronizadas con las receptoras.

La transferencia de embriones consiste en superovular una hembra, inseminarla artificialmente y recoger luego los óvulos fecundados. Esto se puede realizar quirúrgicamente o por métodos de lavado del tracto reproductivo y posterior recuperación. Los blastocistos (8-16 células) son posteriormente transferidos a hembras receptoras que deben estar sincronizadas en su ciclo estral (5).

Las técnicas de IA y de transferencia de embriones se realizan rutinariamente en bovinos y otras especies, obteniéndose de su aplicación notables ventajas relacionadas con el mejoramiento genético de las especies. Entre tales beneficios se pueden mencionar el aumento de la intensidad de selección, permitiendo la utilización más efectiva de animales genéticamente superiores, y la diseminación de su material genético. Permiten, además, acortar el intervalo entre generaciones. En otros casos permiten la utilización de animales de gran valor, aún cuando en forma natural tuvieran algún impedimento para reproducirse. Facilitan también la conservación y transporte de germoplasma, disminuyendo, a su vez, las posibilidades de transmisión de enfermedades infecto-contagiosas. Posibilitan la producción de mellizos, el sexaje de los gametos y de los embriones (selección sexual), y por último, han abierto grandes posibilidades para la investigación.

Otra técnica de manipulación de los embriones se refiere a la posibilidad de clonación. En animales, la obtención de clones se ve limitada a la manipulación de células en las que aún no se ha producido el proceso de determinación celular, que conduce en los animales a la diferenciación celular (formación de tejidos especializados), perdiendo las células su totipotencialidad (capacidad para originar cualquier tipo de tejido). Así, no existe aún la posibilidad de clonar a un individuo adulto, que haya probado su condición de superioridad genética. Tal posibilidad es sólo factible a partir de células no determinadas del embrión.

Existen dos métodos comúnmente utilizados. Uno de ellos consiste en obtener una célula huevo, que se deja dividir hasta unas 4 células. Se manipula este embrión, produciendo la separación de tales células, y se cultivan *in vitro*, permitiendo que reinicien su división. Este proceso se puede repetir. Los blastocistos obtenidos se transfieren luego a hembras receptoras. De esta manera se han obtenido en ovinos, ratones, vacunos, conejos y cerdos, clones de un número limitado de individuos (12).

El otro sistema consiste en tomar un huevo y enuclearlo (succionarle el núcleo o destruirlo con radiación) e introducir la información genética de otro individuo a través de micropipetas. Si esto se realiza con muchos huevos, sería posible obtener un clon de un individuo dado. Aquí nuevamente se necesita disponer de núcleos totipotenciales, que hasta el momento sólo es posible obtener de embriones tempranos, (8). En resumen, aún no es posible clonar individuos adultos con producción conocida.

Los peces son organismos más flexibles en su manipulación genética. En Chile esto constituye un campo promisorio en la utilización de técnicas de manipulación reproductiva y molecular. La manipula-

<sup>1</sup>"Quimeras" = Individuos que poseen células de dos o más especies.

ción reproductiva permite obtener grandes cantidades de gametos, tanto de hembras como de machos. Entre otras posibilidades se puede mencionar la obtención de individuos triploides a través de un shock térmico de los huevos recién fecundados (otros animales no aceptan la triploidía). Con ello se pretende obtener individuos que al ser infértiles no gasten su energía en desarrollar su aparato reproductor, permitiendo derivarla al proceso de crecimiento y desarrollo de músculos. Además, en peces es posible modificar el sexo mediante la utilización de hormonas, dando lugar a la posibilidad de autofecundación. Estas y otras condiciones extraordinarias de los peces hacen que sean especies con gran futuro en la aplicación de biotecnologías.

Cierta espectacularidad han tenido los anuncios de la producción de "quimeras" de animales (que poseen células de dos o más especies). Esto se ha conseguido a través del injerto o trasplante de tejidos de un animal a otro (quimeras secundarias), o agregando células de diferentes embriones en un estado temprano de su desarrollo, 2 a 8 células (quimeras primarias).

Estas metodologías permiten obtener animales compuestos por dos o más poblaciones celulares de distinto genotipo. Un caso reciente lo constituye la obtención de una "Geep" (¿cabreja?), obtenida de agregar células embrionarias de dos especies muy parecidas, cabra y oveja, teniéndose éxito en ocho casos (3).

#### Genética cuantitativa

Existe una gran potencialidad en el uso de las nuevas biotecnologías en los programas de mejoramiento, utilizando los llamados métodos convencionales de selección. Estos se refieren esencialmente a nuevas formas y criterios para identificar animales genéticamente superiores que permitan mejorar la eficiencia del proceso.

Algunas formas de lograr estos objetivos, se refieren a la utilización de "genes marcadores" que permitan una "selección asistida". Esto implica la identificación de indicadores fisiológicos o bioquímicos que pueden ser utilizados como predictores de características importantes. También la utilización de tecnologías como electroforesis o "Southern blot" que permiten clasificar a un animal de acuerdo a un marcador (aislando e identificando positivamente algún gen (ADN) que posea, o la proteína que tal gen produce). De esta forma existen hoy métodos para clasificar a los animales (especialmente machos) que ayudan a un proceso de selección más eficiente.

Con el desarrollo de la electrónica se ha permitido una más eficiente medición de ciertos caracteres y la definición de "nuevos" caracteres en animales. Por ejemplo, la introducción de la tomografía computarizada permitirá estimar en el animal vivo su composición corporal y su contenido energético. Además se visualiza el uso de la electrónica en sistemas de identificación que permitan en cualquier momento coleccionar información, en forma automática, de sus características. Así también están por salir al mercado aparatos que estiman en forma automatizada parámetros fisiológicos asociados con características productivas.

Todas estas nuevas tecnologías deberán pasar previa e inexorablemente por un conocimiento más profundo del funcionamiento fisiológico y molecular de los animales en relación con sus potencialidades genéticas.

#### BIBLIOGRAFIA

1. BULFIED, G. 1985. The potential for improvement of commercial poultry by genetic engineering techniques. In: Poultry Genetics and Breeding. Ed., Hill *et al.* British Poultry Science Ltd. Longman. 178 pp.
2. DAVIES, L. 1982. Genetic Engineering (3). Academic Press, London.
3. FAHILLY, C.B.; WILLADSEN, S.M. AND TOUCHER, E.M. 1984. Interspecific chimaerism between sheep and goat. Nature 307: 634-636
4. FRIEDMAN, TH. 1989. Progress toward human gene therapy. Science, Vol. 244: 1275-1281.
5. HAFEZ, E.S.E. 1987. Reproduction in farm animals. Lea & Febiger, Philadelphia.
6. HAMMER, R.E. *et al.* 1985. Production of transgenic rabbits, sheep and pigs by microinjection. Nature 315: 680-683
7. ITAKURA, K. *et al.* 1977. Expression in *E. coli* of a chemically synthesized gene for the hormone somatostatin. Science 198: 1056-1063.
8. MC GRATH, I. AND SOLTER, P. 1983. Nuclear transplantation in the mouse embryo by microsurgery and cell fusion. Science 220: 1300-1302.
9. PALMITER, R.D. *et al.* 1982. Dramatic growth of

- mice that develop from eggs microinjected with metallothionein-growth hormone fusion genes. *Nature* 300: 611-615.
10. PIPER, R.L. *et al.* 1988. Control of litter size: major genes and industry utilization of the booroola F Gene. Proc. 3rd World Congress of Sheep and Reef Cattle Breeding: 589-609. París.
  11. ROLLINS, W.S. *et al.* 1972. On the mode of inheritance of double-muscling conformation in bovines. *Hilgardia*, 41: 433-456.
  12. ROTTMANN, O.J. (1988). Possibilities and perspectives of embryo manipulations in Animal Breeding. Proc 3rd World Congress of Sheep and Cattle Breeding: 309-318. París.
  13. VERMA, I.M. (1990). Gene therapy. *Scientific American*. Vol. 263, N° 5: 68-85.
  14. WARD, K.A. *et al.* 1986. The direct transfer of DNA by microinjection. 3rd. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production XII: 6-21.
  15. WARD, K.A. *et al.* 1982. The isolation and analysis of the major wool keratin gene families. Proc. of 2nd World Congress Gen. Appl. Livestock Product. 6: 146-156.

**Moderador.** Continuamos nuestra reunión con la participación del Dr. Eduardo Agosin, Ing. Agrónomo titulado en la Universidad de Lovaina, Bélgica, el año 1979, y recientemente retitulado en nuestro país en la Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales de la Univ. de Chile.

El Dr. Agosin se desempeña actualmente en el Depto. de Ing. Química de la Pontificia Universidad Católica. Con anterioridad lo hizo en el Laboratorio de Microbiología del Inst. Nacional Agronómico de París, el año 1981. En 1985 regresó a Chile, participó en trabajos del INTA, de la Univ. de Chile y, recientemente, a partir del presente año, se incorpora a la Universidad Católica.

Dejo con Uds. al Prof. Agosin, quien se va a referir al tema de los bioprocesos agro-industriales.

#### MESA REDONDA "BIOTECNOLOGIA AGRICOLA"

### BICPROCESOS AGROINDUSTRIALES

Ing. Agr. Dr. EDUARDO AGOSIN T.

Depto. de Ingeniería Química, Universidad Católica de Chile<sup>1</sup>

Una de las definiciones más utilizadas de biotecnología es la formulada por IUPAC<sup>2</sup>, como la "aplicación de principios científicos e ingenieriles en la transformación de materias primas por agentes biológicos, o sus partes, para la producción de bienes y servicios". De esta definición se desprende claramente que, para hacer biotecnología, es indispensable la participación conjunta de especialistas de diversas disciplinas, como genéticos, bioquímicos, fisiólogos, microbiólogos, pero también de ingenieros químicos, economistas, sociólogos. Actualmente, en este campo se hace hincapié preferentemente en la connotación "bio", olvidándose muchas veces el componente "tecnolo-

gía" (ingeniería de fermentaciones, biorreactores, ...). En este sentido, el Dr. Pierre Feillet, Director del INRA<sup>3</sup>, Francia, expresa que para él, la biotecnología tiene como objetivo "transformar en tecnologías, los descubrimientos de la biología".

En efecto, posteriormente al éxito científico que consiste en modificar un microorganismo por ingeniería genética para hacerlo producir abundantemente una molécula propia o introducida, quedan todavía numerosas etapas antes de acceder a la aplicación industrial: mejoramiento de la estabilidad de la cepa; mejoramiento de los rendimientos; definición de las condiciones óptimas de fermentación; optimización de los métodos de frac-

<sup>1</sup>Casilla 6177, Santiago, Chile.

<sup>2</sup>IUPAC = International Union of Pure and Applied Chemistry.

<sup>3</sup>INRA = Institut National de la Recherche Agronomique, Francia.

cionamiento y purificación de las moléculas fabricadas; los ensayos toxicológicos; la adaptación a la reglamentación vigente.

En este artículo se pretende entregar algunas consideraciones sobre la **producción** de compuestos biotecnológicos relacionados con la agroindustria y abrir el debate a través de algunas reflexiones sobre las oportunidades en este campo para Chile.

### ¿QUE ES UN BIOPROCESO?

En primer lugar, quisiera distinguir las etapas que caracterizan un proceso biotecnológico cualquiera. Por ejemplo, en la Figura 1 está esquematizado el clonamiento y expresión del gen del interferón, proteína cuya principal función es interferir en el ataque viral y a la cual se le han conferido propiedades anticancerígenas. En la primera parte de la figura, tenemos la **clonación del gen**; extracción y corte del DNA humano —mediante enzimas de restricción—, en el cual se encuentra el gen del interferón; introducción en un plasmidio o vector mediante una enzima llamada ligasa; selección y multiplicación clonal en la bacteria *Escherichia coli*, y la consecuente expresión de la proteína de interferón.

Sin embargo, este "éxito" innegable del científico en su laboratorio, necesita aún de muchas etapas antes de poder culminar en una aplicación industrial. Estas etapas están esquematizadas, aunque sin mucho énfasis, en la segunda parte de esta figura. Tenemos una primera etapa que es la **fermentación**, es decir la reproducción en cantidades importantes de esta célula y su multiplicación a fin de obtener una producción significativa de proteína, ya sea ésta intra o extracelular. Una vez lograda esta etapa, es necesario **extraerla y purificarla** del resto de las proteínas; luego tenemos que llevar a cabo largos y tediosos **ensayos toxicológicos**, para determinar si esta proteína tiene calidades y cualidades similares a la proteína humana inicial. En forma resumida, bástenos señalar que cuando el científico termina su labor, empieza la del ingeniero.

### VENTAJAS COMPARATIVAS DE LOS BIOPROCESOS

¿Cuáles son las características más sobresalientes de los procesos biológicos? Para contestar esta pregunta, quisiera referirme a las ventajas que poseen los bioprocesos con respecto a los procesos químicos clásicos.

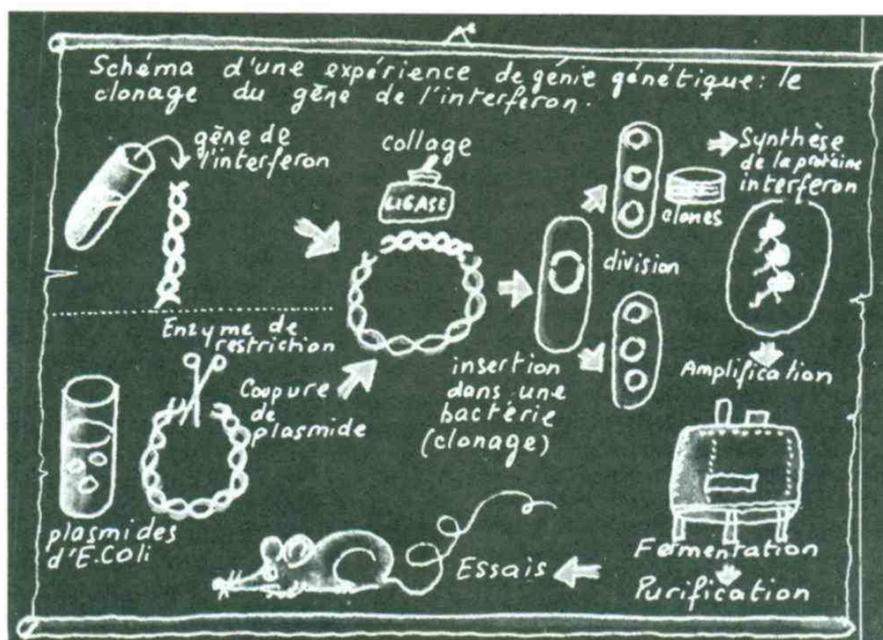


FIGURA 1. Esquema de un bioproceso, con énfasis en la parte de ingeniería genética (de "Le Biokit", Israel, 1984).

– En primer lugar, los catalizadores biológicos tienen una **temperatura de acción baja**, en su mayoría entre 20 y 70°C, temperatura a la cual crecen los microorganismos y actúan las enzimas.

– La presión de operación de los fermentadores es generalmente la **presión atmosférica**, contrariamente a un gran número de procesos químicos que operan a altas presiones.

– El solvente y principal componente de la reacción es, por lo general, simplemente **agua**.

– Las **reacciones involucradas son altamente específicas**, con muy pocas reacciones colaterales, lo cual hace que el rendimiento del proceso sea elevado, alcanzando incluso hasta un 100%.

– Por otra parte, estos procesos tienen una **alta potencialidad gracias a la manipulación del DNA**. En efecto, no sólo podemos obtener de un microorganismo que produzca compuestos o moléculas totalmente extraños a él (heterólogos) sino que, además, sea capaz de producirlos en grandes cantidades mediante manipulación genética del biocatalizador.

– También es necesario señalar que los bioprocesos emplean recursos o **sustratos que son renovables** y,

– Por último, pero no menos importante, éstos se caracterizan por la generación de una **cantidad limitada de compuestos tóxicos** en comparación a los procesos químicos tradicionales, aunque sus efluentes pueden tener una DBO (demanda biológica de oxígeno) elevada.

Es necesario señalar a este nivel que la comparación entre la industria química clásica y la industria biotecnológica en expansión, no debe inducir al lector a pensar que la idea del autor es que esta última reemplazará a la primera o a cualquier otro tipo de industria, sino más bien que abrirá nuevas posibilidades y permitirá el desarrollo de nuevos productos, como lo han hecho otras tecnologías en el pasado.

#### MERCADO Y CLASIFICACION DE PRODUCTOS BIOTECNOLOGICOS

Un amplio abanico de productos son obtenidos en la actualidad mediante procesos biológicos. Las ventas de estos productos siguen ampliamente dominadas por los productos tradicionales de fermentación, en particular bebidas alcohólicas (50% del mercado mundial) y quesos (20%), los cuales siguen creciendo en volumen. Por su parte, los antibióticos, el etanol (fuel e industrial) y los jarabes concentrados de fructosa (HFCS) dominan las ventas de productos biotecnológicos propiamente

tales (Cuadro 1). Estos resultan ya sea de técnicas biotecnológicas clásicas o de la manipulación de los microorganismos mediante técnicas de biología molecular y/o DNA recombinante.

Los precios de estos productos fluctúan entre 400/600 dólares por tonelada para productos como glucosa o etanol, hasta 8 millones de dólares o más por tonelada, en el caso de vitamina B<sub>12</sub> y ciertos antibióticos. A fin de poder ordenar estos productos, es conveniente clasificarlos en categorías. La relación entre precio de venta y concentración del producto –esquematizada por una recta en base logarítmica (Figura 2)– permite inferir que gran parte de éstos pueden incluirse en tres grandes grupos en base a su valor y volumen de producción, a pesar de lo difuso que puede resultar a nivel de sus fronteras (Hacking, 1987). Estos grupos están conformados por:

- productos de gran volumen de producción y bajo costo
- Productos de alto volumen y valor intermedio
- y por último, productos de volumen bajo y alto valor.

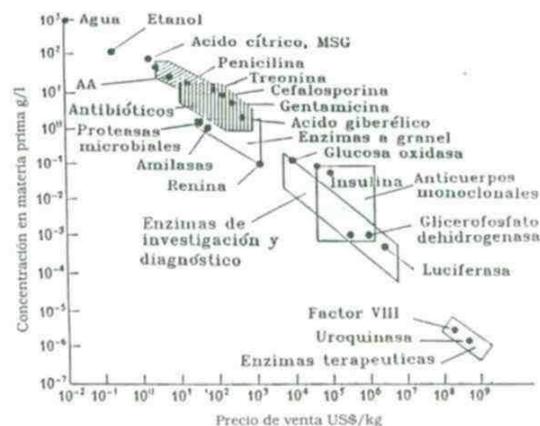


FIGURA 2. Relación entre precios de venta (US\$/kg) y concentración en el caldo de fermentación, para varios productos biotecnológicos.

Quisiera hacer hincapié en la primera categoría (Cuadro 2) que se refiere a productos como etanol, acetona, butanol o biomasa (*starters* lácteos para yoghurt, proteína unicelular,...). La producción de proteína unicelular consiste en el cultivo de levaduras, bacterias u hongos filamentosos sobre materias primas de bajo costo, como metanol o metano, las cuales son utilizadas como alimento animal, previa deshidratación (el contenido de proteína del producto varía entre 40 y 70% base

CUADRO 1. Ventas mundiales de los mayores productos biotecnológicos en 1983

	Volumen (miles de ton.)	Precio (US\$ por ton)	Valor (millones de US\$)
<b>Combustible/etanol industrial<sup>a</sup></b>			
EE.UU.	1.000	576	576
Brasil	4.500	576	2.600
India	400	576	230
Otros	400	576	230
Total			3.636
<b>Jarabes de alto contenido de fructosa</b>			
EE.UU.	3.150	400	1.260
Japón	600	400	240
Europa y otras partes	200	400	80
Total			1.580
<b>Antibióticos<sup>b</sup></b>			
Penicilina y penicilina sintética	—	—	3.000
Cefalosporinas	—	—	2.000
Tetraciclinas	—	—	1.500
Otros	—	—	1.500-2.000
Total			8.000-8.500
<b>Otros productos</b>			
Acido cítrico	300	1.600	480
Glutamato monosódico	220	2.500	550
Fermento de levadura	450	1.000	450
Enzimas	—	—	400
Lisina	40	4.000	160
Biopesticidas	12	—	12
Total			2.052
Totales (millones de US\$)			15.268 - 15.768

<sup>a</sup>Basado en precio de EE.UU. (US\$ 1.70 por galón)

<sup>b</sup> Estimación aproximada de los datos de Klein (1978) y de *The Wall Street Journal* (15 de Octubre de 1979, p. 41), corregida según inflación.

(Adaptado de Hacking, 1987).

CUADRO 2. Clasificación de productos. Base de la clasificación: Valor y volumen de producción

Categoría	Actividad
Volumen alto, valor bajo	metano, etanol, biomasa, biopesticidas, tratamiento de efluentes, aprovechamiento de desechos, purificación agua, alimento animal, composto.
Volumen alto, valor medio	aminoácidos, ácidos orgánicos, polímeros, levadura, productos alimenticios.
Volumen, bajo, valor alto	antibióticos y otros productos relacionados, enzimas, vitaminas.

materia seca, según el microorganismo). Inclú también los biopesticidas en esta categoría, a pesar de que el volumen de producción es bajo aún, pero también su precio, ya que creo que se trata de un producto de gran potencialidad -y necesidad- en nuestro país. Su desarrollo futuro está fuertemente condicionado por la posibilidad de sortear problemas de formulación de un producto estable y obtención de una densidad de esporas suficientemente elevada en el fermentador, permitiendo disminuir el volumen de los reactores utilizados y, consecuentemente, el precio de venta del biopesticida. Otro tipo de productos, que son más bien servicios, es el tratamiento de efluentes o la purificación de aguas, actividad tradicionalmente exitosa de la biotecnología.

El segundo grupo de productos se refiere a volúmenes menores, pero con precios aún relativamente bajos, que corresponden a productos químicos especializados, como aminoácidos, ácidos orgánicos, la levadura panadera, polímeros utilizados en la extracción asistida de petróleo, productos alimenticios varios, etc. Aquí, al igual que en el primer grupo, muchos productos compiten directamente con la industria petroquímica, sobreviviendo en gran parte gracias a su uso en la industria alimenticia, en la cual ya sea que se permite únicamente el empleo de un producto "natural", o bien que la purificación requerida a partir de la síntesis química es muy cara, etc.

Por último, el tercer grupo comprende aquellos productos donde podría obtenerse el mayor valor agregado, al menos en el corto y mediano plazo, como antibióticos y otros productos relacionados: enzimas, principalmente terapéuticas; vitaminas, que han significado el objetivo primero de las técnicas de DNA recombinante y donde han invertido prioritariamente las grandes compañías transnacionales.

La comparación de costo entre los productos de bajo y de alto valor se muestra en el Cuadro 3. Estos productos, en general, tienen costos de capital elevados, tanto aquéllos de alto volumen y bajo valor, como el etanol, como los antibióticos y vitaminas en el caso de aquéllos de alto valor y bajo volumen. En el caso de productos de alto volumen y bajo valor, la materia prima, el sustrato a biotransformar, tiene también una alta contribución en los costos de producción, como se verá más adelante. La eficiencia de conversión es elevada y los costos de recuperación son bajos. Estos tres componentes son variables, pero sin duda muy inferiores en el caso de los productos de alto valor y bajo volumen. Por otro lado, los procesos que generan productos de bajo valor pueden ser operados con personal poco calificado, como la producción de metano o de compost. (también entra aquí gran parte de los productos de la agroindustria). El margen de ganancia es bajo; sin embargo tienen pocos problemas regulatorios -en relación a la legislación- y los costos de investigación son limitados.

En cambio, en el caso de la tercera categoría, éstos necesitan de un personal altamente calificado y los márgenes de ganancia son altos (de ahí que las empresas transnacionales hayan invertido capital de riesgo principalmente en esta clase de productos); presentan, sin embargo, serias limitaciones de legislación y regulación: por ejemplo, para poder poner un antibiótico en el mercado, se calcula que se necesitan, en promedio, 10 años de experimentación antes de que éste sea efectivamente posible de producir; por último, en este caso los costos de investigación y de desarrollo son muy elevados.

Esto hace que debamos considerar el tipo de productos que deseamos desarrollar según su categoría, y buscar aquellas oportunidades específicas

CUADRO 3. Comparación de costo entre productos de alto y de bajo valor

Alto volumen, bajo valor	Alto valor, bajo volumen
- Costo capital elevado	- Costo capital elevado
- Alta contribución materia prima	- Mayor variación costos sobre fermentación y recuperación
- Alta eficiencia conversión	- Personal altamente calificado necesario.
- Bajos costos recuperación	- Márgenes ganancia altos
- Puede ser operado con personal poco calificado en ciertos casos.	- Serias limitaciones en legislación, regulación.
- Márgenes de ganancia bajos.	- Costos de investigación y desarrollo altos.
- Problemas regulatorios pequeños	
- Investigación limitada	

donde podamos ser competitivos, como parece ser el caso de la agroindustria. En efecto, si consideramos que el mercado de los nuevos productos biotecnológicos en el año 2.000, se desarrollará en los medicamentos en un 50% -30 billones<sup>1</sup> de dólares del mercado de los 60 billones de dólares totales (Cuadro 4), y que, en cambio, para los productos bioquímicos del rubro productos agrícolas este desarrollo será limitado, alcanzando alrededor de un 3,2%, quizás entonces nuestra oportunidad está en concentrarnos en esta última área, teniendo en cuenta, sin embargo, que se trata de un sector caracterizado por una penetración de mercado lenta y dificultosa, en razón de que los productos necesitan un alto grado de eficacia previamente comprobada.

**CUADRO 4. Mercado mundial estimado para productos biotecnológicos nuevos (US\$ billones)<sup>1</sup>**

	1990	2000
<b>Productos médicos</b>		
Medicamentos	5	30
Diagnósticos	1,5	5
<b>Productos químicos</b>		
'Specialties'	1	3
'Commodities'	0,5	2
<b>Alimentos</b>	2	5
<b>Productos agrícolas</b>		
Plantas y semillas	2	5,5
Productos bioquímicos	0,5	2
Otros servicios y equipos	4	10
<b>Total</b>	<b>16,5</b>	<b>62,5</b>

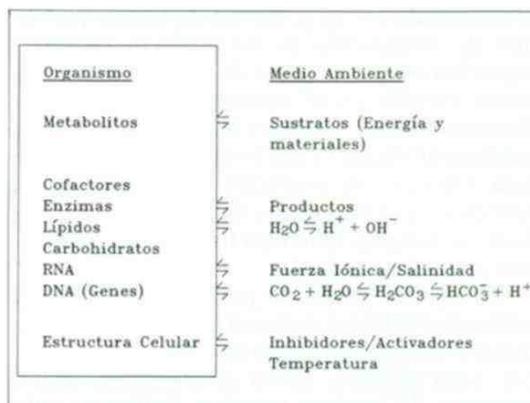
<sup>1</sup> US\$ 1 billón = US\$ 1.000 millones.

#### MODALIDADES DE CULTIVO

Quisiera referirme ahora a cómo se obtienen estos productos mediante fermentación. Los catalizadores biológicos -los microorganismos- deben colocarse en un ambiente favorable tanto para su crecimiento como para la óptima expresión del producto buscado, a fin de poder maximizar su producción a nivel industrial. El crecimiento

<sup>1</sup> En U.S.A., 1 billón = 1.000 millones.

microbiano depende tanto del genotipo como del medio ambiente en que se desarrolla (Figura 3). Este ambiente controlado y propicio al crecimiento microbiano se logra en un reactor especial, el fermentador.



**FIGURA 3. Descripción macroscópica de un sistema de cultivo microbiano.**

Los productos obtenidos en el fermentador pueden ser el mismo microorganismo, distintos metabolitos extracelulares -secretados al medio- o metabolitos intracelulares (o sus enzimas o metabolitos de reserva), etc. Para este fin, se han desarrollado distintas modalidades de cultivo entre las cuales se diferencian principalmente dos: la fermentación sumergida o fermentación líquida, que puede operarse en cultivo batch, fed-batch o cultivo continuo, y el cultivo semi sólido, el cual se ha desarrollado mucho menos hasta hoy, a pesar de observarse un interés creciente en su empleo.

#### Fermentación sumergida

La fermentación sumergida o fermentación líquida es la forma de cultivo que utiliza la gran mayoría de los procesos industriales. El crecimiento microbiano y la formación de productos se llevan a cabo en un medio de cultivo líquido en el cual el microorganismo está permanentemente en contacto con los nutrientes gracias a la aireación y agitación, en un medio cuasi homogéneo. Estas características, junto con el hecho de encontrarse en un sistema acuoso, han permitido alcanzar un alto grado de automatización y control de este tipo de procesos.

Dos sistemas de cultivo pueden llevarse a cabo por fermentación sumergida (Figura 4):

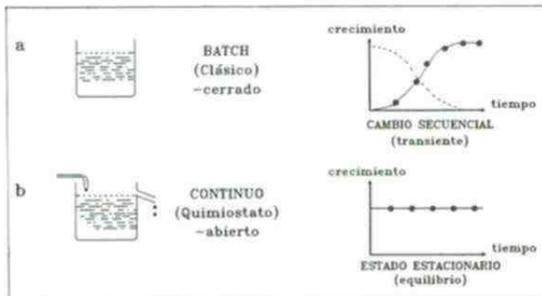


FIGURA 4. Sistema de cultivo por fermentación sumergida.

a) un primer tipo, llamado *fermentación batch* -también llamada por lotes o cargas-, es una fermentación cerrada, que se realiza sin intercambio de materia con los alrededores, a excepción de los gases (Figura 4a). Esta fermentación se realiza adicionando al principio de la fermentación todos los nutrientes necesarios para el crecimiento del microorganismo; posteriormente, se agrega el microorganismo y se le entregan todas las condiciones para que éste crezca en forma óptima hasta que uno de los nutrientes se hace limitante y en ese momento el crecimiento se detiene. Actualmente, la mayoría de los procesos industriales se lleva a cabo por esta modalidad. Básicamente, se pueden diferenciar dos fases en este cultivo: la fase de crecimiento exponencial, en la cual se lleva a cabo la síntesis de los metabolitos primarios, y la fase de crecimiento estacionario, donde se producen los metabolitos secundarios, la cual se expresa en el momento que un nutriente se hace limitante en el medio de cultivo. Ejemplos de este segundo tipo de metabolitos son el ácido giberélico, los antibióticos, etc.

b) Un segundo tipo de cultivo es el *cultivo continuo* (Figura 4b); este sistema tiene la ventaja de poder controlar la velocidad de crecimiento del microorganismo en el fermentador y de mantener la población en un estado fisiológico definido y constante. Se trata de un sistema abierto, en el cual se agrega una serie de nutrientes por un lado y se elimina una cantidad equivalente de producto por el otro, manteniendo un equilibrio dinámico al interior del fermentador. Este tipo de cultivo, aunque aún poco utilizado industrialmente debido a ciertos problemas de operación (riesgo de contaminación posible, subaprovechamiento del sustrato,...) tiene grandes potencialidades para la producción industrial, gracias a su alta produc-

tividad/unidad de volumen y su gran flexibilidad para diversas aplicaciones.

#### "Downstream processing"

Una vez obtenido el producto deseado, mediante transformación biológica, será necesario separarlo y aislarlo desde el caldo de cultivo; el conjunto de estas operaciones (separación de partículas, desintegración de células, extracción y concentración, purificación), llamado *downstream processing*, ha sido reconocido desde largo tiempo como un procedimiento costoso y técnicamente dificultoso. Más aún, a pesar de que en el desarrollo de muchos procesos no se considera esta parte con la suficiente atención, actualmente se admite que el *downstream processing* es un factor crítico limitante en el desarrollo comercial de productos biológicos. En efecto, muchas veces, el costo de la separación es superior al de la fermentación; más aún, estas operaciones pueden exceder el 50% del costo total del producto (Cuadro 5).

#### Fermentación semi-sólida

La fermentación semi-sólida se refiere al crecimiento microbiano y a la formación de productos sobre y en el interior de una matriz sólida, bajo condiciones de humedad restringida. En función de esta última, parte del agua se encuentra fuertemente ligada a las superficies sólidas; parte está débilmente ligada, y el resto puede existir en forma libre en las regiones capilares del material, sin exceder jamás la capacidad de retención hídrica de la matriz. Ejemplos de aplicación centenaria de este tipo de fermentación es la producción de composto (fermentación aerobia) o la fabricación de ensilajes (fermentación anaerobia láctica).

#### COMPARACION FERMENTACION LIQUIDA Y SEMI-SOLIDA

En los medios acuosos de los cultivos sumergidos, el oxígeno -requerido como aceptor de electrones de la respiración aerobia- tiene una muy baja solubilidad (del orden de 5 mg/l). Pero la elevada conductividad térmica del medio acuoso agitado facilita la rápida dispersión de calor -generado como resultado del metabolismo microbiano- de sustratos y de productos, lo cual ha permitido el desarrollo de procesos eficientes de regulación automática del medio de cultivo. En la fermentación semi-sólida, en cambio, el oxígeno se encuentra usualmente a la concentración atmosférica (285 mg/l), y por lo tanto presenta un gradiente

**CUADRO 5. Costos de *Downstream processing* calculados como proporción del precio de venta de productos obtenidos de fermentación**

Producto	Precio aprox. de venta (US\$/ton.)	<i>Downstream processing</i> % del precio de venta	Principales métodos empleados
Etanol	500	15	Destilación
Proteína unicelular	400	20	Floculación, centrifugación, secado
Fermento de levadura	1.000	20	Centrifugación, secado
Acido cítrico	1.600	30-40	Precipitación por calcio, acidificación, cristalización, secado
Glutamato monosódico	2.500	30-40	Evaporación, acidificación, filtración, cristalización, decoloración
Xantano	10.000	50	Precipitación con 2-propanol, tratamiento de calor, secado, recuperación del solvente por destilación
Penicilina G <sup>a</sup>	30.000	20-30	Extracción contra-corriente, cristalización (sal K+), lavado con solvente, secado
Enzimas		60-70 <sup>b</sup>	Extracelular-remoción de sólidos, concentración, precipitación, secado (si la formulación es sólida)

<sup>a</sup>Penicilina G = a granel.

<sup>b</sup>Estimación general aproximada.

muy favorable para su transferencia hacia la capa delgada de microorganismos que crecen sobre la superficie sólida. Pero la baja conductividad térmica del medio aéreo y la escasa agitación mecánica del medio sólido, facilitan la formación de gradientes de temperatura y de concentración de nutrientes y de productos y, por lo tanto, plantean problemas diferentes a la fermentación líquida (Viniegra, 1990). De ahí que este tipo de fermentación haya sido postergado por los ingenieros interesados en procesos industriales, a pesar de que, históricamente, se desarrollaron en Oriente, desde hace más de 50 años, procesos de este tipo para fabricar enzimas o antibióticos, como se verá más adelante.

Las principales desventajas de la fermentación semi-sólida derivan justamente del hecho que se ha trabajado poco en este tipo de fermentación, en comparación con la fermentación sumergida. En

particular, los conocimientos bioquímicos y fisiológicos sobre el crecimiento fúngico en medio sólido, son limitados; existe una falta de conocimiento preciso sobre los procedimientos para controlar efectivamente el proceso, y sobre los factores limitantes de este tipo de fermentaciones; y por último, los problemas de transferencia de masa y de calor -el cual es lentamente liberado al medio gaseoso, difundiéndose por conducción entre los espacios aéreos -plantean importantes problemas de escalado del proceso.

Sin embargo, existen numerosas ventajas, sobre todo en el caso de países como el nuestro, que necesitan de producciones localizadas que no son de tamaño demasiado grande. En primer lugar, la mayoría de estos procesos no necesita de condiciones drásticas de asepsia, lo cual reduce dramáticamente los costos de producción; por otra parte, ya se dijo que los costos relacionados con la

etapa de extracción y purificación en un cultivo sumergido eran importantes y podían representar hasta un 50% del costo final de un producto. En cambio, en este tipo de fermentaciones, los productos son obtenidos en forma concentrada, contrariamente al caso de la fermentación líquida donde se encuentran diluidos en un gran volumen de agua, del cual hay que recuperarlos; el volumen de los reactores semi-sólidos es pequeño; por lo tanto los costos de capital son inferiores. El gasto de energía, hoy en día una variable importante a considerar, es también reducido, ya que el volumen a agitar es menor; además, la agitación es generalmente esporádica y no continua como en el caso del cultivo líquido; por último, los efluentes a tratar son limitados o inexistentes en el caso del cultivo sólido; en cambio, en el caso del cultivo líquido son muy importantes. En resumen, se puede inferir que la inversión y operación son reducidas en el caso de la fermentación semi-sólida, contrariamente al caso del cultivo líquido.

Por lo tanto, podemos concluir que existe a este nivel un importante desafío de investigación y desarrollo que los investigadores nacionales deberían hacer suyo, considerando la potencialidad de esta modalidad de cultivo.

## PRODUCTOS COMERCIALES O EN DESARROLLO OBTENIDOS POR FERMENTACION SEMI-SOLIDA

Entre los productos que más han sido estudiados están los AFEP o "alimentos fermentados enriquecidos en proteínas" (Cuadro 6). Se trata por lo general de subproductos o residuos de la industria alimenticia o de la industria agrícola, pobres en proteínas, los cuales se enriquecen en estas últimas mediante su fermentación con microorganismos, por lo general del tipo de *Trichoderma* spp o *Aspergillus* spp. El soporte sobre el cual crece y se adsorbe el microorganismo puede ser nutritivo o inerte; en el primer caso, es utilizado por este último fundamentalmente como fuente de carbono. Un ejemplo concreto de AFEP lo constituye el proceso de enriquecimiento proteico de la coseta de remolacha mediante fermentación semi-sólida con el hongo *Trichoderma album*, desarrollado y patentado por el INRA Dijon, Francia. En 48-72 horas de fermentación, la coseta pasa de 3% a 20-25% de proteína, base materia seca. Estos estudios se llevaron a cabo en fermentador semi-industrial de una tonelada, y los estudios toxicológicos y nutricionales sobre terneros y monogástricos mostraron claramente la "bondad" del pro-

CUADRO 6. Productos comerciales o en desarrollo obtenidos por fermentación semi-sólida

Producto	Organismo	Soporte	País
AFEP <sup>1</sup>	<i>Trichoderma</i>	Coseta	Francia
	<i>Trichoderma</i>	Cítricos	USA
	<i>Aspergillus</i>	Tubérculos	Francia, México,...
Tempeh Callampa	<i>Rhizopus</i>	Soya	Indonesia
	<i>Agaricus</i>	Paja cereal	Varios
	<i>Volvaria</i>	Paja arroz	Oriente
Biopesticida	<i>Beauveria</i>	Inerte	Francia
	<i>Beauveria</i>	Granos	URSS
Koji	<i>Aspergillus</i>	Soja-Trigo	Japón, USA
Celulasas	<i>Trichoderma</i>	Maíz entero	Japón
Pectinasas	<i>Trichoderma</i>	Coseta	Francia
Acido cítrico	<i>Aspergillus</i>	Caña, coseta	Japón, USA
Giberelinas	<i>Gibberella</i>	Salvado	India
Micotoxinas	<i>Aspergillus</i>	Trigo	USA
	<i>Penicillium</i>	Cereales	USA
'Prepulpa'	<i>Phanerochaete</i>	Madera	USA

<sup>1</sup>AFEP: Alimento fermentado enriquecido en proteínas.

ducto. Proyectos similares se están desarrollando en México, utilizando como materia prima raíces tuberosas, como la yuca.

Otros productos de fermentación semi-sólida destinados a la alimentación humana son el tempeh, el champiñón de París *Agaricus bisporus*, ... El tempeh es un alimento muy popular en Indonesia, donde es consumido diariamente como plato principal por más de 25 millones de personas. Está compuesto por granos de soja cocidos utilizados como soporte para el crecimiento del moho *Rhizopus oligosporus*. Al final de la fermentación, los granos de soja se encuentran unidos entre sí en un cake blanco y compacto, resultado del crecimiento fúngico. En mi laboratorio se realizaron hace algún tiempo experimentos relacionados con la producción de tempeh a partir de lupino dulce, resultando promisorios los estudios preliminares de evaluación sensorial del producto.

Un tercer grupo de productos con gran potencial de desarrollo nacional por este tipo de técnicas, lo constituyen los biopesticidas. En este sentido, hay que mencionar que la empresa francesa Calliope está construyendo actualmente una fábrica para la producción, por fermentación semi-sólida, del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* contra el "gusano del maíz" *Ostrinia nubilalis*. Con este fin, el hongo se hace crecer sobre un soporte inerte (tipo perlita), de granulometría definida, en el cual el microorganismo esporula rápida y abundantemente. A este soporte se le ha adsorbido previamente un medio de cultivo definido para el rápido crecimiento del microorganismo y su "inmovilización" sobre el soporte.

Luego de secado, el producto se encuentra directamente formulado para ser esparcido por avión sobre los cultivos de maíz. Un producto similar, crecido sobre granos de cereales, se vende desde hace varios años en la Unión Soviética bajo el nombre de Mycotal.

Por otra parte, no podemos dejar de mencionar la producción de complejos enzimáticos que se han desarrollado con bastante éxito en Francia (pectinasas y celulasas a partir de coqueta de remolacha) ni tampoco, por supuesto, el tradicional proceso koji, originario de Japón, base de la salsa de soja (enzimas amilolíticas y hemicelulasas obtenidas a partir de fermentación de trigo y arroz). Por último, la producción de ácido gibérico sobre salvado de trigo ha sido reportada recientemente en India.

#### IMPORTANCIA DEL SUSTRATO

Para terminar, quisiera referirme al sustrato, parte sin la cual el proceso no sería posible. El sustrato que vamos a biotransformar en producto debe tener dos condiciones: por una parte debe ser una **fuentes de energía**, relacionada estrechamente con el flujo de carbono, para que el microorganismo pueda crecer, y por otra parte, debe aportar el conjunto de los **nutrientes** -nitrógeno, fósforo, magnesio, azufre - necesarios para que el microorganismo se multiplique.

El costo de la materia prima en relación al costo final de productos obtenidos por procesos de fermentación, es significativo, como lo muestra el Cuadro 7. De ahí la importancia del diseño minucioso de los medios de cultivo, ya que incre-

CUADRO 7. Contribución del costo del sustrato en los procesos de fermentación<sup>1</sup>

Producto	Materia prima	% de la fuente de carbono en relación al total
Proteína unicelular	Alcanos	46
Proteína unicelular	Metanol	63
Proteína unicelular	Melaza	62
Etanol	Caña de azúcar	42
Etanol	Maíz	54
Etanol	Residuos de cosecha	52
Acetona, butanol	Melaza	63
Acido itacónico	—	49
Acido cítrico	Melaza	33
Enzimas celulasa	Lignocelulosa	51
Bacitracina	—	25

<sup>1</sup>: Adaptado de Dale, B, 1987.

mentos moderados en la producción de metabolitos resultan ya sea en costos menores de producción y/o del precio de venta. Por otro lado, estos costos hacen necesario el uso de sustratos económicos, complejos y poco definidos, como subproductos de la industria agroalimenticia u otros (Cuadro 8). Entre estos componentes, uno de los más empleados como fuente de carbono es la melaza, subproducto proveniente de la industria azucarera que se utiliza también como alimento animal y en la producción de etanol. Otro sustrato habitualmente empleado, pero como fuente de nitrógeno, es el licor de maceración de maíz, subproducto de la industria de extracción del almidón de maíz. Otros sustratos industriales de empleo común se indican en el Cuadro 8.

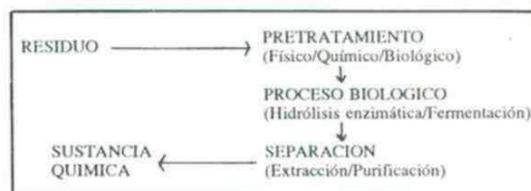
**CUADRO 8. Componentes de medios complejos industriales**

Componente	Origen
Melaza	Industria azucarera
Licor de maceración de maíz	Subproducto industria maíz
Permeado de suero	Subproducto ind. lechera
Vinazas	Subproducto producción etanol
Harinas soya, pescado,...	Industrialización productos
Extracto levadura	Ind. productora levadura
Salvado de trigo	Industria molinera
Pomasas	Industria de Jugos
Coseta de remolacha	Industria azucarera

Otras materias primas de enorme potencialidad como fuente de carbono para fermentaciones, son los materiales lignocelulósicos, tales como tallos y corontas de maíz, pajas de cereales, tallos de maravilla, bagazo de caña de azúcar, cáscaras de arroz, y una serie de residuos provenientes de la industria maderera (aserrín, ramas,...). En efecto, el 80% del peso seco de estos sustratos está constituido por paredes vegetales, las cuales están compuestas a su vez por tres polímeros estructurales: celulosa, hemicelulosas y lignina. Específicamente, la pared vegetal contiene alrededor de 40-50% de celulosa, homopolímero de glucosa, y un 30% de hemicelulosas, heteropolímeros amorfos compuestos de hexosas, pentosas y ácidos hexurónicos. Estos polímeros, entonces, luego de su hidrólisis en sus azúcares componentes podrían representar una fuente casi inagotable de nutrientes carbonados disponibles para los bioprocesos.

Desgraciadamente para el ingeniero en fermen-

taciones, en los tejidos de las plantas leñosas estos polisacáridos se encuentran íntimamente asociados a un heteropolímero aromático, la lignina; y esta asociación limita la conversión eficiente de los polisacáridos en sus azúcares componentes, potencialmente fermentables. En efecto, a nivel microscópico se puede apreciar que la distribución de estos polímeros forma una matriz en la pared vegetal, una suerte de "pegamento celular", que impide a las enzimas celulolíticas o al reactivo químico (ácido o base), acceder, penetrar hasta las cadenas de celulosa, permitiendo su hidrólisis a glucosa. Por lo tanto, para poder utilizar eficientemente este tipo de sustratos, es indispensable un pretratamiento de fragilización de la pared, que permita aumentar la porosidad y, por ende, la accesibilidad del sustrato para una hidrólisis enzimática y/o fermentación. Estos pretratamientos, abundantemente estudiados, pueden ser físicos (molienda, rayos gama, cocción a alta presión,...), químicos (soda, ozono, ácido sulfúrico,...) o biológicos (hongos ligninolíticos,...). Las etapas requeridas para el uso de sustratos lignocelulósicos en la obtención de productos por fermentación, están esquematizadas en la Figura 5.



**FIGURA 5. Obtención de sustancias químicas a partir de residuos lignocelulósicos.**

#### Obtención de etanol anhidro para su uso como aditivo en gasolinas sin plomo

Para terminar, quisiera referirme a un proceso que estamos desarrollando en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Católica de Chile, y que tiene como objetivo la producción y utilización de etanol anhidro como sustituto del plomo en la gasolina, a fin de reducir parcialmente la contaminación generada por el parque automotriz (San Martín, 1990). Se trata de reemplazar hasta un 7% de la gasolina por etanol, a fin, por una parte, de eliminar el plomo —de alto poder antidetonante, pero extremadamente tóxico a nivel del sistema nervioso central— y por otra parte, de contribuir a disminuir nuestra dependencia de la importación de petróleo. El etanol presenta varias ventajas como sustituto del plomo, tales como el

hecho de que puede producirse a partir de recursos renovables, se mezcla perfectamente con la gasolina sin necesidad de adicionar co-solventes (como es el caso del metanol) y su adición hasta un 10% v/v<sup>4</sup> no necesita modificación alguna del motor.

En el caso que se decidiera reemplazar toda la gasolina con plomo por gasolina con etanol, se requerirían aproximadamente 150 millones de litros de etanol anhidro/año. En la actualidad, se estima que IANSA, el mayor productor de etanol del país, tendría una capacidad total máxima de producción de 30 millones de litros. Una alternativa perfectamente factible para completar la demanda nacional a mediano plazo -los 120 millones de litros restantes- considera la obtención de etanol a partir de:

- desechos de operaciones forestales, como aserrín de pino, por ejemplo, del cual se producen anualmente alrededor de 700.000 toneladas.
- y/o modificación de los procesos de obtención de pulpa de celulosa química, la cual permitiría utilizar parte de las hemicelulosas, actualmente quemadas en el proceso, con una producción potencial de más de 100 millones de litros/año.

El proceso propuesto en el caso del aserrín de pino está esquematizado en la Figura 6. El aserrín es sometido en primer lugar a un pretratamiento físico, llamado de explosión con vapor, que consiste en contactar a alta presión el aserrín con vapor saturado en un reactor, por un tiempo determinado, seguido de una descarga flash hasta presión atmosférica. En el caso de maderas blandas como el pino, es necesario impregnar previamente el aserrín con CO<sub>2</sub> para que la fragmentación de la lignina sea exitosa. La madera explotada es recuperada por lavado y se procede a una hidrólisis enzimática utilizando celulasas. Posteriormente, los azúcares fermentables obtenidos por hidrólisis enzimática, pueden ser transformados, por fermentación, a etanol. El costo estimado de este proceso, con respecto al etanol, es similar al precio

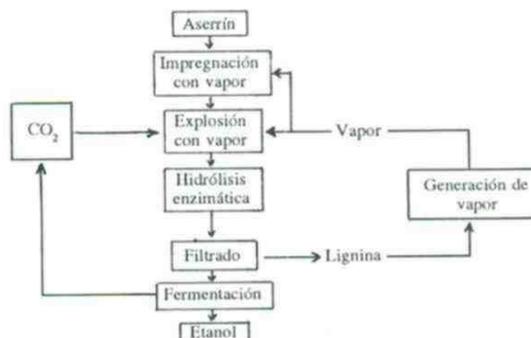


FIGURA 6. Proceso propuesto para la obtención de etanol a partir de aserrín de *Pinus radiata*. (Ricardo San Martín, 1990).

de la bencina de 93 octanos, es decir 0,5 dólares por litro.

#### CONCLUSIONES

A través de estas líneas he querido entregar algunas perspectivas que me parece que existen en nuestro país para los profesionales involucrados en biotecnología, haciendo hincapié en el sector agro-industrial. Sin embargo, la industria nacional no participará activamente en este gran desafío tecnológico, mientras no exista un **lenguaje y una competencia comunes** a todos los actores comprometidos, investigadores universitarios, encargados de desarrollo y responsables de la empresa. Esto permitirá establecer el diálogo entre todos los agentes involucrados, lo cual me parece no ser el caso actualmente. En efecto, el acercamiento a un problema, los objetivos, criterios de éxito, etc... que existen al interior de cada uno de estos grupos, son radicalmente diferentes, lo que crea inevitablemente una desconfianza mutua *a priori*, que impide el trabajo y desarrollo conjuntos. Es indispensable entonces, trabajar en un **sistema decodificante** del lenguaje e idiosincrasia de cada sector, a fin de lograr el indispensable acercamiento entre estos actores, lo que permitirá no sólo el desarrollo de programas comunes, sino también ser un motor del desarrollo nacional.

<sup>4</sup>v/v = volumen a volumen.

#### BIBLIOGRAFIA

- DALE, B. 1987. Trends in Biotechnology, 5. Págs. 287-291.
- FEILLET, PIERRE. 1982. Que peut attendre l'Agriculture de la Biotechnologie? En: BIO-FUTUR, Avril: 5.
- HACKING, A.J. 1987. Economic Aspects of Biotechnology. Cambridge Studies in Biotechnology, 3. United Press. Págs. 5-12.
- "LE BIKIT". 1984. Israel. 52 pp.
- SAN MARTIN, R. 1990. Uso de etanol anhidro como

aditivo en gasolinas sin plomo. Proyecto FON-DECYT 1991-1993. "THE WALL STREET JOURNAL". 1979. (15 de Octubre, pág. 41).

VINIEGRA, GUSTAVO. 1990. Etapas limitantes en la fermentación al estado sólido. Segundo Congreso Latinoamericano de Biotecnología. La Habana, Cuba, 3 al 7 de Agosto.

**Moderador.** Por último, voy a ofrecer la palabra al Dr. Gonzalo Arroyo, quien es Ing. Agrónomo graduado en la Universidad Católica. Tiene su post-grado de la Iowa State University, en 1963.

Se desempeñó durante muchos años como Profesor en la Universidad Católica, donde llegó a ser Director del Centro de Estudios Agrarios.

Se ha desempeñado también en la Universidad de Chile, como Profesor de Economía Política.

Fue contratado en 1974 por la Universidad de París X, donde se desempeñó como Profesor de Economía Agraria, hasta el año 1980.

Posteriormente, desde el año 1984 a 1989 se desempeñó en la Universidad Autónoma Metropolitana de Méjico, donde inició sus trabajos en el área de la Biotecnología y la relación que ella tiene con los procesos sociales. Es autor de, a lo menos, tres libros sobre la materia, y actualmente está en Chile trabajando en el Centro de Estudios Sociales, SUR, Profesionales.

Nos va a hablar hoy día sobre los efectos socioeconómicos de las biotecnologías y sobre las distintas opciones o modelos de desarrollo que contemplan para los países.

Tiene la palabra el Dr. Arroyo.

## MESA REDONDA BIOTECNOLOGIA AGRICOLA

### ASPECTOS INTERNACIONALES DE LA BIOTECNOLOGIA

*Ing. Agr. Ph. D., GONZALO ARROYO*  
*Centro de Estudios Sociales, SUR<sup>1</sup>*

El que habla en último lugar tiene ventajas y desventajas. Por una parte, sabe lo que han dicho los que intervinieron antes, y por lo tanto puede contestar o rebatir lo antes dicho. Por otra parte, si los que expusieron primero son brillantes, como lo fueron hoy, poco puede agregar. Felizmente, el tema que me toca tratar se refiere a los aspectos internacionales de la biotecnología, que complementan lo expuesto anteriormente.

#### TEORIAS SOBRE EL DESARROLLO TECNOLOGICO

La relación entre tecnología, o innovación tecnológica, y desarrollo económico, fue analizada en el contexto amplio de crisis o ciclos económicos por economistas clásicos como Marx y Kondratieff, y por Schumpeter en los años '40. Desde fines de los años '70 acaecen cambios estructurales como consecuencia, o al menos ligados, al surgimiento de nuevas tecnologías, llamadas de punta, y en una forma más precisa, *core technologies*, como veremos más adelante. Pero estos cambios no afectan sólo a la industria y la economía en general. Tienen, además, repercusiones societales que apenas empezamos a percibir. Eso abona el retorno a economistas como Schumpeter (1943), cuyo enfoque integrado sobre la innovación permite evaluar los probables y amplios efectos económicos del desarrollo tecnológico actual, y también los posibles ajustes industriales e institucionales que se harán necesarios en el futuro. De este modo los análisis en base a modelos simplistas y sin mayor referencia al desarrollo tecnológico de la teoría

<sup>1</sup>José M. Infante 85, Santiago, Chile.

neoclásica dominante, reciben hoy la crítica de los economistas innovacionistas de origen europeo<sup>2</sup>, como anteriormente la recibieron de la escuela francesa de la regulación<sup>3</sup>.

El acelerado cambio tecnológico actual contribuye a variar la forma en que la sociedad se moderniza y, en particular, la industria. En general las plantas industriales se hacen más pequeñas y cesa la producción masiva, mediante la cual las grandes empresas ganaban un pequeño margen por unidad fabricada, en función de su control sobre una porción del mercado. Hoy se busca sobre todo rebajar los costos de producción mediante la tecnificación y descentralización de la producción: se subcontrata con pequeñas y medianas industrias, la producción de partes; los diseños del producto y de las plantas son flexibles para satisfacer una demanda casi personalizada en el mercado mundial; los stocks de mercaderías y de materias primas, son rigurosamente manejados en forma computarizada, para reducirlos al mínimo, pues inmovilizan el capital y hacen subir los costos de producción; se “flexibiliza” también la contratación de mano de obra, con desplazamiento del obrero manual y su reemplazo paulatino por cuadros medios adiestrados y, por supuesto, por las máquinas a control numérico y robots.

Estos cambios corresponden, en verdad, a la estrategia de los grandes conglomerados productivos, que buscan una constante diversificación de los bienes y servicios, producidos a costos inferiores, en base a innovaciones tecnológicas continuas. La investigación científica y tecnológica es un punto clave y se ha constatado en las últimas décadas una compenetración entre la universidad, centros de investigación y empresas, en las cuales existen también laboratorios de investigación y en cuyo directorio participan científicos y universitarios de nota.

Conviene aquí hacer un alcance respecto a la situación de América Latina, y también de Chile, dentro del sistema económico mundial, transnacionalizado e interdependiente, que asume una dimensión global. Desde un punto de vista económico, las fronteras entre países han prácticamente desaparecido. Estos están obligados a competir encarnizadamente para insertarse en forma más favorable dentro del sistema económico mundial transnacionalizado, o al menos para no ser desplazados hacia posiciones más bajas o marginales, como sucede con los países en desarrollo, lo que también podría ocurrir a algunos de los países avanzados. Una de las armas para competir es precisamente el desarrollo de nuevas tecnologías. Se habla de una “carrera tecnológica”. Las cifras dadas por la CEPAL respecto a nuestra participación en el gasto mundial en I & D, muestran que si no cambiamos drásticamente nuestra política tecnológica quedaremos cada vez más en la periferia del sistema económico mundial (Cuadro 1).

#### LAS TRES TECNOLOGIAS BASICAS (CORE TECHNOLOGIES): MICROELECTRONICA, BIOTECNOLOGIA Y NUEVOS MATERIALES

En verdad, se está realizando una **nueva revolución industrial**. El nuevo paradigma productivo, tanto en la industria como en los servicios, se nutre hoy de la información disponible por los medios de comunicación a nivel mundial (bancos de datos, precios y otros, comunicados vía satélite, fax, modem,

<sup>2</sup>Mencionaremos a Carlota Pérez, Christopher Freeman, Luc Soete y Giovanni Dosi de la Universidad de Sussex, a Gerd Junne, Annemieke J.M. Roobeek y Guido Ruivenkamp de la Universidad de Amsterdam, entre muchos otros.

<sup>3</sup>Su iniciador es Michel Aglietta, quien retoma el concepto más bien político de A. Gramsci, aplicándolo al régimen de acumulación y al modo de regulación, que caracteriza como “fordista”, en las sociedades capitalistas avanzadas de este siglo. Otros regulacionistas son Robert Boyer y Alain Lipietz. Los regulacionistas señalan que la organización fordista de la economía, iniciada a comienzos de siglo pero consolidada en la posguerra, llega a su término. Ese **régimen de acumulación**, basado en nuevas técnicas y formas de organización industrial, requería con todo un marco institucional que constituía su **modo específico de regulación**. La manera en que se reproduce el modo de producción es lo que esa escuela llama la regulación, o el establecimiento de un marco institucional y jurídico capaz de asegurar el modo de funcionamiento del paradigma productivo predominante. En efecto, el tipo de acumulación extensiva dentro de la sociedad fordista, requería por ejemplo una elevación de los salarios para fomentar el consumo de masa propio del *Welfare State* y no sólo las líneas de ensamblaje introducidas por el *taylorismo* en la gran industria de comienzo de siglo. Es decir, que debía existir una relación adecuada entre el desarrollo económico y las instituciones de la sociedad, entre el aumento de la productividad y el poder comprador de las masas trabajadoras. Sin embargo, hacia fines de los años '60 esa forma de regulación se demostró ineficaz, puesto que la productividad descende, la competencia entre países aumenta en la economía transnacionalizada y las nuevas tecnologías comenzaron a impulsar cambios profundos en las estructuras de costo, en la organización de la producción y del empleo. Esto incide en las negociaciones entre centrales obreras y patronales y en las formas contractuales del trabajo, y del intercambio económico internacional.

CUADRO 1. Comparación de algunos indicadores en ciencia y tecnología (Mediados de los años ochenta)

	América Latina	Países mediterráneos <sup>a</sup>	Países asiáticos <sup>b</sup>	Grupo de los 7 <sup>c</sup>
Graduados universitarios/100.000 habitantes (personas)	156,0	191,0	478,0	592,0
Graduados en ingeniería y tecnología/graduados totales (%)	17,2	17,6	20,2	15,5
Ingenieros y científicos en I & D <sup>1</sup> 100.000 personas de PEA <sup>2</sup>	69,0	119,0	145,0 <sup>d</sup>	581,0
Gastos en I & D/PNB <sup>3</sup> (%)	0,6	0,9	1,3	2,7
Gastos en I & D por habitante (dólares)	12,0	24,0	18,0 <sup>e</sup>	346,0
Gastos en I & D por origen <sup>f</sup> (%)	100,0	100,0 <sup>g</sup>	100,0	100,0
i) Sector público	78,8	46,4	35,6	43,1
ii) Sector empresarial	10,5	49,5	61,4	52,5
iii) Fondos extranjeros	3,4	3,9	2,9	0,4
Gastos en I & D por actividad (%)	100,0 <sup>h</sup>	100,0 <sup>i</sup>	100,0 <sup>d</sup>	100,0 <sup>j</sup>
i) Investigación fundamental	20,9	19,0	21,1	14,1
ii) Investigación aplicada	52,4	39,7	30,4	26,5
iii) Desarrollo experimental	26,7	41,2	48,5	59,5

<sup>1</sup> I&D = Investigación y Desarrollo.

<sup>2</sup> PEA = Población Económicamente Activa.

<sup>3</sup> PNB = Producto Nacional Bruto.

a, incluye: España, Grecia, Portugal, Turquía y Yugoslavia.

b, incluye: Corea, Filipinas, Hong Kong, Singapur y Tailandia.

c, incluye: República Federal de Alemania, Canadá EE.UU., Francia, Italia, Japón, Reino Unido.

d, no incluye a Hong Kong ni Tailandia.

e, no incluye a Hong Kong

f, no siempre suma 100, debido a que el sector "otras fuentes de financiamiento" no se publicó aquí.

g, excluye Turquía.

h, incluye sólo a Argentina, Cuba, México y Venezuela.

i, incluye sólo a España y Portugal.

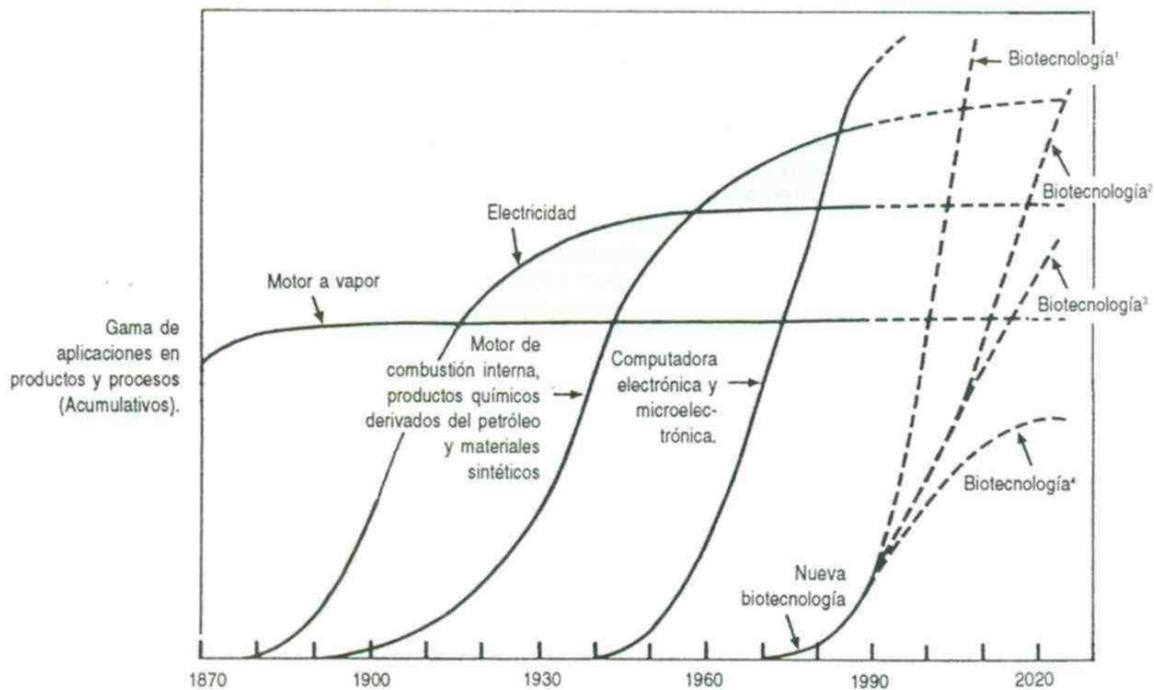
j, excluye a Canadá.

Fuente: CEPAL, "Transformación productiva con equidad". 1990.

etc.), y por la automatización de la producción industrial (inteligencia adiestrada mediante máquinas numéricas, robots y sistemas CAD/CAM) y de los servicios, en base al desarrollo prodigioso de la **microelectrónica** y de otras **tecnologías de punta**. Entre las más promisorias están la **biotecnología** y los **nuevos materiales** (semiconductores y de construcción de autos, aviones, etc.). Es innecesario decir que la biotecnología tiene una influencia muy directa en la evolución de la agricultura, ganadería, silvicultura, y agroindustria.

Desde una visión teórica que podríamos llamar neo-schumpeteriana, ciertos economistas analizan la difusión de nuevos productos y procesos, que según Schumpeter producían "olas creativas de destrucción" al esparcirse en el sistema económico. Algunos utilizan el concepto de "**trayectorias generales naturales**" para describir el proceso acumulativo de grupos (*clusters*) de innovaciones, como es el caso de la electricidad (Nelson y Winter, 1987). Otros, como Dosi, introducen el concepto de "paradigma tecnológico" (Dosi, 1982). C. Freeman y C. Pérez, economistas de Sussex, avanzan al tratar de ligar los períodos de prosperidad económica con el predominio de un determinado **paradigma tecno-económico** y los de crisis a la transición desde el antiguo paradigma dominante a uno nuevo, como ocurriría actualmente (Freeman, 1987, Pérez, 1986). Por paradigma tecno-económico estos autores entienden un "cierto sentido común ingenieril y administrativo para elevar la productividad y la rentabilidad, que es aplicable a casi cualquier industria". De este modo, sucesivos paradigmas tecno-económicos marcan la historia del capitalismo: en el siglo pasado el motor a vapor y la electricidad; en este siglo, el motor a combustión interna junto a productos químicos y sintéticos; derivados del petróleo y, más recientemente, los computadores y la microelectrónica. La biotecnología, que estaría aún en sus comienzos, podría transformarse en el siglo XXI en el centro del nuevo paradigma dominante, como lo muestra la Fig. 1 (OECD<sup>1</sup>, 1989, p 49).

<sup>1</sup>OECD = Organization for Economic Cooperation and Development, París, 1889.



Fuente: C. Freeman, citado en OECD 1989, pág. 54.

FIGURA 1. Representación simplificada de la difusión de "mega-tecnologías" y 4 escenarios de desarrollo de la "biotecnología".

## EL DESARROLLO ACTUAL Y EL FUTURO DE LA BIOTECNOLOGIA

Hay que considerar que el paso de la innovación a su explotación comercial puede ser largo y a veces sin resultados. Transcurren más de veinte años entre 1953, cuando Watson y Crick descubren lo que llamaron el "secreto de la vida", es decir la estructura de doble hélice del ADN, hasta que Boyer y Cohen logran en 1977 transferir genes a la bacteria *Escherichia coli*, lo que abre el camino a la explotación comercial de la biotecnología. Desde entonces pasan varios años más antes que productos, obtenidos mediante la expresión de ADN<sup>1</sup> aparezcan en el mercado, a saber la insulina (1981) y nuevas variedades de plantas (1987). Por mucho desarrollo científico y tecnológico que exista, el uso comercial de las innovaciones no se logra sin atravesar antes varias barreras: los costos de producción deben ser inferiores a los de productos alternativos; los nuevos productos requieren una aceptación de los consumidores y también de los grupos gremiales y del Estado. En el desarrollo de las nuevas tecnologías hay siempre algo de incierto entre el momento de la invención, o descubrimiento técnico, y la salida comercial al mercado. La gran mayoría de las innovaciones no llegan de hecho al mercado, no sólo debido a los ingentes capitales que se deben arriesgar, sino además porque la competencia entre grandes consorcios, la actitud del consumidor y la resistencia, por ejemplo, de grupos ecológicos, gremiales o de bloques de naciones, pueden conducir al fracaso comercial de las innovaciones<sup>2</sup>.

Resulta indudable que la microelectrónica es hoy la tecnología de punta dominante. Pero según la OECD, la biotecnología se consolidaría como paradigma dominante en la medida en que satisfaga las

<sup>1</sup>ADNr = ADN recombinante.

<sup>2</sup>Recordemos lo sucedido con las centrales de energía atómica, los aviones supersónicos comerciales (Concorde), y en el caso de los electrodomésticos, los sistemas de video reemplazados por el sistema VHS.

siguientes condiciones: a) creación de una nueva gama de productos que, a su vez, induzca el mejoramiento técnico de muchos productos y procesos; reducción de los costos de muchos productos y procesos, lo que supone que exista una oferta estable y abundante de las materias primas básicas; c) que tenga una aceptabilidad social y política; d) que tenga una aceptabilidad desde un punto de vista ecológico, y e) que tenga efectos amplios en el sistema económico.

La OECD estima que la biotecnología satisface claramente la primera condición, y no tan claramente la segunda, pues la cuestión sobre su rentabilidad económica estaría aún abierta. Sin embargo, hay proyecciones que indicarían un avance bastante espectacular de las ventas de productos biotecnológicos hacia el año 2000 (Cuadro 2). Esto no impide que haga falta más I-D antes que la difusión de las nuevas técnicas se generalice. Por lo demás, su entrada al mercado depende también de la evolución de los costos de productos alternativos. La tercera y cuarta condiciones se están comenzando a realizar, a juzgar por la acogida a las primeras difusiones de las biotécnicas y los nuevos productos. Sin embargo, aquí se pueden producir debates considerables en torno a los problemas éticos creados por esta nueva tecnología, sobre todo en el caso de su aplicación a la medicina humana. En verdad, la manipulación del genoma humano es hoy una posibilidad real. La quinta condición, parece también cumplirse, más aún si se pueden observar interacciones acumulativas entre biotecnología, microelectrónica y nuevos materiales (Roobeek, 1990).

#### LA BIOTECNOLOGIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Resulta indudable que la situación actual de la investigación en biotecnología es muy incipiente en la región. Hay países que poseen una cierta base científica, pero con una característica común: existe un divorcio entre la investigación académica y la aplicación productiva de las biotécnicas. Los países donde más ha avanzado la investigación en biotecnología vegetal son México, Brasil y Argentina. Sin embargo, la gran cantidad de la investigación y de la producción se centra en el cultivo de tejidos y no tanto en las técnicas con ADN<sub>r</sub> y de fusión celular (Avalos, 1990, Arroyo *et al.*, 1988). En el campo médico, Cuba está a la cabeza, pues ha logrado producir comercialmente anticuerpos monoclonales, llegando incluso a exportarlos al mercado internacional.

Las políticas biotecnológicas de los gobiernos regionales son también incipientes. En algunos países los gobiernos tratan de implementar planes de desarrollo tecnológico (Costa Rica) o de crear instancias

**CUADRO 2. Mercado mundial estimado para productos biotecnológicos nuevos (US\$ billones)<sup>1</sup>**

	1990	2000
Productos médicos		
Medicamentos	5	30
Diagnósticos	1,5	5
Productos químicos		
'Specialties'	1	3
'Commodities'	0,5	2
Alimentos	2	5
Productos agrícolas		
Plantas y semillas	2	5,5
Productos bioquímicos	0,5	2
Otros servicios y equipos	4	10
Total	16,5	62,5

<sup>1</sup>En U.S.A., 1 billón = 1.000 millones

gubernamentales responsables de esa área (Brasil). En general, se apoya la investigación a partir de comisiones gubernamentales de desarrollo científico y tecnológico (Argentina, Brasil, Chile y México entre otros) que distribuyen por concurso fondos para la investigación y, en casos muy excepcionales, capital de riesgo para las empresas. Pero sin lugar a dudas que el total de recursos regionales asignados a la investigación y desarrollo de la biotecnología es probablemente menor que lo destinado para I-D por una sola gran transnacional como por ejemplo Monsanto. Una fórmula distinta es la aplicada por el gobierno de Cuba que ha centralizado en la práctica toda la investigación, y con buen éxito, en una sola institución estatal. En otros países existen también organismos estatales de investigación orientados a la agricultura, como es el caso del INTA de Argentina, del INIA de Chile y del CPQ de Brasil; éstos en general carecen de suficientes recursos tanto para el personal, que está mal remunerado, como para equipos, laboratorios y reactivos; esta situación se ha agravado en la década de los '80, en que América Latina sufrió una crisis económica sin precedentes desde los años '30. Por último, existen

organismos de Naciones Unidas (FAO) e interamericanos (IICA) y también centros internacionales de investigación, entre los cuales hay que destacar el CYAT de Colombia y el CIP de Perú, que han contribuido a la investigación y al desarrollo tecnológico sobre todo en el campo de la biotecnología vegetal.

La conclusión de este breve análisis es que en América Latina estamos muy lejos de avanzar rápidamente en el campo de la biotecnología y que la brecha tecnológica se está ampliando, respecto a los países del Norte. Si en los próximos años no se corrige esta situación en la que deben participar los gobiernos, los empresarios y centrales sindicales y gremiales, y el mundo científico, y si no se aumentan sustancialmente los recursos destinados al desarrollo tecnológico, arriesgamos marginarnos totalmente en la configuración de una "trayectoria natural" de esta nueva tecnología. Esta tiene potencialmente gran interés para el desarrollo agrícola y agroindustrial de nuestros países. Más aún si por ser una tecnología que no está totalmente determinada -y protegida por patentes- en sus aplicaciones a la agricultura, está más al alcance de países pobres en capital como los nuestros. Por lo demás, hay biotécnicas aplicables a la agricultura y a la agroindustria, que no requieren las ingentes inversiones necesarias en otros campos como, por ejemplo, en la medicina humana. Si se deja solos a los consorcios transnacionales controlar el desarrollo de la biotecnología, se puede llegar a situaciones límites, con graves consecuencias para la alimentación humana. Es lo que anticipan autores (Fowler y Mooney, 1990) que piensan que una catástrofe ambiental está en preparación, si las multinacionales de semillas continúan sus políticas que llevan a la desaparición de las variedades indígenas de plantas, y, por lo tanto, a disminuir la resistencia a plagas, a factores climáticos y otros.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARIAS PEÑATE, SALVADOR. 1990. Biotecnología. Amenazas y perspectivas para el desarrollo de América Central. SELA-CADESCA-DEI, San José. 280 pp.
- ARROYO, GONZALO (Coord.). 1988. La biotecnología y el problema alimentario de México. UAM Xochimilco. Plaza y Valdés, México. 235 pp.
- AVALOS GUTIERREZ, IGNACIO. 1990. Biotecnología e industria. Un ensayo de interpretación teórica. IICA, Serie Documentos de Programas, N° 18. Noviembre. 80 pp.
- CEPAL. 1990. Transformación productiva con equidad. Santiago de Chile.
- FAO, CATBIO, 1990. Catálogo regional de laboratorios de biotecnología vegetal. Encuesta regional 1989-1990. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- FOWLER, CARY, and MOONEY, PAT. 1990. Shattering. Food, Politics and the loss of genetic diversity. The U. of Arizona Press, Tucson, 278 pp.
- FREEMAN, CRISTOPHER. 1987 (2a. edición). The economics of industrial innovations. MIT Press, Cambridge. 250 pp.
- OECD. 1989. Biotechnology. Economic and wider impacts. Paris.
- PEREZ, CARLOTA. 1986. Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto. En: C. OMINAMI (Ed.). La tercera revolución intelectual. Impactos internacionales del actual viraje tecnológico. RIAL, Grupo Editor Latinoamericano. Buenos Aires: 43-49.
- J.M. ROOBEEK, ANNEMIEKE. 1990. Beyond the technology race. An analysis of technology policy in seven industrial countries. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. 268 pp.
- SCHUMPETER, JOSEPH A. 1976 (2a. Edic.). Capitalism, Socialism and Democracy. George Allen & Unwin, Londres (1a. Edic., 1943).
- VAN TULDER, ROB, AND JUNNE, GERD. 1988. European multinationals in core technologies. John Wiley & Sons, Londres.

#### Intervención del Dr. Roberto Neira, durante la exposición del Dr. Gonzalo Arroyo y a pedido del mismo

En la Universidad de California, en Davis, en el año 1985, se efectuó un Primer Congreso sobre Ingeniería Genética en Animales, y se hizo una encuesta a alrededor de 150 científicos presentes en el Congreso, para ver cuál creían ellos que iba a ser el impacto relativo, en los años 1990, 1995 y 2000, de la aplicación de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura. Se evaluaba el impacto según una escala en que 0 (cero) era nulo; 1 era alguno; 2, significativo, y 3, muy grande. Se dividió en agricultura animal, incluyendo la apicultura; agricultura vegetal; transformación industrial, y aplicaciones ambientales.

Muy a "grosso modo", la encuesta indicó que los genetistas en animales presentes, le asignaron a la agricultura animal una mejor posibilidad de impacto que a la vegetal. En lo industrial, hay algunas partes bajas y otras altas, y aparentemente, el mayor impacto, a la larga, ocurriría en lo relativo a productos médicos (hormonas, vacunas, antibióticos), con una valoración de 2,9, prácticamente el tope.

Llama la atención lo referente al mejoramiento genético animal. Dentro del mejoramiento genético propiamente tal, aparentemente no habría gran impacto, al menos en un comienzo, pero posteriormente, tal vez con la ayuda en el desarrollo de la biología reproductiva, esto alcanzaría también a niveles de impacto considerables.

En agricultura vegetal, llama la atención también, que en mejoramiento genético el impacto inicial esperado es lento (1, 2) y luego se hace más importante (2, 5).

En lo relacionado con transformación industrial, el impacto esperado de la tecnología del ADN recombinante es moderado. Puede que los genetistas animales no conozcan mucho de este rubro, pero el impacto que esperan en él es más moderado que en los otros.

Es interesante destacar, además, dos aspectos particulares en el rubro aplicaciones ambientales:

a) En el punto descomposición del petróleo, Uds. saben que Exxon Corporation, el año 1974, patentó una bacteria (*Pseudomonas putida*), transformada mediante la tecnología de ADN recombinante, que era capaz de sobrevivir en petróleo y probablemente podría descomponerlo en algún grado. En este campo de aplicación se espera un impacto de 1,1 en 1990 a 2,2 en el 2.000.

b) Con respecto al tratamiento de desperdicios, aparentemente, tampoco la opinión es excesivamente auspiciosa; el impacto llegará a ser significativo (2, 4), pero no muy grande.

Recordemos que este es el resultado de una encuesta de opiniones de científicos, no es el resultado de ningún estudio.

## MESA REDONDA BIOTECNOLOGIA AGRICOLA

### INTERVENCIONES DE LOS ASISTENTES

**Moderador.** Creo que disponemos de unos 5 minutos para preguntas. Por favor, quienes las tengan, hángamelas llegar.

Claudia me está pidiendo la palabra. Se la vamos a ceder, mientras llegan las preguntas.

**Claudia Botti.** Yo quisiera aclarar un concepto que puede haber quedado equivocado.

Cuando hablé de plantas ornamentales, que son producidas por el 95% de los laboratorios comerciales dedicados al cultivo "in vitro" de vegetales, me refería a la micropropagación solamente, no al mejoramiento genético. Es en la micropropagación donde no se ven los efectos que se esperaban. En el mejoramiento genético sí hay fuertes efectos. Se han obtenido frejoles a los que se ha introducido cierta resistencia a virus y que están regenerados y funcionando en el campo. Hay muchos ejemplos.

Pero yo me refería a la micropropagación cuando dije que en muchos casos no se obtuvieron los resultados esperados.

**Moderador.** Lee la pregunta de Juan Izquier-

do, de FAO, Oficial Regional de la Producción Vegetal: ¿Cómo se beneficiaría Chile, su producción vegetal, con la integración de laboratorios privados y oficiales en proyectos cooperativos, incluyendo también a laboratorios de países desarrollados en el área de mejoramiento genético y en la de conservación de germoplasma? Pros y contras.

**Claudia Botti.** Yo soy una convencida de que en latinoamérica la única forma de que vamos a hacer algo en ingeniería genética, es integrándonos. No sólo integrándose entre laboratorios privados, eso lo veo más difícil, sino entre los demás laboratorios de investigación. Las universidades tienen que integrar sus laboratorios y no duplicar esfuerzos como se ha hecho hasta ahora. Hemos estado todos trabajando en micropropagación y realmente ahora nos estamos dando cuenta de que hemos perdido mucho esfuerzo y mucho en financiamiento.

Evidentemente una cooperación con laboratorios de países desarrollados, es importante, y casi

indispensable. Por lo demás, las fuentes de financiamiento así lo están pidiendo: que nos integremos con laboratorios de países desarrollados, o por último, con centros internacionales de investigación existentes en el país o en nuestra América, como el CIAT<sup>1</sup>, por ejemplo, que no está tan lejos y que recibe con frecuencia a expertos internacionales.

Yo veo la integración solamente con pros, no con contras.

**Moderador.** Una pregunta de don Alberto Cubillos, para Claudia Botti: La posibilidad de generar embriones somáticos ha permitido especular en la producción de semillas artificiales que reemplacen a las naturales. Un importante problema es el método de recubrimiento para proteger los embriones. ¿Cuál es el estado de este proceso?

**Claudia Botti.** Voy a reconocer que de esto yo no conozco mucho.

Tengo la idea de que en alfalfa, por ejemplo, ya se han logrado embriones somáticos recubiertos y encapsulados, y se ha sembrado semilla artificial. Creo que Juan Izquierdo está trabajando o ha colaborado en leguminosas. En apio también se ha hecho, creo que más bien con fines de investigación, porque no veo la razón de hacer embriones somáticos encapsulados en apio... Hay bastante investigación última.

Da la impresión de que se quisiera seguir por esa vía, porque ya se ha visto en varias especies que el proceso de encapsulamiento es posible. Donde creo que puede haber problemas es en la obtención de embriones somáticos homogéneos y todos normales, porque cuando hay un proceso de embriogénesis somática, especialmente a través de suspensiones celulares, no todos los embriones son normales. Entonces tiene que hacerse un sistema confiable, lo mismo que el realizado para la micropropagación, un sistema en que todos los embriones que estamos encapsulando sean normales.

Más no conozco del tema.

**Moderador.** Hay una pregunta para don Gonzalo Arroyo. (De Paulina Cerda, estudiante de la Universidad de Chile): Si se impusieran las técnicas de biotecnología, en un futuro cercano o

lejano, ¿qué efecto tendría en la mano de obra (nivel de ocupación) en países como el nuestro?

**Gonzalo Arroyo.** En verdad estoy comenzando una investigación para determinar lo que es la biotecnología en Chile, y no conozco tan a fondo la situación actual, por lo que no me atrevo a opinar mucho. Sin embargo, en general la biotecnología no produce directamente mucho empleo, sobre todo en los países que están más atrás. Produce empleo en todo lo que es equipo, por ejemplo para laboratorios y todo lo demás.

Entonces, yo diría que la biotecnología es relativamente neutra, salvo que -algo que sería interesante analizar y estudiar- sea posible lograr que la pequeña agricultura chilena, o la mediana, o la pequeña y la mediana industrias, sean capaces de adaptar biotecnología para aprovecharla en productos de exportación y para agroindustrias, lo que permitiría ampliar la ocupación en estos sectores. En la gran empresa, más bien tiende la biotecnología a ser relativamente neutra, a no producir empleo, en todo caso. No tanto a desplazar el empleo, como en el caso de una máquina; no es tan drástica como la mecanización que reemplaza a los trabajadores.

**Roberto Neira.** Sobre eso, yo no sé nada, pero quiero decir lo siguiente:

El tema ha sido tratado en la Organización Internacional del Trabajo, OIT. Existe interés en la OIT por financiar un trabajo en Chile acerca del efecto que tiene la biotecnología en el empleado, en el trabajador agrícola. El tema es muy importante porque se pretende estudiar los efectos de la biotecnología "a priori", "ex antes", como se dice, y no "a posteriori", como ocurrió cuando se hicieron los trabajos de la "revolución biológica", que después que todo había ocurrido apareció un estudio para decir el caos que había causado la "revolución verde"...

Hoy, yo he visto, y creo tener todavía, antecedentes sobre el interés de la OIT por hacer este estudio en Chile, como país tipo.

**Moderador.** Como no ha llegado ninguna otra pregunta, cerramos aquí este simposio.

Les agradecemos su presencia, y muy especialmente, las brillantes exposiciones de los participantes.

<sup>1</sup>CIAT = Centro Internacional de Agricultura Tropical. (Cali, Colombia).

---

## INFORMACIONES

---

### CONGRESO AGRONÓMICO 1992

Como se informó en el número anterior de SIMIENTE el Congreso Agronómico de este año está programado como uno de los números oficiales que la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales presentará, como adhesión de la Sociedad Agronómica, a la celebración del 150 aniversario de la Universidad de Chile.

Como el programa de la Facultad tiene ciertas limitantes respecto a las fechas de sus presen-

taciones, ha propuesto a la Sociedad realizarlo en el mes de octubre o noviembre. Pero la Sociedad había acordado en reuniones anteriores de su Consejo efectuarlo en el mes de agosto, en lo posible el 28 de ese mes con motivo de la celebración de su aniversario y del Día del Ingeniero Agrónomo, festividades que le son especialmente preciadas. En consecuencia se está tratando de encontrar la forma de conciliar ambas posiciones. Para ello un delegado de la Facultad está asistiendo a las reuniones de Consejo de la SACH.

### ESTATUTOS DE LA SOCIEDAD

Los nuevos estatutos de la Sociedad que fueron enviados al Ministerio de Justicia en enero pasado para su aprobación, aún se encuentran en ese Ministerio. La última novedad, después de sus trámites en el Conservador del Archivo Nacional a donde fueron remitidos, ha sido una petición de la Intendencia de Santiago de un informe acerca de

las finalidades de la Sociedad y de su cumplimiento, de su manejo financiero, antecedentes penales de los Consejeros, existencia de demandas judiciales contra la SACH, entre otros puntos.

Informado este petitorio se espera que esté próxima la aprobación de estos estatutos, los que establecen que dentro de los 60 días de su promulgación debe efectuarse la elección de los nuevos Consejeros.

### ANIVERSARIOS

#### CINCUENTA AÑOS DE SIMIENTE

El 1º de octubre de 1942 apareció el N° 1 del Vol. 12 de la revista SIMIENTE. El 1º de octubre de 1992 se cumple, en consecuencia, medio siglo de su aparición.

Para muchos es sorprendente que su primer número como nueva revista, no aparezca iniciando también el primer volumen, sino el Vol. 12, pero un epígrafe en su primer editorial explica esta aparente inconsecuencia. Dice el epígrafe: "En concordancia con la inauguración del nuevo local de la Sociedad Agronómica (Chacabuco 209), reaparece con mayor fe en sus propósitos el Órgano Oficial de la institución, que ahora se llama SIMIENTE".

Se deseaba, pues, tener continuidad con la antigua HOJA AGRONÓMICA que era la publicación oficial de la Sociedad y que al dejar de publicarse años atrás había alcanzado el volumen 11.

Para celebrar el medio siglo de la aparición del primer número de SIMIENTE, se está estudiando un programa conmemorativo de acuerdo con la importancia de este acontecimiento. Cincuenta años de publicación de una revista técnico-científica, es una meta bien lograda. Razón para celebrarlo, comentarlo, destacarlo y admirar al gremio que ha sido capaz de alcanzarla.

#### DECIMO SEXTO ANIVERSARIO DE "CHILE AGRÍCOLA"

En un número especial aparecido en Marzo de este año, la Revista CHILE AGRÍCOLA celebra sus 16 años de circulación. Fruto del esfuerzo, perseverancia y fe de su Director y propietario, el Ingeniero Agrónomo Raúl González Valenzuela, esta Revista, a la que SIMIENTE saluda con la fraternidad de hermana cultivando el mismo campo, ha alcanzado una sana adolescencia plena de vitalidad y de confianza en el futuro.

A su Editorial, hermoso homenaje a su fundador ausente en el extranjero, rendido por su personal en la expresión del Sub-Director, quisiera, como adhesión, recordar algo de lo que bajo el título de "Lo

Admirable”, dijera hace 14 años en “Simiente”. Ello fue como una reacción espontánea al leer en “El Sur” de Concepción un artículo sobre un interesante tema rural y encontrar a su término, no el nombre del autor, sino la expresión: “Reproducido de *Chile Agrícola*”.

Conocía esta revista y a su Director y también lo difícil que era editar y mantener una publicación de este carácter. Por eso escribí, luego de un preámbulo:

“Sé que “Chile Agrícola” es una revista que edita su propietario, Director, redactor y secretario, un solo y esforzado colega que está en la brecha, quien sabe con cuánto sacrificio, con cuántos compromisos y también con cuánta satisfacción con que la aparición de cada número compensa sus desvelos”.

Después de recordar los afanes de otros editores en este campo: don Carlos Porter con su “Revista Chilena de Historia Natural”; don Raúl Silva con su “El Agrario”; don Alfredo Woltnizki con su “Unión Agrícola del Sur”, todos dueños, directores, secretarios y correctores de sus propias ediciones, con sus problemas y apremios económicos y también con sus propias ilusiones, finalizaba este comentario:

“Por eso admiro a esas individualizadas de selección que con su optimismo, empuje y desinterés por lo material, crean cauces de expresión, que entregan lo que saben y buscan lo que saben otros, para darlo; que se echan encima, por su gusto, preocupaciones y compromisos, que sufren cuando no salen bien las cosas, pero que al final se sienten un poco padres de lo que sale de esas prensas.

“Si, personalmente los admiro y profesionalmente les agradezco que contribuyan a que nuestro gremio sea más conocido y sus opiniones reproducidas y comentadas. Si no, que lo digan nuestro colega Raúl González y “El Sur” de Concepción que reproduce sus artículos.

Arauco, 29 de Marzo de 1978”.

De esto hace 14 años, cuando “Chile Agrícola” iría tal vez completando su volumen dos. Ahora, al recibir su volumen 17, cumplidas 175 ediciones y 16 años de puntual aparición, Simiente no puede menos que expresar a su Director, nuestro colega Raúl González, mercedamente galardonado, entre otros, por la Sociedad Agronómica por su labor periodística, su franca admiración y su más cordial felicitación.

*Gustavo Saravia I.*

#### CINCUNETENARIO DE AGRICULTURA TECNICA

En julio de 1941 apareció en el Departamento de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura, por iniciativa de su Director, don J. Manuel Casanueva Ramírez (Q.E.P.D.), el N° 1 del Vol 1 del Boletín de Sanidad Vegetal. Cuatro años más tarde y ante la necesidad de contar con un órgano de expresión oficial que comprendiera la actividad científica de sus demás Departamentos, la Dirección General de Agricultura lo transformó, ampliándolo, en la revista AGRICULTURA TECNICA, ahora y desde 1965, publicación oficial del Instituto Investigaciones Agropecuarias, INIA.

Es ésta, sin duda, la revista agronómica de carácter científico más importante del país, tanto por su contenido de trabajos de investigación, como por la regularidad de su aparición y por su reconocido prestigio en el ámbito científico nacional e internacional. Ello se demuestra por el nutrido canje y suscripciones de universidades y centros de investigación agronómica de muchos países de varios continentes, y por la reproducción de sus artículos en Abstracts que en publicaciones especializadas circulan en el ámbito científico internacional. Además, es frecuente su presencia en las citas bibliográficas de trabajos publicados en revistas nacionales y extranjeras de reconocido prestigio.

En el Editorial del N° 4 del volumen 51 de la Revista, justo en su año aniversario, el investigador del INIA, don Milan Caglevic, al rendirle un homenaje en esa significativa fecha, hace una breve historia de ella, mencionando sus sucesivos Directores y expresando la satisfacción y merecido orgullo de los profesionales de la agronomía de poder celebrar el cincuentenario de esa publicación. Y es, dice, “muy estimulante destacar su calidad técnica que la mantiene en pie de igualdad con destacadas publicaciones internacionales”.

SIMIENTE se asocia a tan justas expresiones, y hace votos por que en los próximos cincuenta años pueda, como lo hace efusivamente ahora, expresarle sus parabienes, cada una en la cúspide de su propio centenario.

**LIBROS**

*CULTIVO DE RAICES Y TUBERCULOS TROPICALES. ALVARO MONTALDO. 2a. Ed., 1991. Formato 23 x 15. Servicio Editorial del Instituto de Cooperación Agrícola (IICA), San José, Costa Rica. 408 págs., ilustraciones.*

En un libro de más de 400 páginas el Ing. agrónomo chileno Alvaro Montaldo Bustos, vecindado desde hace años en Venezuela, ha vertido sus conocimientos y experiencia sobre el cultivo de raíces y tubérculos de los países tropicales. El Prof. Montaldo se graduó en la Universidad de Chile y perfeccionó sus conocimientos en la Universidad de Minnesota, donde obtuvo el grado académico de M. Sc. Trabajó primeramente en el ex-Departamento de Genética y Fitotecnia del Ministerio de Agricultura de Chile, en el cultivo y mejoramiento de la papa y remolacha, estudios que afianzaron su vocación por la especialidad. SIMIENTE publicó algunos de sus numerosos artículos.

Es miembro activo de la Sociedad Agronómica de Chile, de la que fue Presidente durante un período (1958-59) y a la que, aún radicado en el extranjero, se siente ligado.

Desde hace más de tres décadas está establecido en Venezuela, colaborando en la Universidad Central de Maracay en la cátedra de Tubérculos y Raíces, alcanzando singular relevancia en los centros académicos de ese país. Ello le ha hecho decir al Instituto de Cooperación Agrícola (IICA), al presentar este libro, que su autor "con amplia experiencia docente universitaria y en investigación en Fitotecnia, Horticultura y Raíces y Tubérculos tropicales es uno de los más destacados científicos latinoamericanos".

Aunque el tema de la obra no tiene directa relación con nuestra agricultura ya que trata de plantas cuyo cultivo es propio de clima tropical, no es impropio dar una información somera de su contenido, cuyo conocimiento ampliará nuestro horizonte hacia un grupo importante de plantas que constituyen elementos básicos en la alimentación e industria de poblaciones en extensas áreas de nuestra América y de otros continentes... Y que tal vez un día ¿quién lo sabe? con el progreso científico y tecnológico lleguen a ser, algunas, adaptadas a ciertas localidades de nuestro país con fines alimentarios o industriales. Además, nos da la oportunidad de dar a conocer la actividad de uno de nuestros colegas que ha merecido tal encomiástico juicio del IICA, calificada institución científica internacional.

En el primero de sus cuatro capítulos el libro se refiere a la importancia mundial de este grupo de plantas tropicales, las que, a continuación de los cereales, ocupan a nivel mundial, el segundo lugar en producción no obstante ocupar sólo el 6,7% del área cerealera (1963). En efecto, según las estadísticas de FAO de ese año, en los 47 millones de hectáreas cultivadas con estas plantas, se producen 557 millones de toneladas de raíces y tubérculos. Los cereales, ocupan 718 millones de hectáreas y producen 1.600 toneladas de grano, cifras todas en términos globales.

Agréguese a esto que son plantas adaptadas a un ecosistema que les es propio, de pocas exigencias de insumos importados, de fácil manejo, aunque algunas con problemas de almacenaje, y de técnicas de cultivo sencillas, susceptibles de perfeccionarse. En suma, un cultivo barato y de producción abundante.

Completan este primer capítulo consideraciones sobre el presente y futuro de estos cultivos en el trópico americano, concluyendo, con acopio de antecedentes, que la alternativa más lógica para cubrir el déficit de 25% de la demanda total de cereales de la zona, estimada en algo más de 22 millones de toneladas (1983), es utilizar las posibilidades del medio tropical con aquellos cultivos de mayor rendimiento energético.

Muchos otros aspectos sobre estas plantas se revisan al finalizar este capítulo: producción de energía y proteína, requerimientos climáticos y edáficos, análisis químicos de sus productos, ubicación taxonómica, utilización de la cosecha, etc. Todo ello respaldado por datos estadísticos oficiales. Una extensa bibliografía cierra esta Primera Parte.

Sería inoficioso para nuestro medio detallar los capítulos siguientes, destinados a la descripción y cultivo de estas plantas, capítulos en los que, aunque no es sorprendente en un científico, es si destacable la minuciosa monografía de las 27 especies en estudio, desde aquéllas originarias de zonas tropicales americanas hasta las de zonas africanas y asiáticas, prácticamente todo el mundo tropical. Pareciera que no ha quedado especie alguna productora de tubérculos, raíces, cormos o rizomas utilizables en alimentación o industria que haya escapado al conocimiento directo del autor, obtenido en sus largos viajes de estudio y de reconocimiento o en su acuciosa investigación bibliográfica.

Naturalmente el Prof. Montaldo ha centrado su estudio en la media decena de especies de mayor

cultivo en el trópico americano. Así, la yuca o mandioca, extensamente cultivada en Brasil, Perú, Ecuador, México y otros países del trópico, planta que la sostenida investigación de genetistas y agrónomos ha convertido en una de las que producen mayor volumen de alimento feculento por hectárea, ha recibido también un extenso estudio en esta obra, que va desde su abundante sinonimia y más abundantes nombres vulgares en los tantos países que la cultivan en distintos continentes, hasta su mejoramiento genético, pasando por su descripción botánica, cultivo, utilización, aspectos económicos, etc.

Otro de los cultivos interesantes y conocido nuestro, también ampliamente tratado, es el camote que, aunque originario de Centro América, más del 80% de la superficie mundial de su cultivo, estimada en casi 8 millones de hectáreas, se encuentra en el continente asiático, seguido por África con el 11% y por América con cerca del 5%, siendo Brasil, Cuba y Haití los mayores sembradores. Chile, según las estadísticas de FAO, cultiva alrededor de 1.000 ha.

Todos los aspectos revisados en el estudio de la yuca han sido abordados con igual extensión, desde la sinonimia hasta una nutrida bibliografía.

Otras especies del trópico americano, como el "taro" el "ñame", el "ulluco" y otras de nombres más extraños, se señalan con enormes posibilidades como cultivos alimenticios y productores de materias primas, por lo que son detalladamente descritas, e igual que las anteriormente mencionadas, complementadas con ilustrativas fotografías.

Es indudable que esta obra será de utilidad para los investigadores interesados en estos estudios y aun para los cultivadores de estas plantas, por la acabada orientación práctica que ella presenta sin desmerecer su calidad científica.

Por su parte, SIMIENTE se complace en publicar este breve comentario a un libro cuyo autor es un Ing. Agrónomo chileno, miembro de nuestra Sociedad Agronómica, destacado científico en la comunidad latinoamericana, y colaborador de la Revista en la consultoría técnica de trabajos sobre tubérculos.

#### ACLARACION

Por una lamentable confusión de nombres, al dar cuenta en el número anterior de SIMIENTE de la entrega de premios en la ceremonia correspondiente durante el Congreso Agronómico 1991, se menciona en una de las destacadas informaciones a don Alvaro Montaldo Bustos agradeciendo la obtención del Premio MASTOR.

Lo ocurrido fue que el Ing. Agrónomo don Patricio Montaldo Bustos, que recibió uno de los premios destinados al mejor trabajo de los presentados a cada Comisión, agradeció estas distinciones en su nombre y en el de los demás galardonados. Don Alvaro Montaldo, a la sazón se encontraba ausente del país.

El Premio MASTOR, como se mencionó en la sección correspondiente de esa Revista, recayó en los señores Mario Peralta P., Manuel Toral y Jorge Salinas.

Pedimos excusas a los colegas involucrados en esa información.

#### PARA ESCRIBIR UN BUEN ARTICULO CIENTIFICO

##### ALGUNAS SUGERENCIAS PARA LOS AUTORES

- El Capítulo INTRODUCCION debe centrarse en el tema de que se trata, aportando sólo los antecedentes obviamente necesarios. La brevedad y concisión de éstos son requisitos de una buena elaboración técnica.
- Es frecuente la frase "Aunque no existan diferencias estadísticamente significativas, se presentan diferencias entre dos variables". Esto es incongruente. Si no hay diferencias **estadísticamente significativas**, en un trabajo científico quiere decir que no hay diferencias. Aquéllas que pudieran detectarse, si el diseño es correcto y la investigación está bien conducida, son atribuibles al azar.
- No iniciar con números sino con letras una oración; tampoco usarlos en el texto cuando no anteceden a una unidad de medida (litro, kilogramo, tonelada, etc.), pero sólo hasta nueve (nueve litros; 12 litros).

- Evitar la excesiva Revisión Bibliográfica y citas que tienden a repetir conceptos obvios. Se alarga el texto sin mayor beneficio y hacen desmerecer su calidad.
- Las citas bibliográficas son, entre otros objetivos, para que el lector pueda ubicar un trabajo que le interese. Deben dárseles para ello los datos necesarios, precisando no sólo el nombre del autor, nombre de la publicación, fecha, etc., sino también el país donde se edita. Revistas "Agricultura Técnica", por ejemplo, hay en varios países de habla española.
- No conformarse con la primera lectura al terminar el trabajo. Releer posteriormente lo escrito. Siempre hay algo que perfeccionar.

#### ALGO SOBRE PECES

PROVESTA CORP. nos informa que ha conformado su División de Acuicultura, llamada Pro-Aqua, para el desarrollo de programas específicos de dietas y de otros productos nutritivos para ale-

vines, tanto de especies marinas como de agua dulce en ambientes fríos o tropicales. Su dirección: Provesta Corporation - 15 Phillips Building, Bartlesville, Oklahoma 74004, para quienes deseen mayor información.

#### SE SOLICITA

Algunos socios de la Sociedad han cambiado ultimamente de dirección, por lo que se están recibiendo devueltas las comunicaciones y revistas que se les han enviado. Por ello rogamos a quienes conozcan la dirección actual de los socios que figuran en la siguiente lista, lo comuniquen a la Sociedad, Mac Iver 120, of 36. Casilla 4109, Tel. 384881, Santiago.

Lister Corvalán Latapia  
Luis Fernández del Pozo  
Virginia Donoso Vera  
Javier Kuncar Oneto  
Fresia Fuentes Marín  
María González Aréstegui  
Serapio Valiente Flores  
Luis Friguerio Raffo  
Sergio Pardo del Campo

Linares  
Santiago  
Linares  
Valdivia  
Santiago  
Chillán  
San Carlos  
Santiago  
Chillán

- LA EMPRESA Y LA TECNICA DE HOY REQUIRIERON DEL IDIOMA INGLES COMO UNA URGENTE NECESIDAD. CONSIDERE NUESTRO AVISO DE LA PÁGINA IV.

### NUEVOS SOCIOS DE LA SACH

Muy lenta ha sido la incorporación de socios en este período. La Sociedad tiene en su programa una campaña de captación de nuevos elementos que participen en sus actividades. Los socios incorporados en este lapso han sido los Ings. Agrónomos.

**Miguel Angel Mulatti Garibaldi,**  
**Juan E. Chavarría Velásquez,**  
**José Hidalgo Sánchez,**  
y los estudiantes  
**Enrique Gallardo Zúñiga y**  
**Boris B. Solar Rovanal.**

### OBITUARIO

Debemos informar el sensible fallecimiento de los siguientes socios de la Sociedad Agronómica:

Sr. Carlos Correa Valdés (Febrero)  
Sr. Ricardo Kuschel Navarro (Marzo)  
Sra. Adelina Valenzuela Arce (Marzo)

Don **Carlos Correa Valdés** fue una descollante personalidad dentro del gremio: ex-Consejero y ex-Presidente del Colegio de Ings. Agrónomos; ex-Decano durante 12 años de la Fac. de Agronomía de la P. Universidad Católica de Chile, Facultad que, en su homenaje, pasó a denominarse desde 1990 "Carlos Correa Valdés". Durante años fue Consejero de la Sociedad Nacional de Agricultura la que lo distinguió con el cargo de Consejero Honorario. Por su prolongada y connotada actividad se hizo acreedor a numerosas distinciones, entre las que se cuenta la "Espiga de Oro" que el Colegio de Ings. Agrónomos otorga a los profesionales de excelencia.

Asistieron a sus funerales numerosas personalidades y usaron de la palabra despidiendo sus restos el Presidente de la S.N.A., don Jorge Prado A.; el Subsecretario de Agricultura, don Maximiliano Cox; el Presidente del Colegio de Ings. Agrónomos, don Carlos Altmann y el Sub-Director Académico de la Facultad, don Fernando Bas.

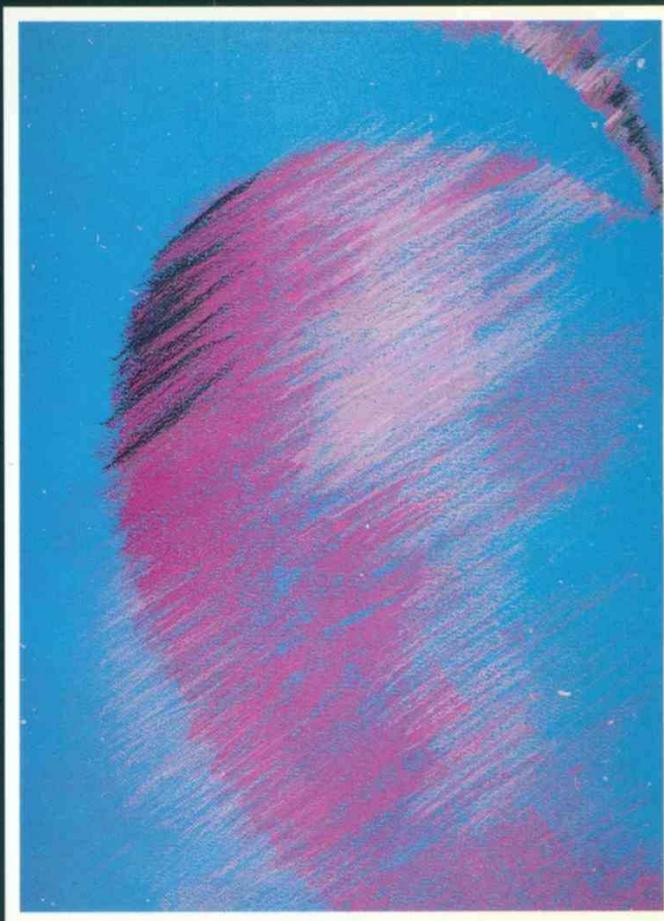
La señora **Adelina Valenzuela**, Profesora de Biología, M. Sc. de la Univ. de Carleton (Ottawa, Canadá), especialista en nematología, era profesora titular de esta asignatura en la Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales de la Univ. de Chile y Vicepresidenta de la Soc. Chilena de Nematología. A sus funerales asistieron el Decano de la Facultad, don Rolando Chateaneuf, quien pronunció el discurso fúnebre de despedida, la Presidenta de la Soc. de Nematología, el Presidente y el Secretario de la Soc. Agronómica de Chile además de numerosos otros acompañantes.

UN INGLÉS CUIDADO Y FLUIDO PUEDE SER ESE EXTRA NECESARIO A UN CURRÍCULUM DE EXCEPCIÓN. CONSULTE LA PÁGINA IV.

# CIREN

## Objetivos:

- *Establecer y mantener permanentemente actualizado un Centro de Información de Recursos Naturales y Productivos que centralice y sistematice la información sobre recursos naturales del país, generada por organismos internos y externos, públicos o privados, al cual puedan acceder todos los participantes del sistema productivo nacional, del sector público y privado, que requieran esa información para la toma de decisiones en materias de interés económico y social.*
- *Fortalecer un Sistema de Información Ambiental en cooperación con la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Por medio de estos objetivos, la institución persigue colaborar al desarrollo sostenido del país, condición esencial para el bienestar del hombre de hoy y de las generaciones futuras.*



*Ayudando al desarrollo sostenido de las regiones del país...*

**Centro de Información de Recursos Naturales**  
Manuel Montt 1164 ■ Fonos 2236641 / 2749669 ■ Fax 496407 ■ Santiago

# ¿Lo escuchó...?

## Raxil Flow 515 FS

es la moderna  
formulación líquida  
para desinfectar  
semillas de  
cereales.



\*Baja dosis:  
200cc/100kg  
de semilla.

**Bayer** 

Leer cuidadosamente la etiqueta  
antes de usar el producto.

