

**INTRODUCCION**

La palma *Elaeis guineensis* es la planta oleaginosa de mayor producción. En condiciones ecológicas favorables, donde la producción potencial de las últimas variedades distribuidas se calcula entre 6 y 7 toneladas, hoy alcanza una tasa anual de 4 a 5 toneladas por hectárea por año. Esta planta es originaria de Africa Occidental y aunque la explotación de la palma espontánea data de muchos años, el cultivo de palma de aceite en sí comenzó este siglo y se ha fortalecido en los últimos 20 años, debido a la escasez de aceites y grasas de la mayor parte de los países en desarrollo.

El progreso alcanzado, en términos de productividad, dará un salto con la difusión del proceso de propagación vegetativa in-vitro, el cual plantea la posibilidad de aumentos en la producción del 20 al 25%, comparada con la cosecha que en la actualidad se obtiene en condiciones ecológicas satisfactorias, mediante el cultivo de plantas escogidas.

**OPTIMIZACION DE LAS VARIEDADES Y VENTAJAS DE LOS CLONES**

Las variedades seleccionadas son híbridos compuestos en un 100% de palmas tenera (cuya fruta es de cascara delgada), obtenidas del cruce de palmas dura (cascara espesa) y palmas pisífera (carentes de cascara, en general por atrofia).

Las palmas se seleccionan según criterios de productividad, fluidez del aceite (alto contenido de ácidos grasos no saturados), limitación del crecimiento vertical (reducción de costos de cosecha y prolongación del período de explotación) y, finalmente, según factores de tolerancia a determinadas enfermedades.

Desde 1957, el esquema de selección IRHO se ha constituido en una adaptación de la Selección Recíproca Recurrente (SRR).

Este esquema hace uso del marcado efecto de la heterosis sobre la producción que se obtiene mediante el cruce de árboles de orígenes no relacionados entre sí y con características complementarias, y utiliza pruebas comparativas de cruces para de-

terminar la capacidad de combinación de las características que no se heredan fácilmente, como la producción.

El siguiente es el resumen de los resultados de la producción de aceite de palma en 30 años, en condiciones ecológicas promedio:

Híbridos	Aceite de palma en t/ha/año
Selección normal	3.3
1er. ciclo de SRR	3.9
2o. ciclo de SRR	4.5

(al comienzo de la extensión)

A lo anterior se suma un aumento promedio del 10% en el porcentaje de ácidos grasos no saturados y una reducción promedio del 20% del crecimiento vertical.

La hibridización interespecífica con palmas americanas, las cuales tienen fluidez de aceite y una tasa de crecimiento vertical reducida, se emprendió hace alrededor de quince años y plantea grandes esperanzas en cuanto al mejoramiento futuro de estas dos características.

Los cruces que asocian características deseables en el mejor nivel se someten a extensión. El proceso de selección es estricto, puesto que de 780 cruces que se sometieron a prueba durante el primer ciclo de selección, se adoptaron únicamente 15.

Con el fin de obtener semilla en cantidad, se utilizan plantas madres descendientes de los cruces seleccionados.

En Africa se producen alrededor de 6 millones de semillas con etiqueta de IRHO al año, mediante el proceso anterior, lo cual garantiza la siembra de 20.000 hectáreas.

Los cruces entre individuos de cigotes heterogéneos presentan considerable variedad en cuanto a diversas características, especialmente producción.

La figura 1 presenta la distribución de la producción de aceite resultante de una prueba que se realizó en Indonesia, en excelentes condiciones climáticas: para una producción promedio de 44.3 kg. de aceite de palma/árbol/año (6.3 t/ha), la producción cambia de 21 a 77 kg., es decir de 3 a 11 t/ha.

La extensión de clones obtenidos de los mejores árboles ofrece ventajas obvias. Además, la explota-

Director Adjunto, División de Selección, IRHO-CIRAD.  
 Director División de Selección, IRHO-CIRAD.

\*\*\* Investigador del IRHO; Servicios Científicos Centrales del PORSTOM.

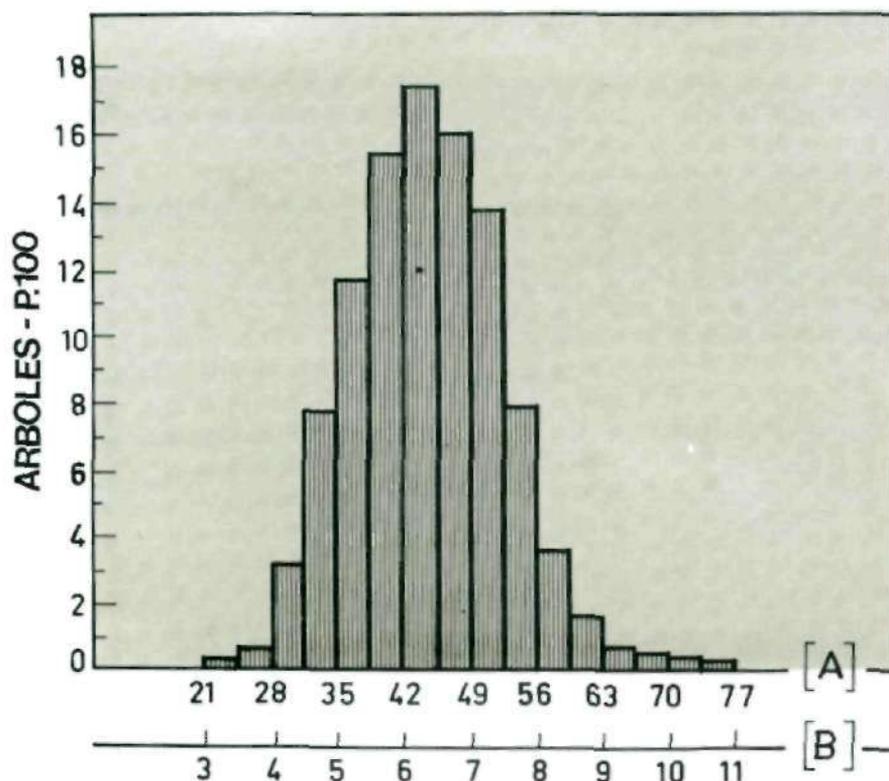


Figura 1.  
Distribución de las producciones de aceite de palma por árbol en un ensayo.  
A: kg de aceite de palma/árbol/año  
3: equivalente (t/ha/año)

ción de la variabilidad entre árboles, combinada con la posibilidad de propagar genotipos específicos, da nuevas perspectivas de cultivo: los cruces entre palmas excepcionales, con características complementarias, deben producir árboles que reúnen las características de los padres (recombinación).

Su extensión en forma de clones tendrá una ventaja de 15 años sobre el material de siembra de desempeño similar, obtenido por el método sexual.

El esquema general de mejoramiento no cambia radicalmente con esta técnica, sino que sus resultados adquieren mayor valor y se explotan más rápidamente.

Un caso típico es el híbrido interespecífico de *E. melanococca* x *E. guineensis*. Este híbrido presenta un considerable nivel de esterilidad y se requerirán varias generaciones antes de poder crear cruces fértiles de valor agronómico.

Por otra parte, la propagación de los pocos árboles de interés, esperanza que (desde la primera generación) ha planteado el estudio de esterilidad, impul-

sará la extensión de este material, el cual se considera ideal para los cultivos de palma africana a los 20 años.

Sin embargo, todavía es necesario emprender el programa de restablecimiento de la fertilidad, a nivel de cruces, si se quiere mejorar este material con el fin de lograr árboles de mayor desempeño futuro para la propagación vegetativa.

#### TECNICA DE PROPAGACION VEGETATIVA

Desde 1970, el IRHO, con la colaboración de ORSTROM, emprendió estudios investigativos sobre la técnica de propagación vegetativa de la palma de aceite mediante el cultivo in-vitro, dado que las técnicas estándar, tales como los esquejes, injertos o acodaduras no se pueden aplicar a esta planta, que solamente tiene un capullo vegetativo, el ápice.

Se investigaron diversos procesos, pero la propagación vegetativa partiendo del ápice fue un fracaso.

Los otros métodos consistían en dar lugar a la re-

generación de plántulas obtenidas de callosidades de fragmentos de diferentes órganos (raíces, florescencias, hojas).

Finalmente, en 1976, Rebéchault y Martin obtuvieron las primeras plántulas del tejido de la hoja. El procedimiento ha ido perfeccionándose.

La base para la iniciación del cultivo es un fragmento de las hojas jóvenes sin abrir, que no requieren una exhaustiva desinfección, la cual siempre resulta traumática.

Este material es abundante y de un solo árbol pueden obtenerse alrededor de 2.000 fragmentos, sin que peligre la supervivencia de los mismos.

Después del cultivo en condiciones estériles, se almacenan los fragmentos durante 12 semanas en cuartos de cultivo, con control atmosférico y de luz; algunas células se dividen y forman callosidades que aparecen a lo largo de las venas.

En esta fase, la producción varía de árbol a árbol, dependiendo del estado fisiológico y de otros factores. En la actualidad, entre el 20 y el 80% de los fragmentos producen callosidades.

Las callosidades se aíslan y transfieren a otro medio de cultivo que propicia la organogénesis, para pasar luego a los cuartos de cultivo (Fotos 1 y 2). Después de un mínimo de dos meses, aunque en muchos casos el término se prolonga, aparecen estructuras organizadas en algunas callosidades; éstos son embrioides somáticos que tienen una vara aulífera y una vara de raíz.



Foto 1, Aislamiento de callos



Foto 2. Sala de cultivo

La aparición de estos embrioides se presenta al azar; son pocas las callosidades que los producen, aunque la frecuencia es relativamente alta en los árboles que producen clones, ya que el 75% de ellos dan embrioides después de un solo muestreo de explantas.

Una vez transferidos a otro medio de cultivo, los embrioides se desarrollan en plántulas a los cuatro meses, y se pasan luego a condiciones normales de siembra.

Durante el primer mes después de sembradas, las plántulas son frágiles, aunque la tasa de brote por lo general es superior al 90%.

Aunque son pocas las callosidades que generan embrioides, la tasa de propagación es alta, ya que estos embrioides pueden generar embrioides secundarios.

La tasa de propagación, que varía según el clon, se

acerca a 3 mensuales (500.000 embrioides al año de un solo clon) y se puede mantener durante varios años (algunos cultivos de embrioides tienen más de 5 años).

El núcleo de la masa de embrioides representa todas las etapas de desarrollo de los mismos. En cada transferencia, se aíslan los embrioides de más edad y se desarrollan en plántulas; lo más jóvenes continúan garantizando la propagación del clon.

El proceso puede dividirse en dos fases principales:

- La creación de clones, incluyendo la callogénesis y la organogénesis, v.g. hasta cuando se obtiene los primeros embrioides, proceso, que, en promedio, toma un año. Esta labor se hace una vez en el árbol y por un periodo aún desconocido, que depende del desarrollo de los cultivos de embrioides a medida que pasa el tiempo.
- La producción de plántulas, incluyendo la multiplicación de embrioides, seguida por su desarrollo y transferencia a condiciones normales de cultivo. Una vez se obtiene una determinada masa de embrioides, la triplicación de la masa todos los meses asegura la producción de plántulas que solamente necesitan 4 meses de cultivo in-vitro en el laboratorio.

En vista de la existencia de estas dos fases, podríamos imaginarnos un circuito de distribución de clones en los centros de investigación que crean clones de sus mejores árboles, los cuales terminan en unidades comerciales que reciben los embrioides para propagación y cría.

El transporte de embrioides a grandes distancias (Francia a Costa de Marfil o Francia a Malasia e Indonesia) se ha realizado varias veces y no presenta problema alguno.

## **IMPLANTACION DE LA TECNICA Y PROBLEMAS QUE PLANTEA**

Antes de aplicar las técnicas de propagación vegetativa, fue necesario resolver dos grupos de problemas: el primero se refiere a la técnica en sí y el segundo a los árboles que generarán clones y el valor de los últimos.

**Problemas relativos** a la técnica en sí.

La utilización del cultivo in-vitro y, más específicamente, del proceso de embriogénesis somática para

la generación de clones partiendo de individuos, implica comprobar que el proceso empleado sea conservador.

En principio, la línea de información hereditaria se mantiene intacta después del proceso de propagación vegetativa, aunque el paso por la etapa de tejido no diferenciado (callo), conservado en un medio de cultivo que contiene hormonas de crecimiento, puede inducir una modificación irreversible en la estructura o en el funcionamiento de la herencia.

Además, la producción económica de millones de plantas in-vitro requiere que las técnicas de laboratorio se adapten a las contingencias de la unidad comercial.

Problemas relativos a los árboles que generarán clones y al valor de los últimos.

Las características observadas (fenotipo) son la resultante de dos influencias paralelas: la primera, debida a la herencia, se transmite íntegramente al clon, y la segunda, consecuencia del ambiente, varía de un individuo a otro.

La importancia de la influencia ambiental, especialmente en lo que se refiere a una característica como la producción de aceite, dificulta la selección de los árboles que generarán mejores clones.

Los estudios teóricos han establecido un método de selección. Este método debe aplicarse a las pruebas de clones de siembra, que, eventualmente, permitirá reconocer los mejores clones.

Estos dos grupos de problemas se entrecruzan y justifican una producción considerable de plantas in-vitro de diferentes clones para el material de siembra de prueba, utilizando la técnica más confiable posible.

Entre 1976 y 1981 se dio preferencia casi exclusiva a la técnica que comprendía la reducción del tiempo de cultivo para cada fase, la reducción de las tasas de los diversos productos empleados, el mejoramiento de la producción, etc.

En Francia (ORSTROM, Bondy) se emprendieron diversas pruebas y 17 personas estuvieron involucradas en la investigación durante este período. Simultáneamente, se estableció una unidad piloto en Costa de Marfil, en el Centro de Investigación de La Mé, en donde era posible seleccionar árboles que generaran clones y sembrar clones de prueba.

En La Mé, existen 50.000 árboles que representan 1.000 cruces. La observación de la producción de cada árbol en un lapso de 7 años garantiza una amplia gama de alternativas de selección. Los cultivos comenzaron en mayo de 1981, con un programa para la creación de 50 clones anuales. Los primeros clones de prueba se sembraron en 1983 y hoy en día es posible lograr que 50.000 plantas cultivadas in-vitro produzcan aceite.

Se han encontrado soluciones técnicas originales pues, según sabemos, no existía ningún laboratorio de tanta importancia en los países tropicales húmedos, donde el peligro de contaminación es mayor que en los climas templados.

La unidad tiene un área de 250 m<sup>2</sup>, donde existe control atmosférico, y está dividida en dos zonas, de acuerdo con las condiciones asépticas: la filtración de aire es más fina en los cuartos de transferencia y cultivo que en los cuartos de preparación y esterilización. Se llevaron a cabo pruebas de simulación de producción comercial: rendimiento del personal, condición de los cultivos, optimización de la producción y de los costos de cada fase, pruebas de equipos, etc.

Aunque no se han resuelto todos los problemas aún, se ha diseñado un esquema de producción comercial, que determina, para la producción de un determinado número de plantas in-vitro, las características técnicas de una unidad comercial, incluyendo, además de las instalaciones, el personal necesario y la base para el cálculo de los costos operativos.

La transferencia de plantas in-vitro a condiciones normales de cultivo es sencilla cuando se trata de pequeños lotes que se supervisan en forma estrecha, y en los cuales no se tienen en cuenta los factores económicos. En estas condiciones, el éxito alcanzado llega casi al 100%.

La adaptación de la técnica anterior a lotes de plantas a nivel comercial está en proceso y requiere específicamente el desarrollo de las instalaciones adecuadas (invernaderos o estercoleros, seguidos por un período en un previvero estándar y sombreado, con un sistema de riego de tipo atomizador de rocío).

## **RED INTERNACIONAL PARA LA DIFUSION DE LA TECNICA**

Desde la producción de las primeras plántulas en 1976, los centros de investigación profesional y

compañías de siembra, han expresado su interés por la difusión de la técnica de propagación vegetativa.

ORSTROM y la IRHO están compitiendo con un equipo investigativo de Unilever, el cual obtuvo resultados similares el mismo año. Sin embargo, las políticas adoptadas son fundamentalmente diferentes: Unilever estableció sus propias unidades productivas en Malasia y Gran Bretaña, mientras ORSTROM y la IRHO buscaban acuerdos en el campo profesional.

Estos acuerdos proponían la transferencia de "know-how" e incluían cláusulas de exclusividad y confidencialidad, compensadas por regalías sobre las plántulas producidas con una garantía mínima.

La transferencia de "know-how" comprende la instalación de las unidades productivas, la capacitación del personal, al cual se informa de los avances del proceso, y la asistencia técnica que pueda requerirse. Además, los progresos alcanzados en un determinado laboratorio son transferibles a otros laboratorios de la red. Cada unidad es propietaria de sus clones y puede negociar su aplicación.

Antes de la total difusión del proceso, los primeros acuerdos se firmaron con Compañías de Siembra que tenían sus propios centros de investigación y por lo tanto, estaban interesadas en generar clones de sus mejores árboles para someterlos a prueba.

El primero de estos acuerdos se firmó con FELDA (Departamento Federal de Desarrollo de la Tierra), una compañía estatal Malaya que cubre 350.000 has. de cultivo de palma africana, pertenecientes a alrededor de 80.000 cultivadores, asociados bajo un sistema cooperativo. Esta compañía conforma el mayor complejo de cultivo de palma de aceite en el mundo y produce alrededor del 20% del aceite de palma a nivel internacional.

Se entrenó un investigador de FELDA, y las primeras operaciones de cultivo que se llevaron a cabo en 1983, empleando plantas madre seleccionadas de la estación Tun Razak, desencadenaron en la creación de los 10 primeros clones, al cabo de nueve meses.

En Kuala Lumpur ya se está terminando una unidad comercial: tiene una superficie de 1.300 m<sup>2</sup> y una capacidad anual de 1 millón de plántulas, con la creación de 100 clones. Con el tiempo, ésta unidad estará encaminada específicamente a la creación

de embrioides para otras unidades, con el fin de garantizar que se conviertan en plántulas; FELDA requiere alrededor de 3.5 millones anuales de plantas in-vitro para asegurar el programa de resiembra.

En Indonesia se firmaron dos acuerdos: uno con SOCFINDO, una compañía mixta que tiene 35.000 has, de palmas de aceite y la otra con el PNP, Compañía Estatal de Plantaciones Gubernamentales, que tiene 250.000 has. sembradas de palma de aceite y cuyo programa de desarrollo comprende 450.000 has.

La unidad de SOCFINDO está operando desde noviembre de 1983 y tiene una capacidad anual de 150.000 plántulas, la cual puede aumentar a 600.000 con la creación de 20 clones, mediante cuartos adicionales de cultivo.

La unidad de PNP se está construyendo en la Estación de Investigación Marihat y, en su fase inicial, tendrá una capacidad de 250.000 plántulas y 100 clones, con la posibilidad de que aumente a 2 millones de plantas in-vitro (1.600 m<sup>2</sup>).

Al igual que la unidad de FELDA, la del PNP eventualmente producirá principalmente embrioides para diversas unidades, cuyas necesidades se calculan en 7 a 8 millones de plantas por año.

Se están preparando o negociando acuerdos similares en América del Sur y el Lejano Oriente. En los países africanos, con los cuales Francia tiene acuerdos particulares de cooperación, las cláusulas se limitan a la exclusividad y confidencialidad de las convenciones.

Paralelamente con estas redes de laboratorios, se está creando otra red de pruebas clonales y semi-comerciales, con el fin de someter los clones a prueba en diversas condiciones ecológicas y promover el material clonal en los círculos profesionales donde aún no se prevee la instalación de unidades productivas.

Estas pruebas se han implantado en países de África, América del Sur y África Suroriental. El grupo de control está conformado por esquejes obtenidos mediante el método sexual y correspondientes al mejor material de cría que poseen.

Las 30.000 o 40.000 plantas in-vitro que se requieren para los anteriores programas se producen en la unidad piloto de Costa de Marfil, y se crían en Francia, por razones fitosanitarias.

Se ha decidido que por el momento se suministren plantas in-vitro después de haber sido transferidas a las condiciones normales de crecimiento, ya que la transferencia exige instalaciones especiales y cierta experiencia.

Las pruebas clonales que se han sembrado permitirán verificar la conformidad de reproducción en 1990, mediante el cultivo in-vitro.

Los índices que hablan a favor de la reproducción conforme son numerosos:

- Las anomalías de las plantas in-vitro son de excepción;
- las cepas cromosómicas no se modifican;
- las primeras inflorescencias de clones jóvenes son normales, al igual que su apariencia vegetativa, etc.

Sin embargo, es importante continuar con los experimentos con el fin de garantizar las características agronómicas aconsejables de los árboles de los clones y mantenerlas intactas en los mismos.

La producción comercial de plantas in-vitro debería entonces comenzar en 1991 y aumentar a medida que surgen nuevos clones de las pruebas comparativas.

Las perspectivas de comercialización de plantas in-vitro son buenas, debido al esperado aumento de la producción y al lapso de tiempo en el cual pueden explotarse los árboles.

El precio de las plantas in-vitro, que varía según los jornales pagados al personal local, se calcula en 5 a 10 veces más que el de las semillas, el cual se amortiza en 3 años, con un aumento de la producción del 20%, en condiciones ecológicas normales.

Es difícil garantizar la protección del proceso de propagación y de los clones, por la falta de legislación nacional e internacional en este sentido. El proceso ORSTROM-IRHO se ha patentado en varios países.

Los clones que se distribuyen con fines de prueba, tienen la protección de los contratos y la cuidadosa selección de las organizaciones que lo reciben.

Sin embargo, esta práctica no será posible cuando se difunda el material en todo el mundo, y se planteará la necesidad de buscar otras soluciones, que incluyan, por ejemplo, la difusión de clones mixtos

con característica similares y, específicamente, la creación de clones con mayor capacidad de desempeño.

Aunque en la actualidad la distribución de clones es el principal objetivo del cultivo in-vitro de la palma de aceite, se han emprendido estudios sobre otras aplicaciones.

Los estudios que se están realizando sobre crioconservación de embrioides han dado buenos resultados y permitirán la recolección (vitro-bancos), lo cual dificulta en el campo, cuando se trata de plantas voluminosas como la palma africana.

Así mismo, un amplio proyecto diseñado para obtener la transferencia de genes in-vitro involucra la regeneración de plántulas de los protoplastos.

Los anteriores programas deberían contar con el apoyo financiero que requieren para desarrollarse en la próxima década, mediante regalías obtenidas de la venta de plantas in-vitro. El éxito del programa de propagación vegetativa de la palma de aceite

se debe, principalmente, a la ejemplar cooperación entre ORSTROM, con sus investigadores y laboratorios, y el IRHO, que proporcionó las fases experimentales y comerciales, con su presencia en los centros de investigación que lo requerían y su amplio conocimiento del medio profesional.

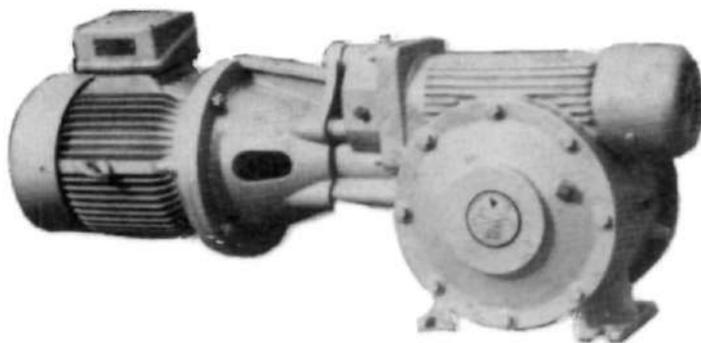
Reproducido de: Oléagineux. Vol. 40 No. 7/85.

## BIBLIOGRAFIA

1. LIORET C, OLLAGNIER M. (1981). - La culture in vitro de nssus chez le palmier à huile (trilingue fr.-angl.-esp.) *Oléagineux*, **36**, No 3. p. 111-112
2. AHEE J. *et al.* (1981). - La multiplication végétative in vitro du palmier à huile par embryogenèse somatique (trilingue fr.-angl.-esp.). *Oléagineux*, **36**, No. 3, p. 113-118.
3. PANNETIER C, ARTHUIS P., LIEVOUX D. (1981) - Neof ormation de jeunes plantes d'*Elaeis guineensis* à partir primaires obtenus sur frayments foliaires cultivés in vitro (trilingue fi -angl.-esp.). *Oléagineux*, **36**, No. 3, p. 1 19 122.
4. NOIRET J. M. (1981). - Application de la culture in vitro à l'amélioration et à la production de matériel clonal chez le palmier à huile (trilingüe fr.-angl.-esp.). *Oléagineux*, **36**, No. 3, p. 123-126.



# TRANSMISION DE POTENCIA LTDA.



Fabricantes de:

- . Reductores - Motorreductores
  - Sinfín - Corona\*
  - Piñones Helicoidales
- . Acoples
- . Conjuntos de variación: Electrónicos e Hidráulicos
  - \* Con transferencia de tecnología.

Representantes exclusivos de A. FRIEDR FLENDER AG. DE Alemania.  
Carrera 68B No. 10-98 Bogotá, Colombia  
Tels.: 260 01 00 - 261 25 78  
Télex: 45653 Tramp Co.