

EMPRESAS QUE RESULTARON DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS EN LA UNIVERSIDAD: LOS CASOS DE LA ASGA Y LA ABC-X-TAL CON LA UNICAMP

por

**Sandra de Negraes Brisolla
Luzia Alice Conejo Guedes Pinto**

1. PRESENTACION

El objetivo de este trabajo es estudiar las condiciones que permitieron que dos empresas proveedoras de insumos para la empresa Telecomunicações Brasileiras S.A. (TELEBRAS) logaran establecerse en el país, como resultado de desarrollos científicos y tecnológicos realizados por físicos de la Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP). El Programa de Investigación sobre Comunicaciones Ópticas celebrado con la empresa estatal culminó con la implementación de una nueva tecnología en parte de la red telefónica nacional, dando inicio a una colaboración entre la Universidad, la Telebrás y las empresas productoras de equipos y de insumos. Para la etapa de desarrollo industrial, teniendo como objetivo la transferencia de tecnología, la Telebrás instaló, al lado del campus universitario, su Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CPqD).

Empezamos por describir, rápidamente, el cuadro de la situación de la Física en Brasil, en el momento inicial en que esos esfuerzos fueron emprendidos, en el comienzo de la década del 70, y las transformaciones que se perfilaban ya desde los años 50 en esa ciencia a nivel internacional.

A seguir, tratamos del escenario donde se va a desarrollar el proceso de investigación, con un breve resumen del contexto político y económico que enmarca el surgimiento de la UNICAMP y las características específicas que asume esa Universidad en el sistema nacional de enseñanza superior.

Centramos, entonces, el análisis, en primer lugar, en las condiciones objetivas de la implementación de esa interacción, destacando el interés de grupos nacionalistas, dentro de las fuerzas armadas, que se habían apoderado del poder, por desarrollar un sector que tiene rol estratégico en términos de los objetivos de seguridad nacional. Recordamos también que entre 1968 y 1973 el

PBI brasileño creció a tasas que promediaban los 10% anuales, lo que favorecía mucho la implementación de políticas de largo plazo. Ese ritmo decreció durante la segunda mitad de los años 70, sin embargo, la conciencia de la crisis recién se hizo evidente ya bien entrada la década de 80.

En segundo término, analizamos las condiciones subjetivas creadas por la estrategia montada por un grupo de físicos de la UNICAMP como forma de aprovechar esa oportunidad para el montaje de sus laboratorios y, al mismo tiempo, para hacerse reconocer por la sociedad como sujetos activos de la transformación económica que el país venía sufriendo.

Por último, describimos de que manera cada uno de los grupos de investigación encaminó su trabajo. A pesar de que constituyan partes complementarias, los dos proyectos de desarrollo de la tecnología de comunicaciones ópticas estaban organizados de forma distinta, diferenciándose también, en parte, sus objetivos. Tratamos de señalar como se fueron trazando los caminos alternativos y las consecuencias de esa diferencia, tanto en términos de los resultados tecnológicos, desde el punto de vista de los objetivos del programa, cuanto en relación a sus efectos sobre la Universidad.

2. CAMBIOS DE RUMBO DE LA FÍSICA EN BRASIL

Hasta los años 50, la física predominante en el país era casi exclusivamente teórica y volcada más hacia el estudio de las partículas elementales y de las radiaciones cósmicas. Se trataba, predominantemente, de la física nuclear.

Esa tendencia fué reforzada por la Segunda Guerra Mundial. Durante la guerra se crearon instituciones y órganos específicos para actividades directamente relacionadas con la energía nuclear, lo que propició también una sensible expansión del área de física en la comunidad cien-

"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"

tfica nacional.

A partir de 1950, con la descubierta del transistor, grandes transformaciones ocurrieron en varias áreas del conocimiento, incluyendo a la física, y la electrónica adquirió mucha importancia¹.

Eso no pasó desapercibido para los militares brasileños. En Sao José dos Campos, a 60 Km de Sao Paulo, había sido instalado por el Ministerio da Aeronáutica un complejo tecnológico educacional compuesto por el Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA) y por el Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA). Este inició sus cursos en 1949, con fuerte influencia norte-americana, formando muchos ingenieros electrónicos. Algunos de ellos tuvieron importante participación en la implantación de la UNICAMP.

Al lado del CTA se instalaron empresas eléctricas como la Phillips, y en el ITA los alumnos se fueron inclinando naturalmente hacia los estudios electrónicos.

Como consecuencia de algunos cambios que ocurrían, algunos físicos respetados, como Mário Schenberg², buscaron, por su parte, iniciar trabajos en las nuevas áreas que estaban surgiendo en el mundo.

Ese cambio temático reflejaba una transformación profunda de la estructura económica en ese momento. Los años 50 fueron profundamente marcados por el desarrollo de la industria metal-mecánica en Brasil, asociado a la instalación de la industria automovilística. Esas nuevas tenden-

cias anticipaban una modificación radical, desde la utilización de insumos industriales, hasta la reestructuración organizacional de la producción. Ya en el inicio de la década del 70 se podía notar un crecimiento importante de la industria electrónica, fenómeno relacionado al cambio del paradigma tecnológico a nivel internacional.

Al mismo tiempo se inicia el proceso de institucionalización de la política científica en Brasil, con la creación, en 1951, del Conselho Nacional de Pesquisas, que después se llamó Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pero conservó su sigla, CNPq³, y de la Comissão de Aperfeiçoamento do Pessoal do Ensino Superior (CAPES).

En el inicio de la década de 60 es creada la FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de Sao Paulo, por el gobierno de esa provincia. En 1961 se crea la Universidad de Brasília, a partir de una propuesta avanzada de integración entre enseñanza e investigación. Esos esfuerzos, sin embargo, no fueron siempre mantenidos, oscilando el presupuesto de las agencias en función de decisiones personales de los gobernantes. De 1956 a 1961, el monto de los recursos disponibles para la investigación científica disminuyó a punto de provocar la emigración de muchos científicos, principalmente para los Estados Unidos⁴.

El 1º de abril de 1964 los militares toman el poder en Brasil. En 1964 Mário Schenberg es preso por los militares, siendo libertado sólo en 1965⁵ y Newton Bernardes da continuidad a las activida-

- 1 En 1957, Bardeen, Brittain y Schokley (conocidos como BBS) ganan el Premio Nobel de Física por la creación del transistor de estado sólido, desarrollado en 1950. Cf. BERNARDES (1990).
- 2 Físico brasileño conocido internacionalmente y muy respetado en Brasil, que retornaba de su exilio en Bélgica, para donde había ido a trabajar en 1948, al tener su mandato de diputado por el Partido Comunista Brasileiro, suspendido por Getúlio Vargas, Mario Schenberg volvió en 1953 y asumió la dirección del Departamento de Física de la USP, cargo que ocupó hasta 1961. Schenberg se graduó de ingeniero eléctrico por la Escolapolitécnica de Sao Paulo en 1935 y en 1936 terminó la carrera de Bachiller en Matemáticas por la FFCL de la USP. Desde entonces trabajo en la USP. Publicó muchos trabajos en las áreas de física teórica y experimental, astrofísica, mecánica estadística, mecánica cuántica, relatividad, teoría cuántica del campo, fundamentos de la física, además de otros en el campo de la matemática. Era, asimismo, como ocurre con muchos de los científicos de valor excepcional, una persona de interés diferenciado, un amante de las artes, principalmente la música y la pintura.
- 3 Destaquese el importante rol de CNPq en la concesión de becas de pos-doctorado para el exterior, concedidas a científicos brasileños.
- 4 De acuerdo con una investigación realizada por el Instituto de Ciencias Sociais de la Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), en colaboración con la Academia Brasileira de Ciencias, habrían emigrado 261 investigadores entre 1950 y 1965. Cf. MOREL (1979)
- 5 Cuando pudo retomar sus funciones, trato de crear un grupo de Historia de la Ciencia, haciendo venir Plínio Sussekind Rocha de la Faculdade Nacional de Filosofia do Rio de Janeiro. Instaló también el primer computador, creando los cursos de computación de esa Universidad. Cesar Lattes por entonces ya estaba en Sao Paulo dirigiendo a un grupo de investigación con emulsiones.

"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"

des del laboratorio.

En 1967, Mário Schenberg y Newton Bernardes concordaron sobre la importancia de iniciar la investigación con láseres, y el primero contactó con Rogério Cerqueira Leite y Sérgio Porto, que estaban en los Estados Unidos. Aún estando Rogério interesado en volver al país, la situación de la USP, dirigida en aquel momento por Alfredo Buzaid, lo induce a esperar por una mejor oportunidad. Así, cuando Schenberg pasa tres meses en la casa de Rogério en los Estados Unidos, el físico brasileño estaba de nuevo siendo perseguido por los militares.

Los intentos de Mário Schenberg no tuvieron suceso, no apenas por motivos políticos. Sectores internos a la USP le hacían oposición en la defensa del espacio de la física nuclear.

Los militares declaraban la intención de hacer de Brasil una gran potencia mundial, y su bandera era el desarrollo y la seguridad nacional. Tenía sentido, por lo tanto, que su propuesta incluyera medidas para impulsar el desarrollo del país, ocupando un lugar de destaque la política científica y tecnológica, al mismo tiempo en que se reprimía todo aquello que pudiera, dentro de la concepción militar, constituir una amenaza a la seguridad nacional.

Dentro de ese proceso, aparentemente contradictorio, se asiste, en el mismo período histórico, al desmonte de grupos e instituciones de investigación y a la iniciativa de la "repatriación de cerebros". A partir de 1967 el gobierno pasa a estimular la vuelta de científicos brasileños que vivían en el exterior, con el objetivo de viabilizar su proyecto de modernización del país. Por supuesto esa vuelta era más aceptable para los científicos de las áreas tecnológicas y biológicas, por las características intrínsecas de sus temáticas de trabajo que no necesariamente implicaban en una relación inmediata con el contexto socio-político.

El ejecutor de esa política era el Ministerio de Relaciones Exteriores, que contó con un fuerte apoyo del Ministro de Planejamento en ese entonces, Joao Paulo dos Reis Velloso. Se buscaba

un tipo específico de científico, con experiencia de trabajo en empresas y que realizara investigaciones en la frontera del conocimiento, en áreas aplicadas, como forma de impulsar el desarrollo tecnológico. Naturalmente esto ocasionó la institucionalización de un tipo especial de ciencia. Es en ese contexto que nace la UNICAMP. Esa Universidad, por fuerza de circunstancias muy particulares, termina constituyéndose en un centro de referencia del desarrollo de la física en Brasil. Eso se debe a la alteración en la tendencia hasta entonces predominante en favor de la física experimental y a la implantación de líneas de investigación volcadas más hacia la física del estado sólido y el estudio de los materiales.

3. EL MEDIO QUE CONDICIONA LA FUNDACION DE LA UNICAMP

El personaje que se destaca en la ejecución del proyecto de implantación de una universidad con las características de la UNICAMP, es el presidente de la Comissao Organizadora da Universidade y su primer rector, Zeferino Vaz⁶.

Zeferino era autoritario y centralizador, pero siempre respetó la autonomía de las actividades académica y científica. Es necesario reconocer que su posición política facilitó enormemente esa tarea.

La Universidad de Campinas (UNICAMP) fue creada en 1962, efectivándose su implantación a partir de 1966. Era un proyecto que respondía a antiguas aspiraciones de la sociedad local y buscaba implantar un modelo de universidad inexistente en el país en la época. Al nacer en el momento en que el Gobierno Federal daba los retoques finales a la Ley de Reforma Universitaria de 1968, la UNICAMP recibe todo el peso de su influencia, organizando su estructura de acuerdo a la Ley, incluso antes de ésta ser aprobada.

Se pretendía crear una Universidad en sintonía con el desarrollo industrial del país. Se esperaba, al mismo tiempo, formar recursos humanos para el sector productivo y mantener con él una gran interacción. La propuesta de la Comisión Organizadora solicitaba a las empresas industriales que

6 La importancia que el rector daba a la instalación de laboratorios modernos, se debía a una trayectoria personal por instituciones de excelencia en que esa característica era esencial.

"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"

colocaran sus instalaciones a disposición de la Universidad, tanto para el entrenamiento de alumnos, como para las tareas docentes. Al mismo tiempo, se procuraba reclutar profesores entre los cuadros técnicos de las empresas de la región⁷.

En consecuencia, la UNICAMP se volcó mucho hacia las áreas tecnológicas, que fueron las primeras implantadas, lo que le aseguró una imagen de "universidad tecnológica". Eso facilitaba bastante el acceso a los recursos de que necesitaba para consolidarse.

La Universidad ha sido proyectada para ser principalmente un centro de posgrado e investigación. La orientación adoptada fué la contratación de docentes, prioritariamente en régimen de dedicación exclusiva.

La falta de institucionalización de la UNICAMP permitió a Zeferino Vaz ser su rector por más de diez años consecutivos, lo que concedió al rector y a sus hombres de confianza suficiente flexibilidad para atender a las diferenciadas demandas de científicos provenientes del exterior o de otras universidades del país, atraídos por la imagen que la UNICAMP comenzó a proyectar nacional e internacionalmente. El rector podía contratar jóvenes promisorios, en niveles superiores a aquellos en que podrían ser admitidos en las demás universidades, lo que le permitió atraer docentes del exterior en condiciones de ventaja salarial en relación a las universidades competidoras. Cuando los liderazgos se multiplicaban, era siempre posible abrir nuevos centros de poder. Los grupos de investigación se consolidaban y, como los recursos eran abundantes, las disputas por espacio académico/científico no llegaban a tener expresión significativa.

Otro rasgo característico de la UNICAMP fué su compromiso con una política destinada a crear, en breve plazo, "masa crítica" para desarrollar investigaciones de alto nivel y poder contribuir, de ese modo, para la solución de los problemas nacionales. Con ese objetivo, se trató de que el mérito académico fuera el criterio decisivo para la contratación del cuerpo docente. La ejecución de los contratos se vió facilitada por la amplia

disponibilidad de recursos, resultante de la ya mencionada política de "repatriación de cerebros" del Gobierno Federal. Favorecidos por esa política, no sólo los científicos brasileños que actuaban en el exterior, se incorporaron crecientemente a la Universidad de Campinas, también lo hicieron numerosos investigadores extranjeros.

Al principio era difícil atraer personas para trabajar en la UNICAMP. Desde el punto de vista de los científicos con algún currículo de peso, la UNICAMP representaba una realidad a ser construida; se tenía que apostar en ese proyecto y correr el riesgo del fracaso. Al inicio, en el año de 1966, la situación económica no era muy favorable y ya se tenía alguna experiencia política del post-64, aunque lo peor estuviese todavía por suceder, principalmente en lo tocante a la represión a los científicos.

Acrescentese que el campus era una antigua estancia, recién-urbanizada, y sus instalaciones físicas estaban por ser construidas.

4. FORMACION DEL INSTITUTO DE FISICA

La constitución de los primeros grupos de investigación del Instituto de Física es el resultado de la llegada a esa institución de un número grande de científicos de alto nivel, que estaban trabajando en el exterior, casi todos en los Estados Unidos, con ciencia y tecnologías avanzadas. Entre los condicionantes de ese proceso está la historia personal de los líderes principales.

El grupo hegemónico en la formación de ese Instituto fué compuesto por tres científicos brasileños que se destacaron por su liderazgo durante la implantación del proyecto. Eran jóvenes, con reputación internacional, tenían elevada calificación científica y una experiencia anterior común. Rogério César de Cerqueira Leite, Sérgio Porto y José Ellis Ripper, habían pasado por el ITA, habían hecho su posgrado en los Estados Unidos (a excepción de Rogério, con doctorado en Francia) y habían trabajado en la Bell Laboratories⁸.

Esto significaba, entre otras cosas, familiaridad

7 V. el documento de VAZ (1966), donde se definen los principios que deberían nortear el proyecto de la Universidad.

8 Bell Laboratories era el laboratorio de investigación de la empresa de servicios telefónicos norteamericana American Telephone & Telegraph (AT&T).

"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"

con la física experimental, compromiso con la física aplicada, y una convivencia con la tecnología de punta a nivel mundial. Por otro lado, resultaba en una práctica con estructuras de trabajo altamente profesionalizadas, competitivas y comprometidas con resultados de fácil aplicación en el sector productivo, y, paralelamente, con libertad suficiente para elegir los temas de investigación.

Rogério Cerqueira Leite se graduó como ingeniero electrónico en el ITA, estudió en Francia, posteriormente fué para los Estados Unidos y trabajó en la Bell.

Sérgio Porto se hizo conocido por haber sido pionero en la utilización del láser en la espectroscopía Raman. Era también químico y uno de los pocos que conocía la química y la física en la espectroscopía de los elementos que entran en el láser⁹. Utilizó detectores de luz infrarroja para espectroscopía de sustancias químicas, ya que participó de investigaciones a partir de detectores de plomo, desarrollados para fines militares, cuando aún hacía su doctorado en la Universidad de John Hopkins, habiendo publicado varios trabajos al respecto, que lo condujeron a la Bell Labs. Construyó un dispositivo para detección de infrarrojo e idealizó un espectrómetro doble, patentado por él. Por ese motivo, su interacción con la industria de instrumentos pasó a ser estrecha, lo que le dió acceso a las últimas innovaciones, aún antes de que llegaran al mercado. Ayudó también a crear varios tipos de láser.

A lo largo de su carrera para la consecución del doctorado, se vinculó al Departamento de Estado norteamericano, para quien desarrolló distintas investigaciones. Es probable que ese vínculo halla facilitado su reconocida capacidad para obtener fondos, cuando deja la Bell Labs. y monta su laboratorio en la Universidad del Sur de California (USC). En la USC, sin embargo, más que por la productividad científica, pasa a destacarse por su

capacidad como articulador político del grupo de investigación bajo su coordinación.

Porto era, además, un hombre de confianza para los grupos en el poder en Brasil, por sus ideas políticas. Conocía al Ministro do Planejamento Joao Paulo dos Reis Velloso desde 1963, habiendo estado con él en 1965. Cuando Sérgio Porto regresa a Brasil, ese ministro le entrega US\$ 2 millones para utilizar en lo que necesitara para sus investigaciones. Las otras condiciones impuestas por Porto incluían la construcción de un edificio para su laboratorio y la contratación de 30 doctores.

En uno de los seminarios que Porto promovía en la USC, en 1972, Rogério Cerqueira Leite participó, invitando a aquellos que se interesaran en trabajar en la UNICAMP. Ese grupo de brasileños, junto con muchos extranjeros, desistió de volver a sus instituciones de origen y se incorporó a la UNICAMP, en la medida en que cada uno de ellos iba terminando sus compromisos con la USC. Así es como Porto consigue llevar para Campinas a prácticamente todo su grupo de aquella Universidad¹⁰.

El otro personaje importante en el proyecto fué Ripper, que era ingeniero electrónico graduado en el ITA, donde fué alumno de Sérgio Porto. Hizo doctorado en ingeniería en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y trabajó en la Bell.

Cuando se concretiza la posibilidad de ir para la UNICAMP, el grupo incluyendo a Rogério, Ripper y Porto, define un proyecto. Era un programa de física del Estado Sólido que incorporaría el estudio de semiconductores. Consistía de tres líneas de investigación: la producción de cristal y sus derivados, un área práctica, dedicada a la física propiamente dicha, o sea, el análisis de sus propiedades, estudios avanzados de investigación, y la producción de dispositivos: láseres, transistores, triodos.

9 La importancia que se da actualmente a los grupos interdisciplinarios en alguna medida refleja la percepción de que han sido logrados avances significativos en la producción científica a partir de la combinación de personas con formación diferenciada.

10 La preferencia de grupos completos constituye prácticamente el único caso en que la elevación rápida del tamaño de los grupos de investigación puede resultar benéfico para el trabajo científico. Cf. CASTRO (1986), p. 151-172.

"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"

El rector de la UNICAMP tenía gran capacidad para atraer para el Instituto de Física los recursos que de otra manera podrían caer en manos menos confiables desde el punto de vista del gobierno. Los científicos que llegaban de los Estados Unidos tenían prestigio, lo que aseguraba la atracción de recursos abundantes. El momento fué oportuno, coincidiendo con el período de las grandes inversiones en investigación. Se consiguió para la UNICAMP los recursos necesarios para las edificaciones, la instalación de laboratorios y todo lo que se necesitaba para consolidar el Instituto¹¹. De partida Porto consiguió un millón de dólares de la FINEP. Recibía también dinero de la Comisión de Energía Nuclear, a través de un proyecto de separación de isótopos, que terminó financiando otros de sus proyectos.

Rogério Cerqueira Leite también tenía mucha capacidad de articulación de intereses. Rápidamente, los físicos pasaron a ocupar cargos de dirección en la Universidad. En 1977 Rogério fué nombrado Coordinador de las Facultades y Sergio Porto de los Institutos. Este movimiento correspondía al establecimiento de esferas de poder que se concentraban en el Rectorado, muy de acuerdo a la tendencia de la administración de Zeferino Vaz. Rogério logró transplantar para el conjunto de la UNICAMP los criterios de eficiencia académica que ya habían sido implantados en el Instituto de Física. Vale recordar que Zeferino Vaz también tiene un peso decisivo en esa tarea, autorizando personalmente cada contratación de docente.

Zeferino Vaz incorpora a la Universidad, no sólo a físicos eminentes, sino a grupos completos de investigación, como ocurrió con el grupo de Sérgio Porto, decidiendo sobre nuevas contrataciones con la rapidez que exige la atracción de cerebros privilegiados.

5. LAS TELECOMUNICACIONES EN BRASIL EN LOS AÑOS DEL "MILAGRO ECONOMICO"

El sistema de telecomunicaciones en Brasil hasta comienzos de la década de 60 era uno de los sectores públicos más ineficientes. Brasil ni si-

quiera tenía una política específica para el área. Por supuesto el caso brasileño estaba lejos de ser el único en América Latina.

Una de las preocupaciones de los militares que asumen el comando de la nación, en 1964, es la modernización del sistema de comunicaciones, para firmar una política de "desarrollo y seguridad nacional". En septiembre de 1965 se crea la Empresa Brasileira de Telecomunicações (EMBRATEL), y en febrero de 1967, el Ministerio das Comunicações. En 1972 se crea la Telebrás, dependiente de ese Ministerio.

La Telebrás es fundada con el objetivo de desarrollar la industria nacional en el área de las telecomunicaciones, para buscar la autosuficiencia en el sector. Se sabía, por otro lado, que los capitales nacionales no tenían - como no tienen hoy - una base financiera capaz de mantener un desarrollo tecnológico, de manera que uno de los objetivos centrales de la empresa estatal fué promover ese desarrollo para apoyar a la industria.

La estrategia de la empresa consistió en crear tres puntos de apoyo para lograr sus objetivos: la universidad, la industria del área y un centro de investigación propio, al lado de un centro universitario. La dependencia inicial de la Telebrás con respecto a la universidad era muy grande, dado que no existían profesionales disponibles en el mercado nacional para montar de inmediato un Centro de I&D y, por otro lado, las empresas nacionales del sector eran muy débiles.

Desde 1973 existía un proyecto de sistema de comunicaciones ópticas por láser de la UNICAMP, sometido a la aprobación para convenio con la Telebrás. El láser era uno de los componentes.

La necesidad da capacitación científica nacional y la búsqueda de autonomía en el campo tecnológico vinculado al sector, implicó, desde el comienzo, en una política de crédito abundante y facilidades para la formación de los laboratorios destinados a esa finalidad específica.

En 1973, era presidente de la Telebrás Euclides

11 Estimase que, de 1970 a 1976, cerca de US\$ 50.000.000 fueron destinados a la instalación del Instituto de Física, lo que era hasta entonces inusitado en el país. Esos recursos vinieron principalmente del Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico y Social (BNDES) - por vía del fundo para el desenvolvimento Tecnológico (FUNTEC), del banco do desenvolvimento do Estado de São Paulo (BADESP), del Gobierno del Estado de São Paulo, del Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (aproximadamente US\$ 3.000.000), y de la Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Quandt de Oliveira, que se interesó por la propuesta de colaboración con universidades. Tres universidades fueron integradas a esa programación: UNICAMP, USP e PUC de Rio de Janeiro. Se estableció entonces, un convenio entre la Telebrás y la UNICAMP, en ese mismo año, cuyo objetivo era desarrollar un programa de comunicaciones ópticas. Ese programa consistía de dos proyectos: 1) el de láser, el más antiguo, con Ripper, en el Depto. de Física Aplicada del Instituto de Física; 2) el de fibra óptica, con James Moore, dentro del Depto. de Eletrônica Quântica, del Instituto de Física. También se firma¹² el proyecto ELO, de equipos, con la USP.

El Programa de Comunicaciones Ópticas sería integrado de la siguiente manera: la Universidad haría la investigación básica y formaría recursos humanos, y la Telebrás aseguraría el desarrollo de los productos. Fue necesario que Telebrás creara un centro propio para, con la transferencia de la tecnología básica, generar los productos.

En la UNICAMP, se estableció un programa de investigación en telecomunicaciones ópticas, que prometía resultados en un plazo de doce años, con énfasis inicial en el estudio de láseres de semiconductores. En 1975, se inició un programa para trabajo con fibras ópticas. En 1976 comenzó la construcción del Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CPqD) de la empresa estatal.

Así, entre las áreas relacionadas a la seguridad nacional, en la UNICAMP, fue privilegiada la tecnología de telecomunicaciones, que debería ser desarrollada en el país.

6. LA ESTRATEGIA DE LOS FISICOS DE UNICAMP EN RELACION A LA TELEBRAS

A partir de la década del 70, a través del Instituto de Física de la UNICAMP, se consolidó el campo de la física del estado sólido y el estudio de los materiales, se amplió el espacio de la física experimental y se trató de quebrar los prejuicios en relación a la física aplicada¹³.

En 1970 dos hechos se encargaron de revelar que

las comunicaciones ópticas podrían volverse realidad: 1) la producción, en los laboratorios de la Bell, del láser de semiconductor, capaz de operar continuamente a la temperatura ambiente, y 2) el desarrollo de la fibra óptica, por la "Corning" en los EEUU. Era visible que estaba próxima la posibilidad de grandes transformaciones en los sistemas de telecomunicaciones.

Los físicos brasileños que vivían en el exterior también vislumbraron esa oportunidad. Existía la idea de que las comunicaciones ópticas eran la tecnología del futuro para el área, y que, si Brasil acompañase ese proceso, podría implantar el sistema a partir de cero: desde formar recursos humanos hasta producir los instrumentos, así como la fibra óptica¹⁴. A partir de ahí el grupo de físicos de la UNICAMP traza su estrategia para recorrer el camino que llevaría a la introducción de la tecnología de comunicaciones ópticas en el país y, como beneficio adicional, los legitimaría frente a la comunidad científica internacional.

Rogério usaba láser como herramienta en los estudios de Física del Estado Sólido. Ripper tenía familiaridad con el montaje de dispositivos. La utilización conjunta de dos instrumentos - láser y fibra óptica - daría una combinación que posibilitaría esa gran transformación.

La posibilidad surgía en función del cambio tecnológico que se acercaba: toda vez que ocurre un progreso técnico que modifica radicalmente a la tecnología vigente, nuevas reglas se aplican y las viejas compañías, que invirtieron pesado en el patrón anterior, asumen posturas muy conservadoras. Esta situación abre nuevas oportunidades para que grupos pequeños asuman una posición de vanguardia, introduciendo nuevas técnicas. Sin embargo, como son grupos desconocidos y con recursos escasos, existe mucha dificultad de concretización del repase al sector industrial, principalmente por la necesidad de un desarrollo ulterior, por instancias de afuera de la universidad.

Así, la decisión de localizar al lado del Campus de la UNICAMP, las instalaciones de la Telebrás, y

12 Cuando se firma el convenio con la Telebrás, Porto designa a James Moore, un químico norteamericano que había venido con él de la USC, como responsable por los proyectos de fibras ópticas.

13 José Ellis Ripper F^o atribuye la actitud negativa en relación a la física aplicada al hecho de que muchos trabajos en el área partieron de gente incompetente. Por ese motivo, una de las primeras preocupaciones del grupo que se instaló en la UNICAMP fue revelar su calidad académica a través de publicaciones nacionales e internacionales. Cf. RIPPER (1991).

14 Cf. entrevistas con físicos de la UNICAMP y de la USP.

así lanzar la semilla del CPqD, fué un momento fundamental para colmar los esfuerzos de los físicos de la UNICAMP para la consolidación de la Física en esa unidad académica.

7. DINAMICA DIFERENCIADA DE LOS DOS PROYECTOS DEL PROGRAMA DE COMUNICACIONES OPTICAS

Para que el Instituto de Física - y con él la UNICAMP - pudiera seguir mereciendo el apoyo inicial, era preciso que la ciencia desarrollada dentro de las paredes de la universidad se revelara de alguna utilidad para los propósitos definidos inicialmente por las instituciones que financiaron el traslado de los científicos y la instalación de los grupos de investigación en modernos laboratorios.

Entre los objetivos del grupo que vino de la USC estaba la intención de desarrollar la tecnología de la fibra óptica¹⁵. La idea era utilizar láser para fundir vidrio. Ripper desde el comienzo había trabajado con láser de semiconductores. Se produjo un "casamiento perfecto" entre el láser de semiconductores y la fibra óptica.

El énfasis inicial fué dado al estudio de láser de semi-conductores y ya, en 1972, comenzaron a publicar en revistas internacionales¹⁶. En 1973, el Laboratorio de Pesquisas em Dispositivos (L.P.D.)¹⁷ fué creado en el Instituto de Física, para ejecutar la parte que le cabía a la Universidad, en el Convenio firmado con Telebrás.

En 1974 llegó Sérgio Porto, que era uno de los principales participantes del proyecto definido en los Estados Unidos.

Se concreta, de esa manera, la articulación, a nivel federal, de los intereses de esos científicos, en función de una estrategia montada por sectores militares para el desarrollo científico y tecnológico en áreas claves desde el punto de vista de la seguridad nacional.

7.A. EL PROYECTO DE LASER DE SEMICONDUCTORES

El láser de semiconductores y otros dispositivos¹⁸, y la fibra óptica, constituyen los componentes necesarios para la generación de la tecnología aplicable a las comunicaciones.

La historia del láser comienza entre 1958 y 1959, cuando se crea el primer láser del mundo. Entretanto, sólo en 1960 se consigue obtener un láser de mejor calidad. El láser que abre posibilidades de utilización para las telecomunicaciones aparece en 1964, aproximadamente; en la Bell se trabajaba mucho con láser de semiconductores.

La primera gran aplicación del láser fué como fuente propagadora de radiación, lo que es ideal para uso en el sistema de comunicaciones. Sólo con el apareamiento del láser se puede pensar en transporte de información de manera eficiente. El láser da la posibilidad de generar la luz en el ángulo correcto, en una determinada dimensión. Sólo entre 1965 y 1975 fué posible pensar en esa posibilidad. El láser de semiconductor, objeto de muchas investigaciones en la Bell Labs., es fácil de modular, o sea, de controlar la información por él transmitida. Además, es de tamaño pequeño y es relativamente barato.

El proyecto de láser de la UNICAMP se inició entre 1972 y 1973. Incluía estudios sobre las propiedades del láser. El CPqD de la Telebrás fué creado en función del primero convenio con la UNICAMP. Los contactos de Ripper facilitaron la celebración de ese convenio con la Telebrás.

Ese proceso no fue lineal. Inicialmente la Telebrás quería que la Universidad le repasara el know-how práctico. Sólo después de alguna negociación, la Telebrás aceptó que era necesaria otra instancia institucional para encargarse del desarrollo del producto, para lo cual la investigación universitaria no era adecuada. El primer laboratorio destinado al estudio del proceso de fabricación del láser se creó en 1975.

-
- 15 Sérgio Porto, cuando se refería al proyecto de venir para Campinas, ya mencionaba el objetivo de desarrollar la tecnología de fibra óptica. (Entrevistas con físicos de la UNICAMP).
- 16 Ver relación de los trabajos de esa época en las publicaciones del L.P.D.
- 17 El Laboratorio de Pesquisas em Dispositivos (L.P.D.) inicia sus trabajos en láser de semiconductores por ser el dispositivo más estratégico para un sistema de comunicaciones ópticas. En 1975 desarrolla programas de fibras ópticas y a partir de 1980, en detectores de radiación.
- 18 Entre los dispositivos optoelectrónicos necesarios para esa tecnología se incluyen los diodos emisores de luz (LED), el diodo láser, el fotodetector PIN y el fotodetector de alavanca.

"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"

Entre 1977 y 1978 fueron desarrollados en los laboratorios de la UNICAMP los láser de Arseneto de Galio y después de Fosfeto de Indio. Este último fué hecho por primera vez en el Lincoln Laboratory del MIT y en segundo lugar en Japón. El tercero fué en la UNICAMP¹⁹.

En 1979 se consiguió el primer dispositivo, el primero prototipo de láser que funcionaba a la temperatura ambiente. Era un láser de arseneto de galio. La idea de estudiar el fosfeto de indio fué del Profesor Patel, en 1977. En 1981 se consiguió obtener un láser de fosfeto de indio. En ese mismo año fué posible realizar una experiencia piloto utilizando los dispositivos optoelectrónicos y la fibra óptica producidos en el país. Se hizo una comunicación entre dos ciudades del Estado de Rio de Janeiro, que tuvo éxito. Sin embargo, quedó claro que era necesario perfeccionar el láser, que tenía una vida útil muy corta.

En esa época la Universidad pasa por momentos difíciles, con bajos sueldos y falta de recursos. Parte del grupo abandona la UNICAMP. Por otro lado, la inversión de la Telebrás en su CPQD hizo con que disminuyera sensiblemente el financiamiento otorgado a la UNICAMP. Los problemas de recursos no se deben únicamente a la crisis actual, sino que empezaron en el gobierno militar, con el desvío de fondos de las telecomunicaciones para pagar déficits gubernamentales.

Una de las dificultades tecnológicas para obtención del láser es el crecimiento epitaxial. A pesar de las dificultades, la tecnología de fabricación del láser y de los demás componentes optoelectrónicos fué dominada. Hubo repase de esa tecnología a la Telebrás y el desarrollo de prototipos. Sin embargo, el desarrollo y el traspaso de esa tecnología hacia la industria, hasta los días de hoy no han tenido el suceso que se esperaba, y lo único que se consiguió fué importar el láser y encapsularlo en la Asga, una empresa fundada por Ripper en 1988. Hasta hoy son importadas las láminas para el crecimiento epitaxial, así como el material necesario para ello.

La Telebrás exigía, para el traspaso de tecnología, que la empresa tuviese como mínimo el 50% de capital nacional. Las empresas exigían una

cuota mínima de mercado que Telebrás no podía asegurar.

Después de los años 80, los recursos del convenio con la Telebrás apenas alcanzan para invertir en personal y en material de consumo; como vimos, en el pasado podían ser comprados equipos completos.

Telebrás absorbió mucha gente que terminaba su doctorado, creando dificultades en la Universidad para mantener sus cuadros.

A pesar de todos los problemas, se puede decir que el proyecto de láser de semiconductores y demás dispositivos optoelectrónicos para telecomunicaciones ópticas pudo alcanzar su objetivo de dominar la tecnología de fabricación de tales elementos, llegando hasta la etapa de prototipo y de transferencia a la industria. Pero con el fin de la reserva de mercado, todavía no se sabe como se podrá asegurar la sobrevivencia de una empresa de ese tipo. La Asga importa el chips, el láser y el detector. El mercado nacional es restricto y puede ser antieconómico producir sólo para ventas internas.

Si hasta hoy no se ha obtenido una producción totalmente nacional a nivel industrial, encontrándose en la etapa en que lo que se hace es encapsular los elementos importados, eso se debe menos a cuestiones de orden tecnológico que a necesidades de desarrollo industrial.

7.B) EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA FIBRA OPTICA

Los estudios sobre fibra óptica empezaron en el mundo, en 1971. El primer desarrollo de fibra óptica fué hecho en el laboratorio de la Corning, en 1971. La fibra óptica en esa época era una curiosidad. En 1975 aún restaban dudas sobre si esa tecnología iría funcionar. En 1978 fué hecha la primera prueba por la Corning y la ATT (American Telephone & Telegraph)²⁰

En 1975 se realizó el I Congreso Europeo de Fibra Optica en Londres. El proyecto de UNICAMP se inició en ese mismo año.

19 Cf. Ripper, comunicación personal.

20 La Bell Labs. pertenecía a la ATT. Hoy no hay más relación entre ellas, y la empresa se llama Bell Co. Research. Existen también las llamadas empresas-hijas de la Bell - las "Baby Bell". La ITT opera fuera de los Estados Unidos y no tiene relación con la ATT.

El grupo del proyecto de fibra óptica de la UNICAMP contaba con siete profesores. Al contrario del grupo dedicado al estudio de láser, del grupo inicial no quedó nadie en la Universidad.

El contrato dio mucha énfasis al desarrollo de la tecnología; no había mucha preocupación académica. En todo su tiempo de UNICAMP José Mauro publicó un único "paper" en conjunto con Erik Bochove. Sin embargo, el grupo avanzó mucho en la dirección de la generación de la tecnología de la fibra, bajo la dirección de José Mauro.

Fué por iniciativa de él que empezaron a fabricar máquinas productoras de fibras ópticas en Brasil. El grupo empezó por participar en congresos y visitar centros de investigación en Francia, y en la Bell Labs. El Convenio con la Telebrás financiaba viajes para participación en Congresos y para compra de equipos. José Mauro vió en un Congreso una foto de una máquina que producía fibra óptica en los EEUU, y los trabajos científicos describían la máquina. Encargó entonces los equipos a un taller mecánico.

Pero el problema tecnológico no se resuelve simplemente con la instalación del laboratorio. Fueron necesarios tres años de trabajo, a través de la modificación de la composición química del material, para mejorar la tecnología del proceso.

El objetivo del proceso es obtener un hilo dentro del cual se lanza la luz del láser, que queda retenida dentro de la fibra. Esta debe tener una concentración adecuada para evitar la salida de la luz.

Inicialmente esos tubos quedaban deformados, se creaban globos de aire adentro de la preforma. El primer problema que surgió fué que el hilo se quebraba cuando se agarraba un pedazo de fibra en las manos. Entonces se hizo un tratamiento de la fibra por revestimiento con una capa de polímeros.

Apesar de los inconvenientes, en 1978 se tenía, en la UNICAMP, una tecnología de fibra que todavía no podía ser industrializada, pero cuyo proceso ya era dominado a nivel de planta piloto. Pero esa fibra no tenía constancia de espesor, y, por otro lado, no se pudo obtener una padronización de la atenuación.

A esa altura del desenvolvimiento de la tecnología de la fibra, la UNICAMP transfirió la tecnología

para el CPqD de la Telebrás, en 1978.

En ese mismo año José Mauro pasa a dedicar tiempo parcial a la UNICAMP, porque la presión era muy fuerte sobre él en el medio académico. No había espacio para el desarrollo de la tecnología de la fibra, ya que los problemas que se planteaban eran más de orden tecnológico. La academia no absorbía a las partes siguientes del proyecto, que agregaba un conocimiento muy específico para caber en la formación general universitaria. Se mantuvo en tiempo parcial hasta 1981.

Al salir, José Mauro llevó consigo a dos técnicos (no docentes). Para la UNICAMP aún restaban las tareas de estudiar el proceso de transmisión de la luz por la fibra, además de la formación de personal en esa especialidad.

Dos años después de salir de la UNICAMP, en 1980, José Mauro consiguió llevar a Erik Bochove y Willy Meyer para la Telebrás. En la Universidad se había creado un ambiente hostil a él, por lo cual decide dejar la UNICAMP.

Los edificios de la Telebrás sólo quedaron listos en 1981. José Mauro alquiló un galpón, donde fué construida la planta piloto. De ahí fue transferida la tecnología para la industria.

En 1981 fue realizado con éxito el ensayo de campo en Rio de Janeiro, con fibra óptica y láser fabricados en el país.

Cuando la producción de la fibra pasó para la Telebrás, presentaba los siguientes problemas: a) no constancia del diámetro de la fibra, y b) no constancia de las características de la fibra.

En la planta piloto fue posible la producción repetitiva, con calidad y control del proceso. Se obtuvo entonces la uniformidad en el diámetro de la fibra y una fibra de características constantes.

Los principales problemas que se presentaron para el grupo fueron: 1) El trabajo necesario era más tecnológico que académico. Había mucha presión de la comunidad académica para que el grupo produjera publicaciones; 2) Había una diferencia marcada con el personal del grupo de láser, que publicaba mucho.

Puede decirse que el resultado del esfuerzo descrito es que, hoy, Brasil compite en precio y

"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"

calidad con las empresas internacionales de porte mediano. Sin embargo, no tiene escala de producción suficiente para competir con las grandes. Entre los recursos para investigación se gastó hasta hoy entre 25 y 30 millones de dólares, incluyendo los 8 millones necesarios para montar la fábrica de fibra, lo que es muy poco comparado con lo que se gasta a nivel internacional.

De entre las seis empresas que se presentaron, la Telebrás eligió a la ABC-X-Tal, que ya operaba en el área de telecomunicaciones, concediéndole una reserva de mercado por 5 años, en exclusividad. El mercado es monopsónico en Brasil. La ABC-X-Tal no mantiene ninguna vinculación con la UNICAMP.

En 1984 se inició la producción industrial de fibra óptica, con un volumen anual de 2.000 Km de fibra, y el primer precio de la ABC-X-Tal era de US\$ 0,45 por metro de fibra. En 1991 la producción alcanzó a los 100.000 Km, y el precio cayó para US\$ 0,17 el metro. Sólo la fábrica de la Corning en los Estados Unidos hace 2,5 millones de Km por año, cuando la producción mundial es de 8 millones de Km. Como esa es una commodity, existen economías de escala, los precios bajan mucho con el aumento de la cantidad producida. Los norteamericanos son responsables por la mitad de la producción internacional. El precio competitivo mundial es de 8 a 12 centavos de dólar por metro. Con el flete y los derechos de importación, el precio de la ABC-X-Tal termina siendo competitivo en el mercado interno, pero no le abre espacio para exportación.

El gobierno actual liberó la importación. Hoy la Telebrás sigue comprando del grupo ABC. La reserva de mercado terminó hace dos años.

Como resultado de esa transferencia tecnológica, desde 1988 la Telebrás no instala más cabos-tronco con cobre. Sólo con fibra óptica.

La fase de preindustrialización, a partir de 1978, sólo fue concluida en 1983. Nunca faltó dinero del convenio con la Telebrás. Pero la empresa exigía reportes trimestrales de avance de las actividades. Diez alumnos de posgrado fueron utilizados

en el proyecto. De ese grupo original, no quedó nadie en la UNICAMP, ni entre los alumnos ni entre los docentes del proyecto. José Mauro hoy trabaja en las oficinas de la ABC-X-Algar, holding del grupo ABC. Estudia el mercado mundial de fibra óptica.

Hoy el grupo de fibras ópticas de la UNICAMP tiene buena producción académica²¹, y mantiene investigación, aunque en nivel exploratorio, sobre guías de onda en substratos de vidrio, para fabricación de componentes aplicables en telecomunicaciones ó sensores, que constituyen la técnica de vanguardia del momento²².

La elevación de la calidad y de la productividad de las telecomunicaciones permite que la estructura básica absorba servicios más avanzados de telecomunicaciones. La red de fibra óptica aumenta la eficiencia del sistema. La cantidad de canales por par de hilos conductores pasa de 30 a 4.000 canales.

8. BIBLIOGRAFIA Y DOCUMENTACION

BERNARDES, Newton, Mário Schenberg, de Getúlio a Castelo, trabajo presentado durante el Simposio en homenaje póstuma a Mário Schenberg en el Instituto de Física de la USP en 29 de noviembre de (1990).

CASTRO, Cláudio Moura, "A Questao da Qualidade", in **SCHWARTZMAN**, Simón e **CASTRO**, Cláudio Moura, organizadores, Pesquisa Universitária em Questao, Icone Editora, Editora da UNICAMP e CNPq, Sao Paulo, (1986).

CASTRO, Cláudio Moura, Ciência e Universidade, Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, Brasil, (1986-A).

COSTA, Maria Conceição da, Telecomunicações no Brasil: A Trajetória de uma Política Tecnológica, tese de Maestría defendida en agosto de 1991 en el Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH), UNICAMP (1991).

CPDOC, Declaraciones grabadas de Rogério César de Cerqueira Leite, Sérgio Porto y Zeferino

21 Entre febrero de 1988 y febrero de 1989 el grupo publicó nueve artículos en revistas internacionales especializadas con referee y dos en revistas nacionales, además de ocho canales de congresos nacionales, habiendo participado en 11 congresos internacionales y 18 nacionales, con trabajos constando de 11 actas de conferencias internacionales, y tiene un trabajo sometido a evaluación para publicación en acta.

22 Informaciones contenidas en los reportes de actividades de los departamentos del Instituto de Física relativos al año de 1988.

**"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL
SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"**

Vaz para registro histórico hecho por la Fundação Getúlio Vargas de Rio de Janeiro (FGV), História da Ciência - Convênio FINEP/CPDOC (1978).

CUETO, Marcos, "The Rockefeller Foundation's Medical Policy and Scientific Research in Latin America: The Case of Physiology", in Social Studies of Science, (SAGE, Londres, Newbury Park y Nueva Delhi), Vol. 20, (1990), p. 229-254.

DAGNINO, Renato Peixoto, "Condiciones de Desempenho da UNICAMP em Pesquisa Científica e Tecnológica: um "Modelo" a ser Emulado?", in Cadernos IG/UNICAMP, Vol. 1, Nº 1, Dezembro de (1990).

EAPES, Relatório da Equipe de Assessoria ao Planejamento do Ensino Superior (EAPES) (Acuerdo MEC-USAID), editado por el Ministério da Educação e Cultura, (1969).

FAGUNDES, José, Universidade e Compromisso Social, Editora da UNICAMP, Campinas, SP, (1986).

HERRERA, Alejandra, La Revolución Tecnológica y la Telefonía Argentina, Editorial Legasa, Buenos Aires, Argentina, (1979).

HESSEN, Boris, "The Social and Economic Roots of Newton's Principia", in TRUITT/SOLOMONS, Science, Technology and Freedom, editado por la Universidad del Sur de Flórida, Houghton & Mifflin, Company of Boston, Estados Unidos, (1974).

LANFGITT, Thomas W., **HACKNEY**, Sheldon, **FISHMAN**, Alfred P. y **GLOWASKY**, Albert V., Partners in the Research Enterprise - University-Corporate Relations in Science and Technology, University of Pennsylvania Press, Filadelfia, Estados Unidos, (1983).

MOORE, James Elton, Subcoordinador, Subprojeto Fibras Ópticas, Projeto de Comunicações Ópticas usando Lasers de Semicondutor e Fibras Ópticas, sometido a la empresa Telecomunicações Brasileiras S.A. por la Universidade Estadual de Campinas, bajo la coordinación general de José Ellis Ripper Filho, (1976).

MOREL, Regina Lúcia de Moraes, Ciência e Estado - A Política Científica no Brasil, T.A. Queiroz, Editor, Ltda., Sao Paulo, Brasil, (1979).

OCDE, Organisation de Cooperation et de Développement Economiques, Industrie et université - Nouvelles formes de cooperation et de communication, OCDE, Paris, Francia, (1984).

PAOLI, Niuvenius, "Para Repensar a Universidade e a Pós-Graduação", Editora da UNICAMP, s.f., Campinas, SP, Brasil, s.d.

PATEL, Navin B., Subcoordinador, Subprojeto Laser, Projeto de Comunicações Ópticas usando Lasers de Semicondutor e Fibras Ópticas, sometido a la empresa Telecomunicações Brasileiras S.A. por la Universidade Estadual de Campinas, bajo la coordinación general de José Ellis Ripper Filho, (1976).

RIPPER, José Ellis ----- Filho, Applied Physics: a case study - Optical Communications in Brazil, comunicación presentada en 28/08/91 por ocasión del Simpósio em homenagem aos 60 anos de Rogério César de Cerqueira Leite, realizada en el Instituto de Física Gleb Wataghin de la UNICAMP, Campinas, SP, entre el 28 y el 30 de agosto de (1991).

RIPPER, José Ellis ----- Filho, Coordinador, Sistema de Comunicações por Laser, Proyecto de Investigaciones y Desarrollo sometido a la empresa Telecomunicações Brasileiras S.A. por la Universidade Estadual de Campinas y elaborado por el Grupo de Dispositivos Semiconductores del Instituto de Física Gleb Wataghin, (1973).

SCHWARTZMAN, Simon - Formação da Comunidade Científica no Brasil, publicado por la FINEP y por la Companhia Editora Nacional de Rio de Janeiro, Brasil, (1979).

SCHWARTZMAN, Simón e **CASTRO**, Cláudio Moura, organizadores, Pesquisa Universitária em Questão, Icone Editora, Editora da UNICAMP y CNPq, Sao Paulo, Brasil, (1986).

TAPIA, Rúben Biton - "A Política Científica e Tecnológica em Telecomunicações: 1972/1983" in Caderno 1 - Perspectiva Tecnológica na América Latina, publicado por el NPCT/UNICAMP, agosto de (1983).

VAZ, Zeferino, Documento de la Comissão Organizadora da Universidade Estadual de Campinas, Presidente de la Comisión, Campinas, SP, (1966).

ZILSEL, Edgar, "The Sociological Roots of Science

**"CIENCIA, TECNOLOGIA Y VINCULACION CON EL
SECTOR PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL CARIBE Y MEXICO"**

ce", in TRUITT/SOLOMONS, Science, Technology and Freedom, editado por la Universidad del Sur de Flórida, Houghpon & Mifflin, Company of Boston, Estados Unidos, (1974).

de Janeiro.

SEI Secretaria Especial de Informática

UFRJ Universidade Federal do Rio de Janeiro.

UnB Universidade de Brasília.

UNICAMP Universidade Estadual de Campinas.

USC University of Southern California, Estados Unidos.

USP Universidade de Sao Paulo.

9. LISTA DE SIGLAS

CAPES Comissao de Aperfeiçoamento do Pessoal do Ensino Superior

CBPF Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro.

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (antes Conselho Nacional de Pesquisas)

CPqD Centro de Pesquisas e de Desenvolvimento, da Telebrás, Campinas, Estado de Sao Paulo.

CTA Centro Tecnológico da Aeronáutica, Sao José dos Campos, Estado de Sao Paulo.

DEQ Departamento de Eletrônica Quântica, IF/UNICAMP.

FAPESP Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Sao Paulo.

FINEP Financiadora de Estudos e Projetos.

FFCL Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, USP.

I&D Investigación y Desarrollo

IFGW Instituto de Física Gleb Wataghin, UNICAMP.

ITA Instituto Tecnológico da Aeronáutica, Sao José dos Campos, Estado de Sao Paulo.

LPD Laboratório de Pesquisas em Dispositivos, IF/UNICAMP.

MEC Ministério da Educação e Cultura.

MIT Massachusetts Institute of Technology, Estados Unidos.

PICD Programa Institucional de Formação Docente, da CAPES.

PUC Pontifícia Universidade Católica do Rio