

# **LA DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES TECNOLÓGICAS: UN ENFOQUE MATRICIAL<sup>(1)</sup>**

**Renato Dagnino**

Departamento de Política Científica y Tecnológica - UNICAMP

C.P. 6152 - Campinas - Brasil

Tel: (0192) 391677

FAX: (0192) 394717

## **RESUMEN:**

El trabajo presenta una metodología para la determinación de prioridades de desarrollo tecnológico basada en un enfoque matricial. Se utiliza información cuantitativa, proveniente de la matriz intersectorial, y cualitativa, creada mediante la participación de especialistas pertenecientes a la comunidad científica y empresarial. La estimación de la prioridad de 37 agregados tecnológicos, que abarcan el conocimiento científico y tecnológico ("duro" y "blando") necesario para la producción material, se realiza mediante la consideración, inicialmente por separado, de criterios científico-tecnológicos y económicos utilizando matrices técnico-económicas para inter-relacionarlos. De esa forma es posible indicar el esfuerzo que debe ser despendido, para lograr el Nivel de Desarrollo Proyectado de cada agregado, asociado a escenarios socio-económicos generados a través de modelización empleando la matriz intersectorial. La metodología permite indicar, también, los instrumentos de política científica y tecnológica más adecuados para lograr la implementación de los saltos tecnológicos apuntados como necesarios a nivel de cada agregado.

## **INTRODUCCION**

La fragilidad de los instrumentos de planificación tecnológica y científica disponibles a nivel mundial, y la magnitud inusitada del desafío planteado por la situación de América Latina al respecto, es la motivación central que llevó al desarrollo de la metodología de identificación de prioridades de desarrollo tecnológico presentada en este texto. Ella es el resultado del proceso de reflexión sobre la política científica y tecnológica latinoamericana desarrollado por el autor en los últimos años con base en la producción de una serie de investigadores.

Este artículo resulta de la confluencia de dos líneas de investigación a que se ha dedicado el autor. Una que trata de las características y desafíos del proceso de desarrollo científico y tecnológico latinoamericano, y otra que busca incorporar los resultados de la primera al proceso de planificación en el área.

Los trabajos del autor que "mapean" el recorrido referente a la primera línea de investigación que desemboca en el presente artículo son: (1) *Nuevas Tecnologías y Desarrollo: Un dilema de los Países Latinoamericanos. Economía Colombiana. Serie Documentos. Separata Nº 11, noviembre de 1986.* (2) *Novo desenvolvimento, novas*

---

(1) El autor agradece -sin incriminar- a los colegas de la Dirección de Planificación del CONICIT (Costa Rica), en especial a su directora, Ana Lorena Jiménez, por su inestimable cooperación para la realización de este trabajo.

tecnologías. *Revista Brasileira de Tecnología*, 18 (3), setembro de 1987. (3) *La reorientación del estilo de desarrollo latinoamericano y las nuevas tecnologías*. CEPAL LC/R. 653, mayo de 1988. (4) *Planejamento Tecnológico e Prioridades Globais*. Revista de Cultura Vozes. 83 (6), novembro-dezembro 1989. Entre los trabajos de la vertiente directamente relacionada a la problemática de la planificación tecnológica, de la cual el presente artículo es un tributario, cabe citar: (1) UNESCO. *Método para la determinación de prioridades en ciencia y tecnología*. Serie Estudios y documentos de política científica, número 40, 1979. (2) WAISSBLUTH, Mario y GORTARI, Alonso. A Methodology for Science and Technology Planning. *Technology Forescasting and Social Change*.

La convergencia casual de nuestro trabajo con el de un grupo de investigadores de la Universidad Autónoma de México, fue decisivo para determinar el rumbo que este ha tomado. De hecho, los resultados del trabajo de ese grupo, presentados en el artículo de Mario Waissbluth y Alonso Gortari, es una base sobre la cual se apoya nuestro trabajo.

## La metodología y sus resultados

De manera a respetar el límite de extensión estipulado para el presente texto, tuvimos que reducir de forma considerable el texto originalmente preparado, limitándonos por eso a una somera presentación de la metodología. De manera a ejemplificar el tipo de resultado que arroja y posibilitar de una forma más atractiva la comprensión de la metodología, se dan a conocer algunos gráficos derivados de la aplicación de la misma. Ellos se refieren al caso de Costa Rica y fueron producidos en el ámbito del Proyecto Planificación Estratégica y Nuevas Tecnologías BID/CONICIT, coordinado por el autor<sup>(2)</sup>.

La metodología contempla la actuación conjunta e integrada de un equipo ejecutivo -responsable por la concepción, aplicación y análisis de los resultados del ejercicio participativo que se constituye en el núcleo de la metodología - de un grupo de especialistas en tecnología, y de un grupo responsable por la determinación de las grandes prioridades de tipo político. Las opiniones de cada miembro de los grupos son incorporadas y ponderadas mediante un método de convergencia capaz de "objetivizar las subjetividades".

La metodología esquematiza el proceso de satisfacción de las necesidades de la sociedad como ocurriendo vía la producción de bienes y servicios en los varios sectores productivos. La existencia de relaciones de "compra y venta" entre ellos hace con que la demanda final ejercida en cada sector se difunda para el conjunto del aparato productivo generando demandas inducidas por otros bienes y servicios (lo que es indicado por la matriz intersectorial). Además de insumos tangibles, la producción exige, entre otros, de conocimiento tecnológico.

Es posible, mediante la aplicación de "criterios de parentesco", a veces un poco complejos, clasificar el conocimiento aplicado en la producción según un cierto número de agregados más o menos homogéneos. A ese conocimiento tecnológico, y el correspondiente substrato científico que lo hace posible, damos el nombre de *agregado tecnológico*.

Cada sector económico demanda, en una determinada intensidad, cada uno de los agregados tecnológicos existentes, configurando una composición (mixtura) específica de ellos. Es a través de la estimación de los requerimientos materiales de cada sector y de la demanda tecnológica ejercida por el conjunto del aparato productivo, para proporcionar los bienes y servicios requeridos por la sociedad, que se plantea la actividad de planificación tecnológica y científica. La preocupación central es justamente la formulación y aplicación de una metodología capaz de determinar los requerimientos de conocimiento tecnológico y científico resultantes de la actividad productiva.

La aplicación de la metodología se realiza a través de las etapas indicadas en la Fig. 1. Ella supone, a nivel operativo, una serie de insumos a ser preparada por el equipo ejecutivo en conjunto con los grupos de especialistas.

(2) El autor agradece al CONICIT y al BID, que han aportado los recursos que hicieron posible el referido Proyecto, la colaboración recibida.

Los insumos más importantes de la metodología son:

- un listado de los agregados de conocimiento tecnológico y científico, o más simplemente agregados tecnológicos, necesarios para la producción de bienes y servicios, y su correspondiente nivel de desarrollo relativo interno (o implantación) evaluado a partir del contexto internacional;
- una matriz agregados tecnológicos x agregados tecnológicos, que indica la intensidad de la articulación y retroalimentación existente entre ellos;
- una matriz de relaciones intersectoriales que, como usual, indica las “relaciones de compra y venta” existentes entre los sectores económico-productivos, y que puede ser usada para proyectar situaciones futuras del aparato productivo;
- una matriz agregados x sectores, que indica la importancia relativa de cada agregado para la producción en cada sector.

El punto de partida de la aplicación de la metodología es la situación o nivel actual de implantación (o de desarrollo relativo) de los agregados tecnológicos. En la Fig. 2 el nivel actual es presentado juntamente con el proyectado, al que se pretende llegar al final del período de prospectiva. Ella retrata la situación actual a partir de la cual será definido el nivel de desarrollo interno objetivo a ser alcanzado de manera a satisfacer en el futuro las demandas del sector productivo. La determinación de este nivel de desarrollo futuro de cada agregado supone una serie de etapas que van generando las informaciones de naturaleza tecnológica y económica necesarias a la estimación de la prioridad asociada a cada uno de ellos.

A través de la matriz x agregado es posible estimar la intensidad relativa con que cada agregado aporta y recibe conocimiento de todos los demás (esa matriz es idealmente independiente del contexto nacional específico). A partir de esas estimaciones, y de su nivel actual de desarrollo interno, se evalúa la prioridad científico-tecnológica de cada agregado. La prioridad científico-tecnológica expresa la prioridad que tendría el desarrollo del agregado suponiendo que únicamente criterios de naturaleza científico-tecnológica orientarán el proceso de decisión al respecto. Ella tiende a ser más o menos constante en el mediano plazo, esto es durante el plazo de prospectiva. En la fig. 3 se presenta la prioridad tecnológica de cada agregado contrastándola con la prioridad económica, tratada en seguida.

La matriz agregado x sector proporciona una evaluación de la “intensidad tecnológica” de cada sector, ya que indica el grado en que éste demanda la aplicación de todos los agregados. Más importante, permite conocer la contribución de cada agregado a la producción de cada sector. Esta, asociada a la consideración del peso económico relativo de cada sector (Fig. 4) permite calcular la prioridad económica de cada agregado. Esta expresa la prioridad que tendría el desarrollo del agregado suponiendo que únicamente criterios de naturaleza económica orientarán el proceso de decisión al respecto. La prioridad global (Fig. 5) de cada agregado será dada por un promedio ponderado de las prioridades tecnológica y económica.

La prioridad global, obtenida como indicado, se refiere a la situación actual, esto es, a la importancia de cada agregado para el desarrollo tecnológico del país (prioridad científico-tecnológica) y a la manera como está hoy estructurada la producción de bienes y servicios en el país (prioridad económica). Una otra manera de entender el significado de la prioridad global actual es pensar que ella refleja el énfasis relativo que, ideal y racionalmente, debiera haber orientado el desarrollo de cada agregado o, lo que es lo mismo, la política científica y tecnológica del país.

Para estimar la prioridad económica futura, la que influenciará en la conformación de la política científica y tecnológica a ser adoptada, se realiza un ejercicio prospectivo que puede ser resumido como sigue. A través de la matriz intersectorial es posible generar escenarios alternativos, resultantes de la adopción de hipótesis sobre el comportamiento de las variables socio-económicas clave y traducidas en tasas de crecimiento de los agregados de la matriz (tales como producción, consumo, inversión, saldo de la balanza comercial, etc, a nivel global o sectorial).

Estos escenarios se consubstancian en matrices intersectoriales futuras. A cada escenario futuro (matriz intersectorial futura) corresponderían, en principio, distintas demandas tecnológicas (matriz agregado x sector). Estos “estados finales” caracterizados por las matrices agregado x sector darán origen a distintas prioridades económicas de cada agregado tecnológico.

La combinación de las diferentes prioridades económicas, obtenidas de la manera descrita, con la prioridad científico-tecnológica anteriormente referida, dará origen a prioridades globales distintas según el escenario considerado.

Es posible, y deseable - desde que de forma explícita - introducir juicios de valor en el ejercicio. Uno de ellos son las ponderaciones por las cuales se multiplican las prioridades tecnológica y económica para la obtención de la prioridad global. Sus valores reflejan el sesgo hacia la obtención de una autonomía tecnológica capaz de permitir el desarrollo futuro aunque a costa de una tasa de crecimiento económico inicial menor *vis-à-vis* el crecimiento inmediato. Otro ejemplo es el grado de esfuerzo que el país estará dispuesto a emplear para lograr un mayor desarrollo científico y tecnológico durante el período de planificación. Este grado es determinado por el grupo político estimando el nivel de productividad global (o promedio) de los agregados tecnológicos a ser alcanzado en el futuro. A través de él, y mediante la consideración del nivel actual de cada agregado y las correspondientes prioridades, se puede determinar el nivel de productividad futuro de cada agregado. Finalmente, la comparación entre el nivel actual de cada agregado y el correspondiente al escenario futuro considerado establecería el “salto tecnológico” a impulsar. La fig. 6 indica los valores correspondientes del salto tecnológico absoluto y relativo para cada agregado.

El resultado de ese proceso es una priorización de cada uno de los agregados tecnológicos existentes en el país, en términos del esfuerzo relativo que a él debería ser dedicado. Eso, sin embargo no explícita de que manera el “salto tecnológico” sería logrado. Como se sabe, ha un espectro muy amplio de posibilidades o acciones que pueden ser utilizadas para hacerlo, que van desde la formación de recursos humanos hasta la importación de tecnología por intermedio del estímulo a la formación de *joint ventures* con empresas transnacionales. Es comprensible que a cada caso particular, identificado como un cruce sector x agregado, exista un conjunto específico de acciones de eficiencia máxima. Esto hace necesario la generación de una última matriz, que relacione los agregados con los instrumentos de política científica y tecnológica, indicando la eficacia relativa de estos.

El resultado final de la metodología es una indicación del esfuerzo relativo a ser dedicado a cada agregado tecnológico, en función de uno o más escenarios, y los correspondientes instrumentos de política más adecuados para lograr su desarrollo. La Fig. 7 presenta la adecuabilidad relativa de cada instrumento para el conjunto de los agregados considerados.

No es posible, dado a los límites impuestos a la extensión de este artículo, hacer consideraciones acerca de los resultados que se presentó. Ellas permitirían un interesante contrapunto entre ellos y el sentido común vigente.

## Consideraciones Finales

El término “política” tiene entre nosotros una doble acepción. En otros idiomas, como el inglés, existen palabras distintas que denotan los conceptos (*de politics* y *de policy*) que en nuestro medio aparecen mezclados. El primero se refiere al juego de intereses en pugna al interior de la sociedad, y el segundo que indica la instancia consensual de planificación, responsable de la ejecución de las acciones de responsabilidad del Estado.

En el área de la Política Científica y Tecnológica el aspecto señalado tiene una implicación especialmente importante. Eso porque, a pesar de todo el esfuerzo de planificación habido en los países de América Latina, la formulación de la política no ha sido más que un ejercicio de llegar a un “promedio ponderado” entre los diferentes intereses y/o sesgos profesionales de los actores intervenientes, siendo frecuente la adopción de planes sectoriales incongruentes, e incompatibles con las metas socio-económicas globales. Aun cuando exista un consenso acerca de las metas económico-sociales del país, la naturaleza del proceso de adquisición de capacidad tecnológica cien-

tífica hace con que distintos actores tengan “recetas” muy distintas acerca de como lograr satisfacer las demandas productivas decorrentes de aquellas metas.

Las recomendaciones que puedan resultar de proyectos y estudios como el presente podrán servir como un insumo más al proceso de toma de decisiones respecto a la formulación de la Política Científica y Tecnológica. Difícilmente podrá cambiar las “recetas” de los diferentes actores sociales; mucho menos podrá eliminar el contenido de *politics* inherente a ese proceso.

La otra salvedad que hay que hacer en relación a los resultados a que se llega mediante la utilización de la metodología se relaciona al hecho de que ella se orienta a un análisis global, abarcante y multidisciplinario de la problemática tecnológica y científica. Su objetivo es al mismo tiempo evitar prejuicios, muchas veces sólidamente estribados en el sentido común, e indicar lineamientos generales para la planificación. Sus resultantes no son adecuados para la formulación de medidas de desarrollo científico o tecnológico orientados a áreas de conocimiento, sectores económicos o instituciones específicas. Pero es la base proporcionada por esos resultados lo que debe orientar la selección de los elementos de la realidad que deben merecer un enfoque particular y detallado.

La última consideración dice respecto al salto calitativo que la aplicación de la metodología puede representar para el proceso de planificación tecnológica y científica de los países de la región, crecientemente presionados por la necesidad de aumentar la eficiencia de su aparato productivo. La urgencia en impulsar el proceso de innovación puede llevar a una incorrecta priorización de las opciones de desarrollo, lo que haría todavía más grave la precaria situación de los sistemas científico-tecnológicos latinoamericanos. En un momento en que la estructura de planificación de un Estado deteriorado se encuentra amenazada por propuestas neoliberales crecientemente fortalecidas, parece ser más que nunca necesario aumentar la eficacia de los mecanismos existentes a través de la utilización de metodologías como la presentada en este trabajo.

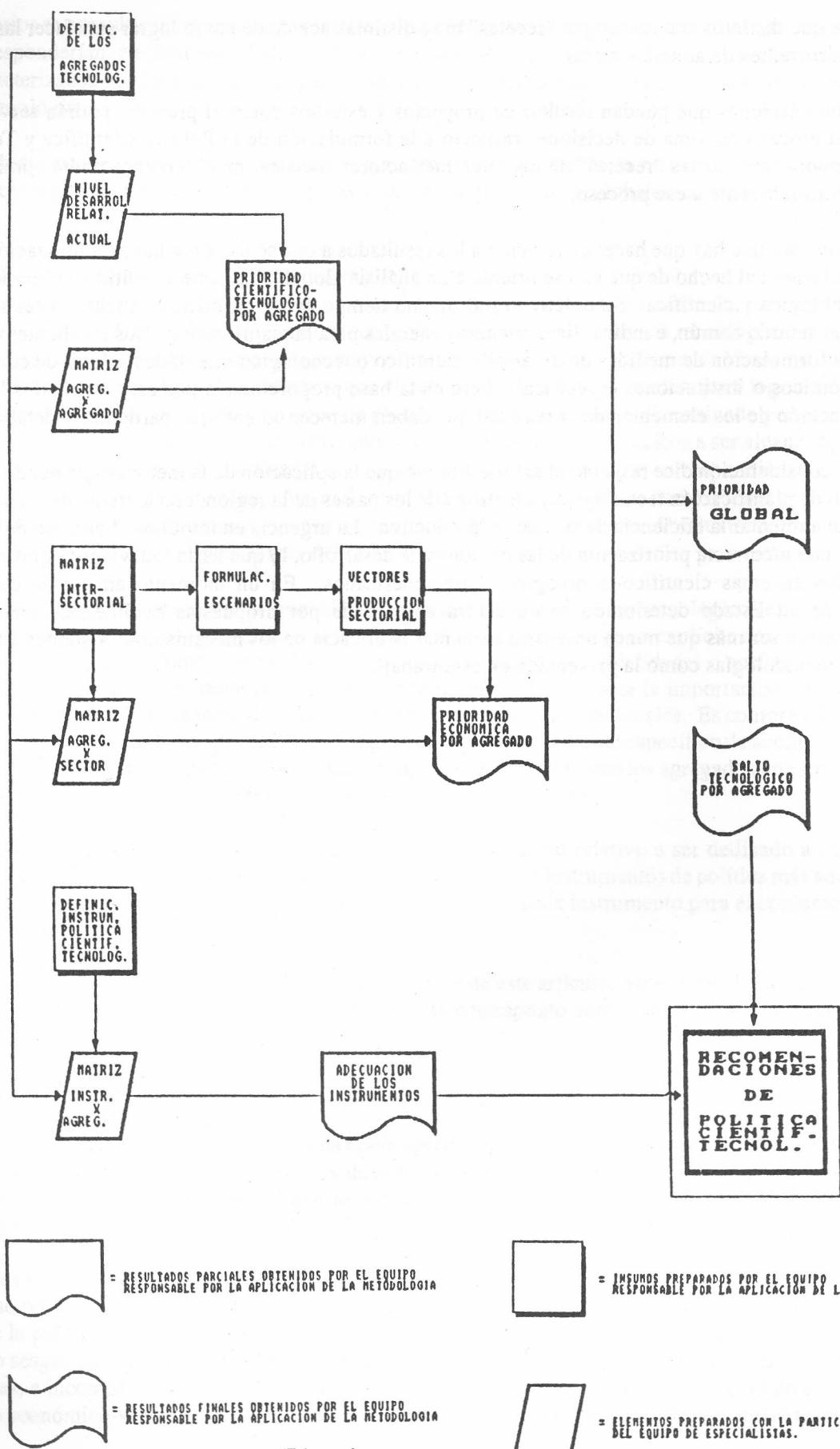


Fig. 1

# NIVEL DE DESARROLLO

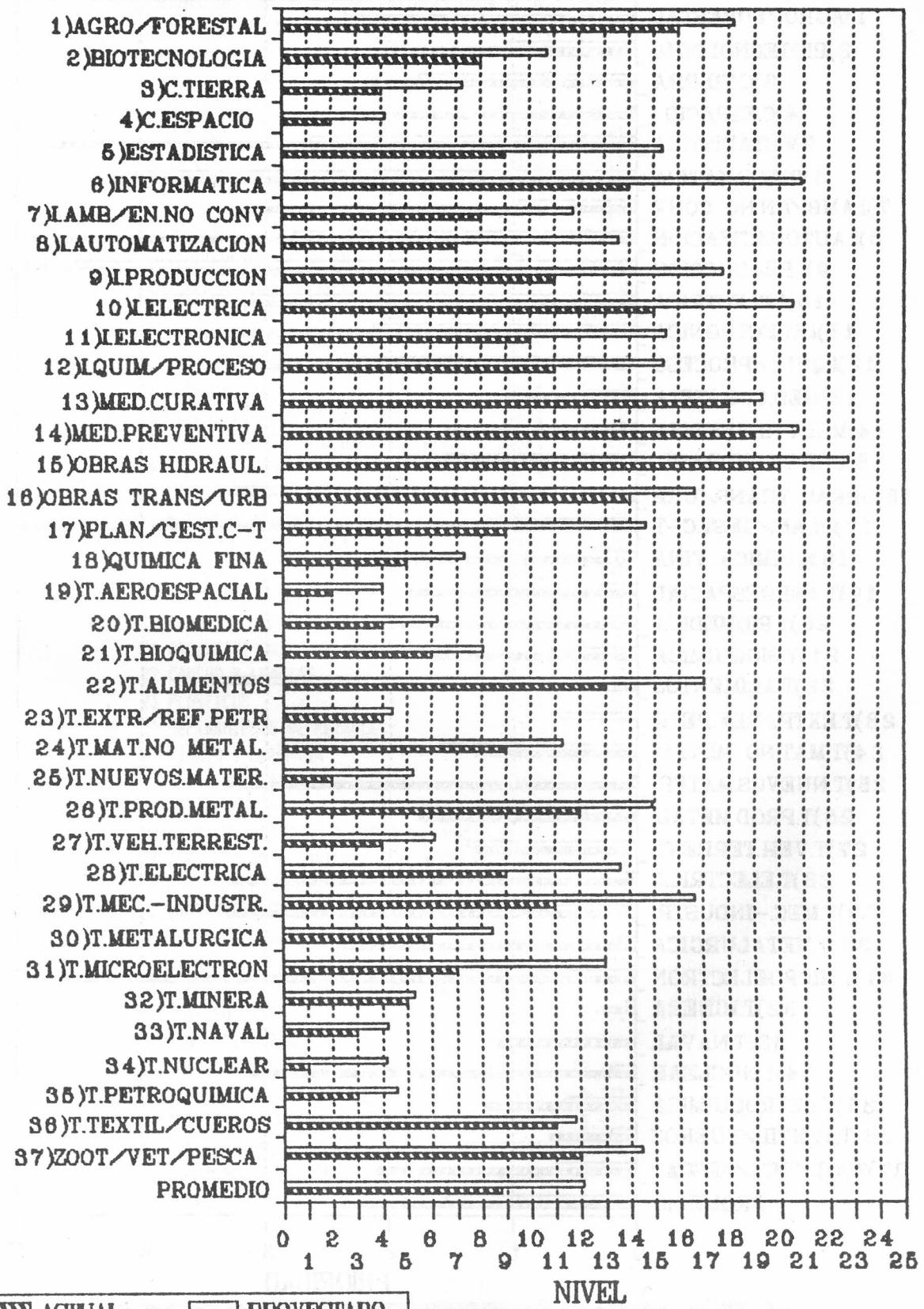
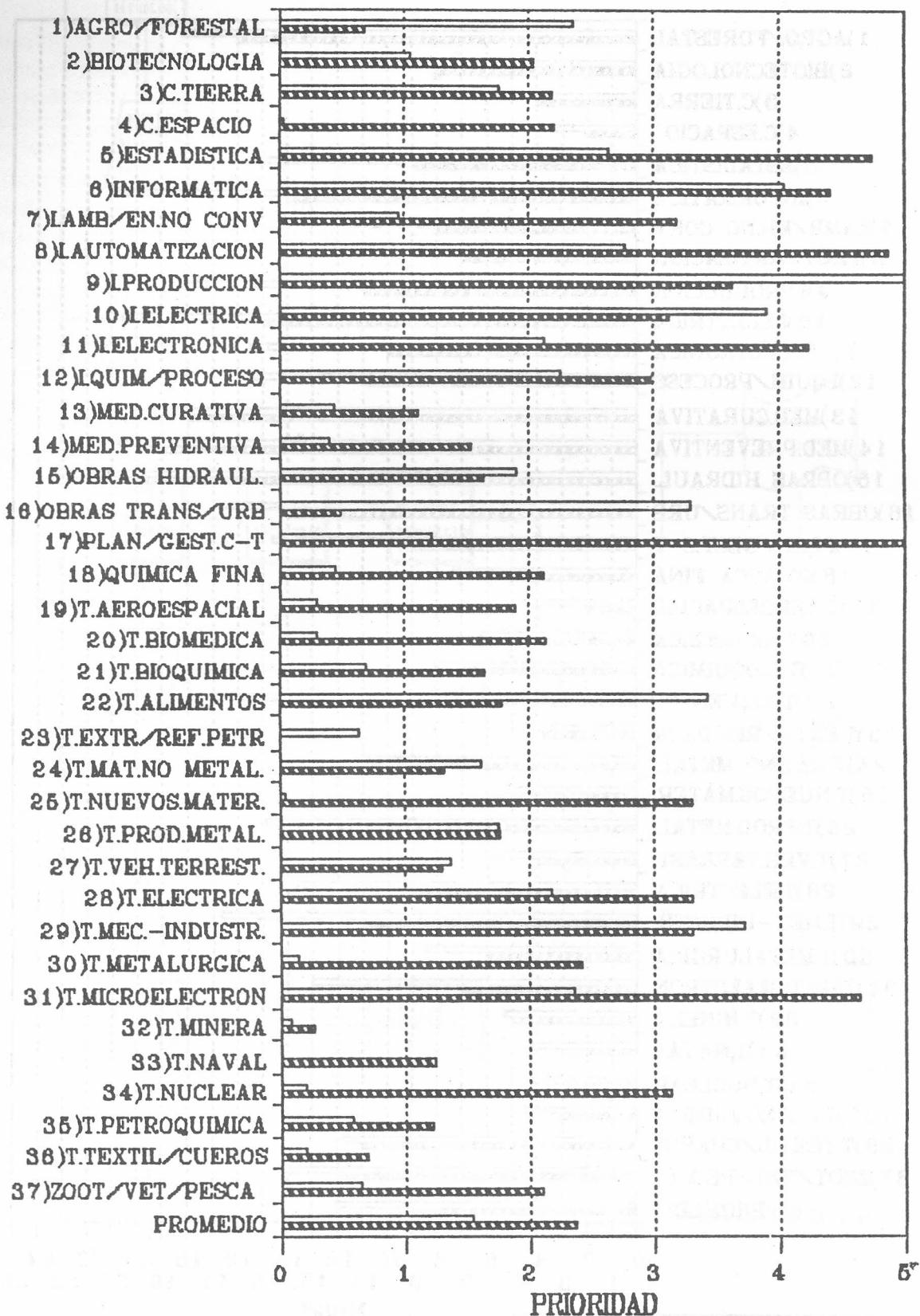


Fig. 2

# PRIORIDADES



PRIOR. CIENT-TECNOL PRIOR. ECONOMICA

Fig. 3

ESTIMACIÓN DE LOS VBP SECTORIALES PARA EL AÑO 2000  
SITUACION ACTUAL Y ESCENARIO PROMEDIO

| SECTORES                              | % del VBP |        |
|---------------------------------------|-----------|--------|
|                                       | ACTUAL    | Esc PR |
| 1 BANANO:                             | 3.15%     | 2.46%  |
| 2 CAFE:                               | 3.39%     | 3.16%  |
| 3 CAÑA DE AZUCAR:                     | 0.58%     | 0.80%  |
| 4 GRANOS BASICOS:                     | 1.08%     | 1.12%  |
| 5 GANADERIA:                          | 3.54%     | 3.70%  |
| 6 SILVICULTURA Y PESCA:               | 0.97%     | 1.77%  |
| 7 OTROS PRODUCTOS AGRICOLAS N.E.P.:   | 3.21%     | 6.67%  |
| 8 PRODUCTOS DE CARNE Y LECHE:         | 4.65%     | 5.55%  |
| 9 ACEITES COMESTIBLES:                | 1.00%     | 0.77%  |
| 10 PROCESAMIENTO DE CAFE:             | 4.41%     | 4.04%  |
| 11 BERIDAS:                           | 2.64%     | 1.76%  |
| 12 PRODUCTOS DE TABACO:               | 0.60%     | -0.39% |
| 13 OTROS PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES:  | 5.58%     | 7.50%  |
| 14 TEXTILES Y ROPA                    | 1.84%     | 1.55%  |
| 15 CUERO Y ZAPATOS                    | 0.41%     | 0.40%  |
| 16 MADERA Y MUEBLES                   | 1.53%     | 1.14%  |
| 17 PAPEL IMPRENTA Y EDITORIALES       | 2.71%     | 2.05%  |
| 18 ABONOS Y PLAGUICIDAS               | 0.86%     | 0.74%  |
| 19 PINTURA BARNICES Y LACAS           | 0.30%     | 0.28%  |
| 20 PRODUCTOS FARMACEUTICOS            | 0.51%     | 0.66%  |
| 21 PRODUCTOS QUIMICOS INDUSTRIALES Y  | 1.64%     | 1.53%  |
| 22 CAUCHO Y LLANTAS                   | 1.11%     | 1.73%  |
| 23 PLÁSTICOS                          | 0.75%     | 0.76%  |
| 24 REFINAMIENTO DE PETROLEO           | 3.31%     | 2.84%  |
| 25 VIDRIO Y CERÁMICA                  | 0.41%     | 0.40%  |
| 26 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN         | 1.03%     | 1.12%  |
| 27 METALES Y PRODUCTOS METÁLICOS      | 1.31%     | 1.93%  |
| 28 ELECTRODOMESTICOS Y OTROS EQUIPOS  | 1.62%     | 1.33%  |
| 29 OTRO EQUIPO MECANICO Y ELECTRICO N | 0.04%     | 1.22%  |
| 30 EQUIPO ELECTRONICO                 | 0.06%     | 0.37%  |
| 31 EQUIPO NAVAL                       | 0.05%     | 0.17%  |
| 32 EQUIPO AERONAUTICO                 | 0.09%     | 0.43%  |
| 33 OTRO EQUIPO DE TRANSPORTE          | 0.24%     | 1.10%  |
| 34 OTROS PRODUCTOS INDUSTRIALES NEP   | 0.11%     | 1.13%  |
| 35 CONSTRUCCION                       | 4.84%     | 5.90%  |
| 36 BANCA FINANZAS Y SEGUROS           | 5.42%     | 4.39%  |
| 37 COMERCIO                           | 16.71%    | 12.24% |
| 38 TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y COMUNI | 5.70%     | 5.13%  |
| 39 SERVICIOS PERSONALES               | 7.40%     | 5.43%  |
| 40 ELECTRICIDAD Y AGUA                | 2.33%     | 2.26%  |
| 41 PROPIEDAD Y VIVIENDA               | 2.87%     | 2.08%  |
| TOTAL                                 | 100%      | 100%   |

Fig. 4

# PRIORIDAD GLOBAL

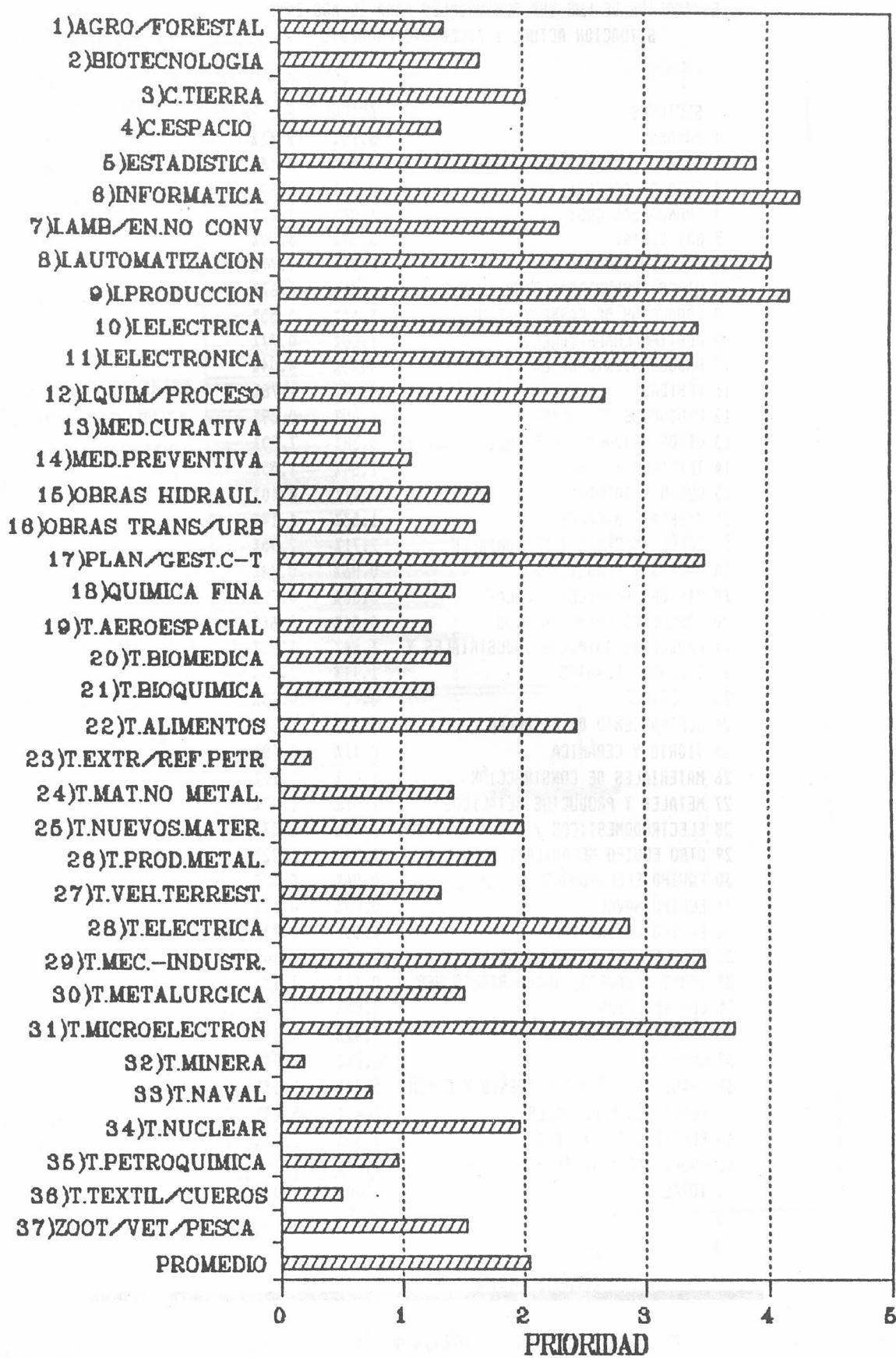


Fig. 5

## INCREMENTO DEL NIVEL DE DESARROLLO

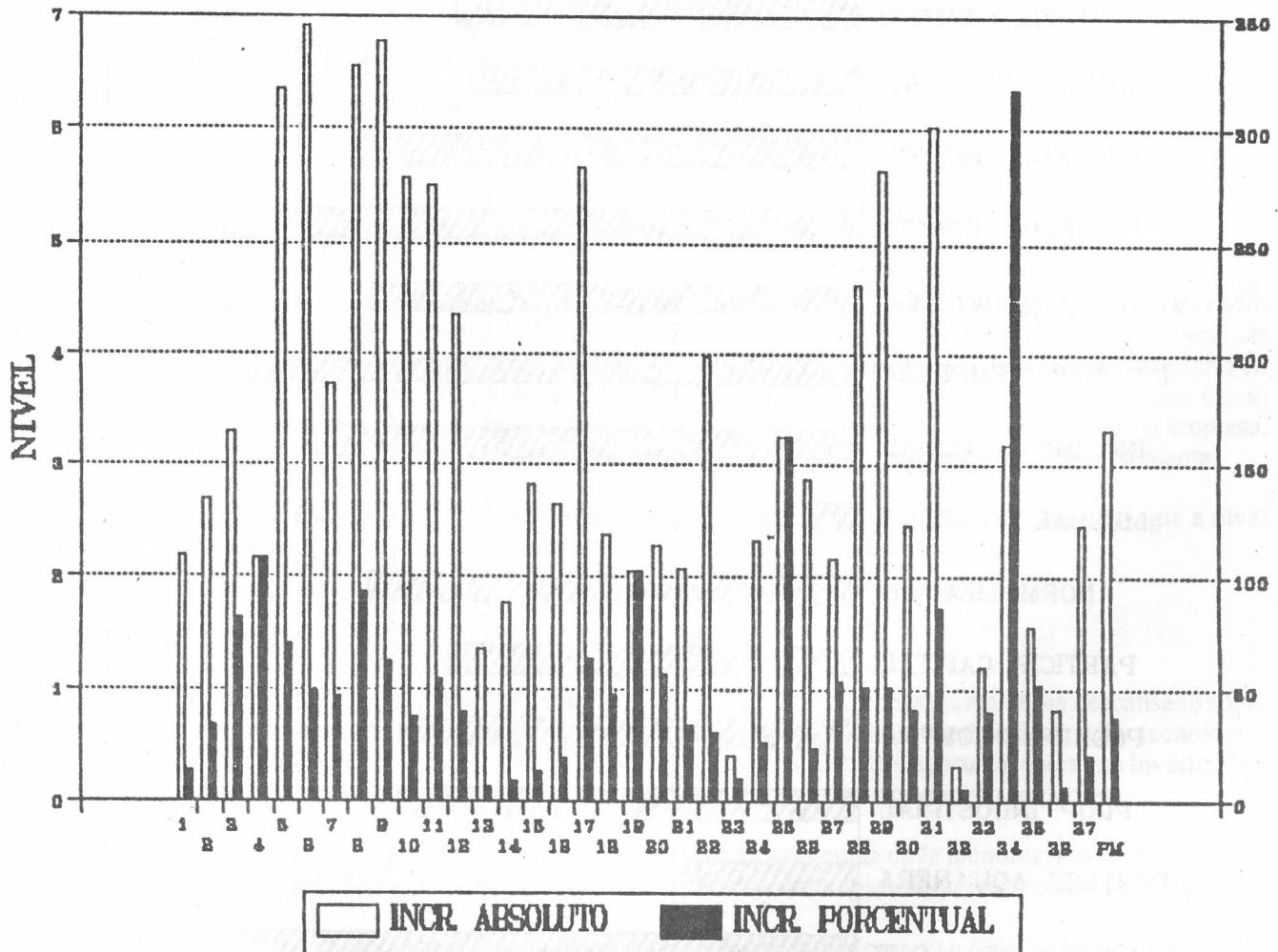


Fig. 6

# INSTRUMENTOS DE POLITICA (adecuabilidad)

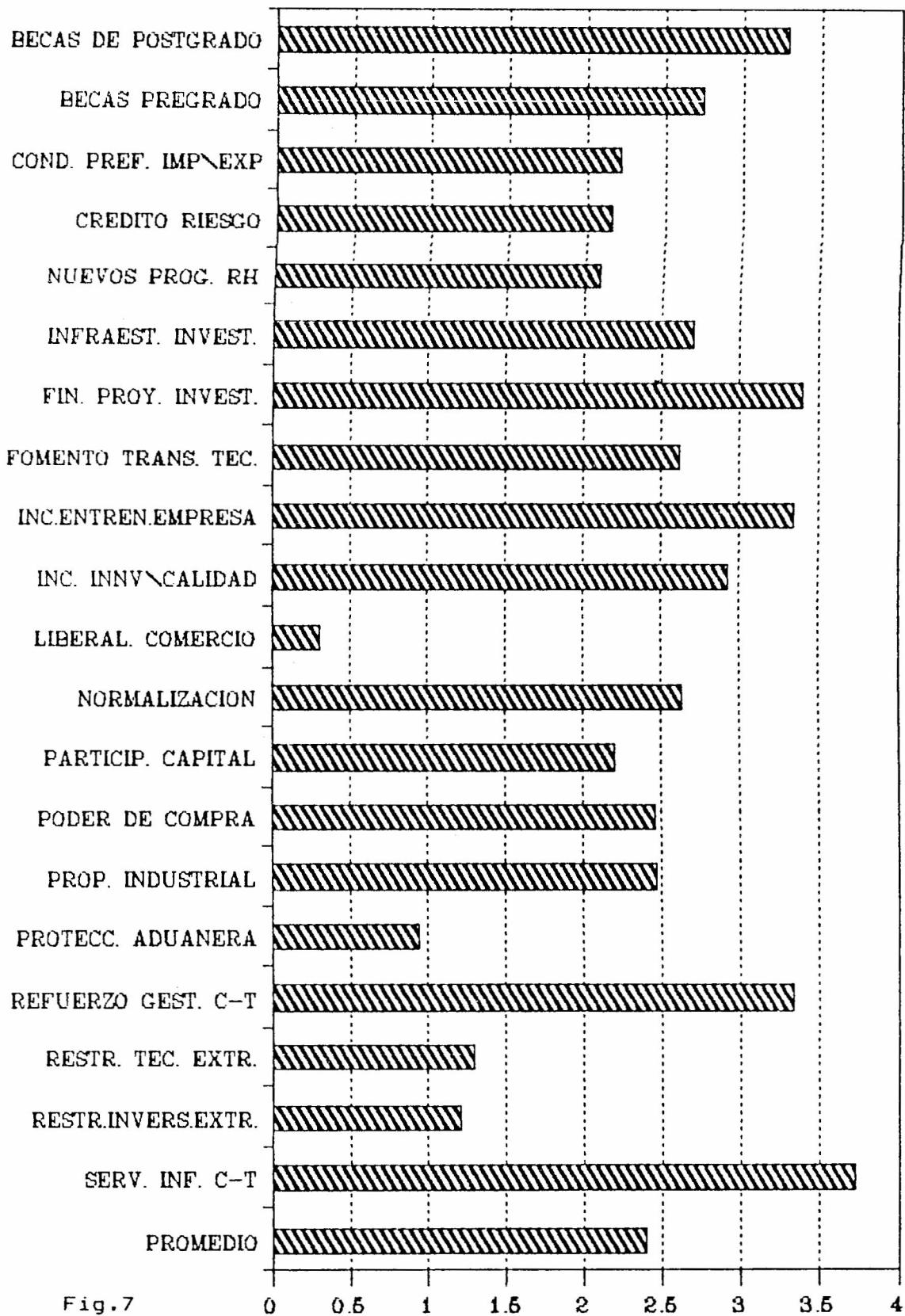


Fig. 7